

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİODİESEL YAKITI İLE ÇALIŞTIRILAN BELEDİYE OTOBÜSÜNÜN
YAKIT TÜKETİMİ KOŞULLARININ NÜMERİK YÖNTEMLE ETÜDÜ**

Mak. Müh. Güneş ACARBULUT

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makineleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.Muammer ÖZKAN

İSTANBUL,2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. FOSİL KAYNAKLI YAKITLARIN KULLANIMININ NEDEN OLDUĞU SORUNLAR.....	5
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	9
4. BİODİSEL NEDİR?.....	12
4.1 Tanımı ve Özellikleri.....	12
4.2 Teknik Özellikler.....	14
4.2.1 Biyobozunabilirlik.....	15
4.2.2 Toksik Etki.....	15
4.2.3 Depolama.....	16
4.2.4 Soğukta Akış Özellikleri.....	16
4.2.5 Motor Yakıtı Özellikleri.....	16
4.2.6 Kükürt içeriği.....	17
4.2.7 Kinematik Viskozite.....	17
4.2.8 Setan sayısı.....	19
4.2.9 Malzemelerle uyuşabilirlik.....	19
5. BİODİZEL KULLANIMININ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI.....	20
6. BİODİSELİN YAKIT OLARAK KULLANIMIYLA VE YAKIT TÜKETİMİNİN SİMÜLASYON İLE BELİRLENMESİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	23
6.1 Uygulanmış Örnek Yöntemler.....	23
7. KULLANILAN YÖNTEM VE MATERYALLER.....	32
7.1 Yöntem.....	32
7.1.1 Deneysel Çalışmalar.....	33
7.1.1.1 Yol Testleri.....	33
7.1.1.2 Motor Testleri.....	33
7.1.2 Simülasyon Çalışması.....	34

7.2	Materyal	35
7.2.1	Yakıtlar.....	35
7.2.1.1	Dizel	35
7.2.1.2	Biodizel.....	36
7.2.2	Deney motorunun özellikleri	37
7.2.3.1	Ölçümlerde Kullanılan Otobüse Ait Bilgiler.....	38
7.2.3.1.1	Boyutlar	38
7.2.3.1.2	Teknik Özellikler	38
7.2.4	Yükleme Seti	40
7.3	Simülasyon	46
7.3.1	Program Akış Diyagramı.....	47
7.3.2	Çalışmada Kullanılan Program Girdileri	51
7.3.3	Program Çıktıları.....	52
8.	SEYİR ÇEVİRİMLERİ	53
8.1	Güzergah Özellikleri	53
8.1.1	Güzergâh Özellikleri	53
8.1.2	Durak Mesafeleri	53
9.	MOTOR DENEYLERİ	57
10.	DENEYSEL SONUÇLAR	58
10.1	Performans Deneyleri.....	58
11.	SİMÜLASYON SONUÇLARININ ANALİZİ.....	65
	KAYNAKLAR.....	89
	ÖZGEÇMİŞ.....	92

SİMGE LİSTESİ

b_e	Özgül yakıt tüketimi
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon dioksit
HC	Hidrokarbon
H ₂ O	Su/su buharı
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
N ₂	Moleküler nitrojen
N _e	Efektif güç
NH ₃	Amonyak
NO	Azot oksit
NO ₂	Azot dioksit
NO _x	Azot oksitler
O ₂	Moleküler oksijen
PM	Partikül madde
SO ₂	Kükürt dioksit
SO ₃	Kükürt trioksit
λ	Hava fazlalık katsayısı
η_{th}	Termik verim

KISALTMA LİSTESİ

Bxx	Yakıt karışımındaki biodiesel yüzdesi (%xx)
bmep	Fren ortalama efektif basıncı
CFPP	Soğukta filtre tıkkama noktası
Dxx	Yakıt karışımındaki Diesel yakıtı yüzdesi (%xx)
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPA	Environment Protection Agency
IEA	International Energy Agency
Max.	Maksimum
Min.	Minimum
Mtep	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
Tüsiad	Türkiye Sanayiciler ve İş Adamları Derneği
ppm	Her bir milyon içerisindeki parçacık miktarı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Dünya Enerji Tüketimi.....	5
Şekil 2.2 Dünya Enerji Tüketimi ve Gelecek Tahmini	6
Şekil 2.3 Dünya Petrol Tüketimi ve Üretimi.....	6
Şekil 2.4 Dünya Net Elektrik Tüketimi	8
Şekil 2.5 Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji	8
Şekil 3.1 Türkiye 2004 yılı primer enerji dağılımı.....	10
Şekil 6.1 Dizel ve Biodizel ile Çalışmada Moment ve Güç Değerleri.....	25
Şekil 6.2 Dizel ve Biodizel ile Çalışmada Saatlik ve Özgül Yakıt Tüketimi Değerleri.....	25
Şekil 7.1 Ölçümlerde kullanılan Ikarus 260 solo marka aracın boyutları.	38
Şekil 7.2 Ölçümlerin Yapıldığı Test Laboratuvarının Basit Görünümü.	40
Şekil 7.3 Motor ile Dinamo Bağlantısının Görünümü.	41
Şekil 7.4 Test Laboratuvarının Görünümü.....	41
Şekil 7.5 Dinamometrenin Ölçekli Görünümü.....	42
Şekil 7.6 Dinamometre Kesit Görünümü.	43
Şekil 7.7 Program Akış Diyagramı	47
Şekil 10.1 Tam Gaz Pozisyonunda Motor Hızına Göre Güç Değişimi.....	58
Şekil 10.2 Tam Gaz Pozisyonunda Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi	59
Şekil 10.3 10 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi.....	59
Şekil 10.4 25 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi.....	60
Şekil 10.5 50 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi.....	60
Şekil 10.6 75 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi.....	61
Şekil 10.7 100 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi....	61
Şekil 10.8 Yakıt Olarak Motorin Kullanımıyla Elde Edilen Motor Haritası	63
Şekil 10.9 Yakıt Olarak Biodiesel Kullanımıyla Elde Edilen Motor Haritası	64

Şekil 11.1 Üç şehitler-Eminönü güzergâhı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri.....	65
Şekil 11.2 Eminönü-Üç şehitler güzergâhı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri	66
Şekil 11.3 Üç şehitler-Eminönü güzergahı, hareket saatlerine göre sefer süresi.	68
Şekil 11.4 Eminönü -Üç şehitler güzergahı, hareket saatlerine göre sefer süresi.	68
Şekil 11.5 Üç şehitler-Eminönü güzergâhı sefer süresi dağılımı (%)	69
Şekil 11.6 Eminönü -Üç şehitler güzergâhı sefer süresi dağılımı (%)	69
Şekil 11.7 Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir.....	70
Şekil 11.8 Eminönü- Üç şehitler güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir hızları	70
Şekil 11.9 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı	71
Şekil 11.10 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı	71
Şekil 11.11 Üç şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı.....	72
Şekil 11.12 Eminönü -Üç şehitler güzergahı biodizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı.....	72
Şekil 11.13 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yakıt tüketimi karşılaştırması.....	74
Şekil 11.14 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yakıt tüketimi karşılaştırması.....	74
Şekil 11.15 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı.....	75
Şekil 11.16 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı.....	75
Şekil 11.17 Üç şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı.....	76
Şekil 11.18 Eminönü -Üç şehitler güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı.....	76
Şekil 11.19 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı(%)	77
Şekil 11.20 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı(%)	77
Şekil 11.21 Üç şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı(%)	78

Şekil 11.22 Eminönü -Üç şehitler güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı(%)	78
Şekil 11.23 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için hızlanma konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması	80
Şekil 11.24 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için hızlanma konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması	80
Şekil 11.25 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için sabit hız konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması	81
Şekil 11.26 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için sabit hız konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması	81
Şekil 11.27 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yavaşlama konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması	82
Şekil 11.28 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yavaşlama konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması	82
Şekil 11.29 Üç Şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.	83
Şekil 11.30 Eminönü -Üç Şehitler güzergahı dizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi	83
Şekil 11.31 Üç Şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.	84
Şekil 11.32 Eminönü -Üç Şehitler güzergahı biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi	84
Şekil 11.33 Üç Şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi karşılaştırılması.	85
Şekil 11.34 Eminönü -Üç Şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi karşılaştırılması.	86

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Dizel Yakıtı ve Biyodizelin Yakıt Özellikleri (Ulusoy ve Alibaş, 2002)	14
Çizelge 4.2 Bazı Bitkisel yağların yakıt özellikleri (Georing ve ark., 1982).	17
Çizelge 4.3 Biodizel standartları	18
Çizelge 7.1 Kullanılan Dizel yakıtının analizi	35
Çizelge 7.2 Kullanılan biodiesel yakıtının analizi.....	36
Çizelge 7.3 Deney motorunun teknik özellikleri.....	37
Çizelge 7.4 Data dosyalarından kaydedilen büyüklükler ve birimleri	46
Çizelge 7.5 20 nolu seferin ilk 31 saniyesine ait örnek veriler.	51
Çizelge 8.1 Eminönü-Üç şehitler güzergâhındaki duraklar ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları.	53
Çizelge 8.2 Üç şehitler-Eminönü güzergâhındaki duraklar ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları.	54
Çizelge 8.3 Sefer başlama saatlerine göre seferlerin numaralandırılması.....	55
Çizelge 8.4 Eminönü - Üç Şehitler yönünde sefer başlama saatlerine göre seferlerin numaralandırılması.	55
Çizelge 8.5 Ölçülen değerler ve birimleri.	56
Çizelge 8.6 Hızlanma Konumunda Maksimum ve Ortalama İvmeler	56
Çizelge 11.0.1 Toplu Ulaşım Araçlarında Biodiesel Kullanımının Ekonomik Analizi.....	88

ÖNSÖZ

Gelişen teknolojiye bağlı olarak kullanımı giderek artan temel enerji kaynaklarının etkisi ile dünyanın yaşam dengesine verilen zararlar gün geçtikçe artmaktadır. Son yıllarda kaydedilen çalışmalarda genel olarak petrol ve türevleri olan yakıtların içten yanmalı motorlarda kullanımları ile ilgili problemlerin giderilmesine yönelik çalışmaların yapılması bir tesadüf değildir. Tüm toplumların beklentileri içerisinde; 'daha temiz bir çevre' ve darboğaz konumundaki 'mevcut enerji kaynaklarının genişletilmesi' gibi fikirler varken bu yöndeki çalışmalarda da beklentiler karşılanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma da biodiesel teknolojisinin içten yanmalı motorlarda kullanımı konusunda yeni açılımlar getirebilmek amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın başından itibaren bana yol gösteren başta tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Muammer ÖZKAN olmak üzere tüm hocalarıma; çalışmalarım sırasında bana büyük yardımlarda bulunan Arş. Gör. Berk ÖZOĞUZ, Arş. Gör. Orkun ÖZENER , Arş. Gör. Levent YÜKSEK ve Kıvanç YÜCEKAN'a sonsuz teşekkürler ederim. Bu çalışmanın benzer konularda çalışanlara yardımcı olabilmesini dilerim.

Temmuz 2007

Güneş ACARBULUT

ÖZET

Bilindiği gibi petrol bazlı yakıtlar dizel araçlarda hâlihazırda geniş kapsamda kullanılmaktadır ve kullanım alanı gün be gün artmaktadır. Geçmiş elli yıla göz atılırsa petrol krizlerinin sosyal, ekonomik faktörlere ve belirli bölgelerde toplanmış olan rezervlerin konumlarına bağlı olarak ortaya çıktığı görülür. Enerjiyi yoğun olarak kullanan sektörler, araştırma geliştirme faaliyetlerini enerji talebinin artışına bağlı olarak; alternatif enerji kaynaklarına ve mevcut enerjinin daha verimli biçimde kullanımına yöneltmektedirler.

Bitkilerden üretilen biodisel yakıtı gerek çevresel avantajları gerekse düşük üretim maliyetleri dolayısıyla yükselen bir trenddir. Dünyadaki Gelişmiş ülkelerin birçoğu enerji politikalarına bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya çalışmaktadırlar.

Bu çalışmada önceden belirlenmiş bir güzergâh üzerinde şehir içi taşımacılıkta kullanılan bir belediye otobüsünde biodisel ve dizel yakıtının kullanımının yakıt tüketimine etkisi araştırılmıştır. Performans deneylerinin sonuçları özelleştirilmiş bir bilgisayar programına girilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Seçilen güzergâhta biodisel kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda güç ve fren torkunun azaldığı bununla birlikte özgül yakıt sarfiyatının da arttığı elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biodiesel, yakıt tüketimi nümerik etüdü, özgül yakıt tüketimi

ABSTRACT

As known, petroleum based fuels are already using widely in diesel engine vehicles and their utilizing area widening day by day. Taking a glance at last fifty years several petroleum crisis occurred cause of social, economical factors and reserve locations which accumulates near, similar regions. Energy intensive sectors are directing their research and development facilities to work on alternative energy sources and efficiently using existing energy sources because of increasing energy demand.

Using a vegetal produced biodiesel fuel is an increasing new trend because of its environmental advantages and lower production costs. Most of the developed countries in the world tries to increase usage of the renewable energy sources according to their energy politics.

During this work we investigated the effect of using biodiesel and diesel fuels on fuel consumption of an urban bus, which goes on predefined route and conditions. Results of performance experiments entered in a specified computer-based simulation program and the outputs discussed. At the chosen route we obtained that power and brake torque measurement results are decreasing with using biodiesel and specific fuel consumption of biodiesel is higher than diesel fuel.

Keywords: Biodiesel, Specified Computer-Based Simulation Program, Specific Fuel Consumption

1. GİRİŞ

Günümüzde motorlu taşıt endüstrisinin temel enerji kaynağı petrol ürünleridir. Dünya petrol rezervlerinin belirli bölgelerde toplanmış olması, siyasi ve ekonomik nedenlerden dolayı zaman zaman petrol krizleri yaşanmasına neden olmuştur. Özellikle 1970'li yılların ortalarında yaşanan petrol krizi sonunda, petrol ürünleri piyasadan çekilmiş ve buna paralel olarak da fiyatının artmasına neden olmuştur. Petrol kaynaklarındaki olumsuzluklar, alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaşacağını göstermektedir.

Eldeki rezervlerin sınırlı olmasının yanı sıra bu rezervlerin dünya geneline eşit olarak dağılmamış olması enerji tekellerinin oluşmasına neden olmuştur. Bir ülkenin enerji açısından bağımlı hale gelmesi politik, stratejik ve ekonomik açıdan endişe verici bir durumdur.

Kaynakların sınırlı olması motorlu taşıt üreticilerini önce yakıt ekonomisini geliştirmeye yöneltmiştir. Bu amaçla içten yanmalı motorlar üzerinde yakıt sarfiyatını azaltmayı amaçlayan çalışmalar yapılırken, taşıt güç aktarma organlarının ve dizaynının geliştirilmesi, düşük dirençli radyal lastiklerinin kullanılması, aerodinamik direncin azaltılması ve motorlu taşıt işletmesinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalarla da yakıt ekonomisinin artırılması hedeflenmiştir. Bir taşıtın yakıt tüketimi sadece yukarıda değinilen faktörlere bağlı değildir. Hava koşulları, yol şartları ve eğimi, trafik durumu, aracın kullanım karakteristiği (sürücü davranışları) yakıt tüketimine etki eden faktörlerden bazılarıdır. Yakıt tüketimine etki eden parametrelerin çokluğu, yakıt tüketimi tahminlerini zorlaştırmaktadır.

Motorlu taşıtların yakıt sarfiyatının belirlenmesinde kullanılan yöntemler iki grupta toplanabilir. Bunlar :

- 1-Gerçek yol testleri,
- 2-Simülasyon çalışmalarıdır.

Gerçek yol testleri, değişik ülkelerde, o ülke için geçerli olan ve standartlarla belirlenmiş koşullarda aracın işletilmesi sonucu yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçların karşılaştırılması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntem gerçek işletme koşullarına en uygun yaklaşımı sağlamakla birlikte, standartlarda belirtilen test koşullarının sabit kalmaması ve ön görülen hız-zaman profiline tam olarak uyulamaması sonucu, test protokolünde belirlenen şartlarda

elde edilmesi gereken değerlerden sapmalara neden olmaktadır. Gerçek yol testleri, test süresinin uzun oluşu ve test koşullarının istenildiği an sağlanamaması nedenlerinden dolayı gerçekleştirilme ve tekrarlama olanağı kısıtlı olan testlerdir.

Yakıt sarfiyatının belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise simülasyon çalışmalarıdır. Simülasyon çalışmalarının amacı:

1-Taşıtın geliştirme safhasında, yakıt ekonomisi açısından etkili parametrelerinin aydınlatılması ve taşıtın kullanım amacına yönelik olarak en iyi koşulu oluşturmak,

2-Mevcut araçların işletilme şartlarını yakıt sarfiyatı açısından ele alarak, yakıt sarfiyatını azaltacak yeni düzenlemelere gitmektir.

Simülasyon çalışmalarında kendi içinde iki gruba ayrılır. Bunlar:

1-Şasi dinamometresi ile yapılan simülasyonlar,

2-Bilgisayar simülasyonlarıdır.

Şasi dinamometresi ile yapılan simülasyon çalışmalarında, belirlenen hız-zaman profiline uygun olarak modellenmiş seyir dirençleri, aracın tahrik tekerleri tarafından harekete zorlanan bir tambur vasıtası ile taşıta etki ettirilir. Benzer şekilde, seyir dirençlerinin tahrik tekerlerindeki fren kampanalarına bağlanmış dinamolar sayesinde oluşturulduğu çalışmalarda yapılmıştır. Şasi dinamometresi ile yapılan simülasyonlarda, hız-zaman profiline büyük oranda uyulmasına rağmen test ortamının koşulları sonuçlarda etkili olmaktadır. Bu çalışmalar büyük maliyetli yatırımları gerektirirken laboratuarlarda gerçekleştirilebildiğinden ancak belirli kurumlar tarafından uygulanabilmektedir. Yakıt sarfiyatı belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise bilgisayar simülasyonudur.

Simülasyon programları:

1-Gerçek ölçümler sonucu oluşturulan eşitlikleri,

2-Gerçek motor ve taşıt parametrelerinin değerlerini kullanırlar.

Hazırlanan bilgisayar programı, tanımlanan motorlu taşıtı, belirli bir çevrim üzerinde simüle ederek, taşıtın bu çevrim boyunca harcadığı yakıt miktarını hesaplar. Bu yöntem genelde aşağıda belirtilen kısımlardan oluşur.

- 1-Motor performansının taşıt ve seyir özelliklerinin bilgisayar programına girilmesi,
- 2-Seyir şartlarının uygun olarak hesaplanan tahrik gücü ve taşıtın seyir hızının, motor şartlarına indirgenmesi,
- 3-Motor hızı ve gücünden yararlanılarak bu koşula uyan özgül yakıt sarfiyatının bulunması,
- 4-Motorun anlık özgül yakıt sarfiyatından, çevrim süresince harcanan yakıt miktarının bulunması.

Motor performansının bilgisayara girilmesi, sabit özgül yakıt sarfiyatı eğrilerini, değişik motor gücü şartlarında, motor hızına bağlı olarak veren özgül yakıt sarfiyatı diyagramının (motor haritası) , bir matris veya fonksiyon halinde programa aktarılmasından oluşur. Taşıta ait fiziksel veriler ve dizayn özellikleri, matematik model için anlamlı olacak bir sayı veya dizi ile programa girilir. Bilgisayar simülasyonunda, yakıt sarfiyatının belirlenmesi için hazırlanmış değişik test çevrimleri veya belirli bir güzergahtaki seyre ait ölçüm verileri kullanılabilir. Bu tür bilgisayar simülasyon çalışmaları, sonuçların ortam koşullarından ve kullanım karakteristiğinden etkilenmemeleri, kısa sürede sonuçlanmaları, istenilen sayıda tekrarlanarak rastlantısal hataların giderilmesinde kolaylık sağlamaları, maliyetlerinin düşük olması, seyir ve ortam parametrelerinin kontrol edilebilmesi nedenlerinden dolayı tercih edilmektedir. Programa girilen motor performansı ile araç üzerinde kullanılan motorun performans değeri arasındaki ve aracın tanımlanmasında kullanılan değerler ile bu değerlerin gerçekleri arasındaki farklar elde edilen sonuçların sapma toleransını belirleyici faktör olarak değerlendirilmelidir(Özkan,1997).

Alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesi de işte bu sınırlı kaynaklara ve enerji bağımlılığına bir çözüm getirme çabalarının sonucudur(öğüt,2006).

Geleneksel enerji kaynaklarının birçoğu yenilenebilir olmadıkları için bir süre sonra tükenecek ve çevre için büyük ve geri dönüşümü olmayan tehlikeler oluşturmaya devam edecektir. Geleneksel enerji kaynakları gelişen teknolojinin artan ihtiyacı karşılamada yetersiz kalmakta buna karşı gelişmiş ülkelerin alternatif enerji arayışları sürmektedir. Biyoyakıtlar en yeni ve hızla yaygınlaşan alternatiflerin en başında gelmektedir. Biyoyakıtlar ekonomik açıdan değer

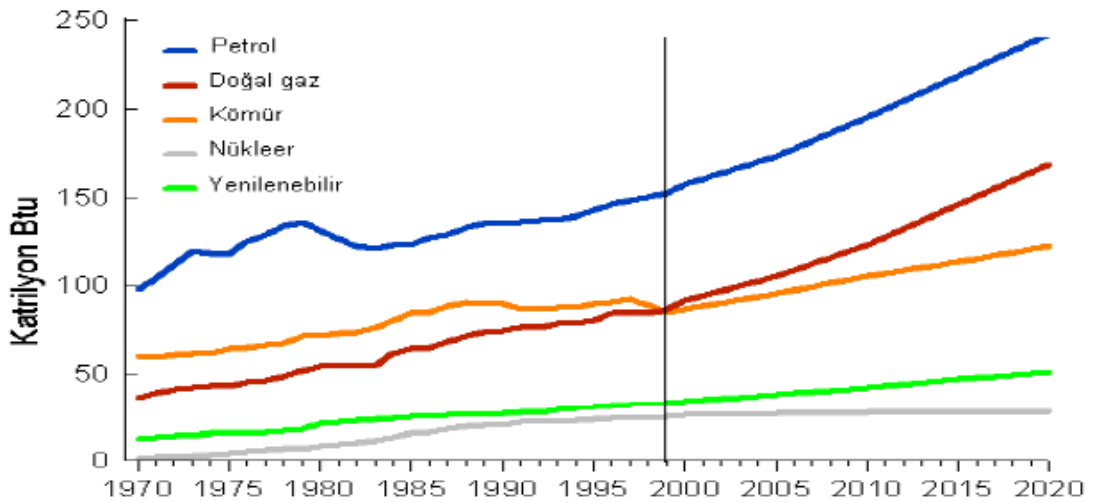
kazanmakta; tamamının ortak yönü çevreye olumsuz etkilerinin en az olmasıdır. 1992 yılında piyasaya sunulan biyoyakıtlar önemli bir sektör oluşturma aşamasında çok hızlı bir gelişme kaydetmektedirler.

Biyoyakıtlar; fosil kökenli yakıt rezervlerinin (petrol, kömür, doğalgaz v.b.) dünyanın belirli bölgelerinde bulunması, tükenme riski ve yaygın kullanımın çevreye olan olumsuz etkilerinin gündeme getirdiği, daha çok tarımsal ürünlerden, değişik yöntemlerle üretilen benzin ve motorinle karıştırılarak kullanılan temiz enerji kaynaklarından biridir(*Taşyürek,2004*).

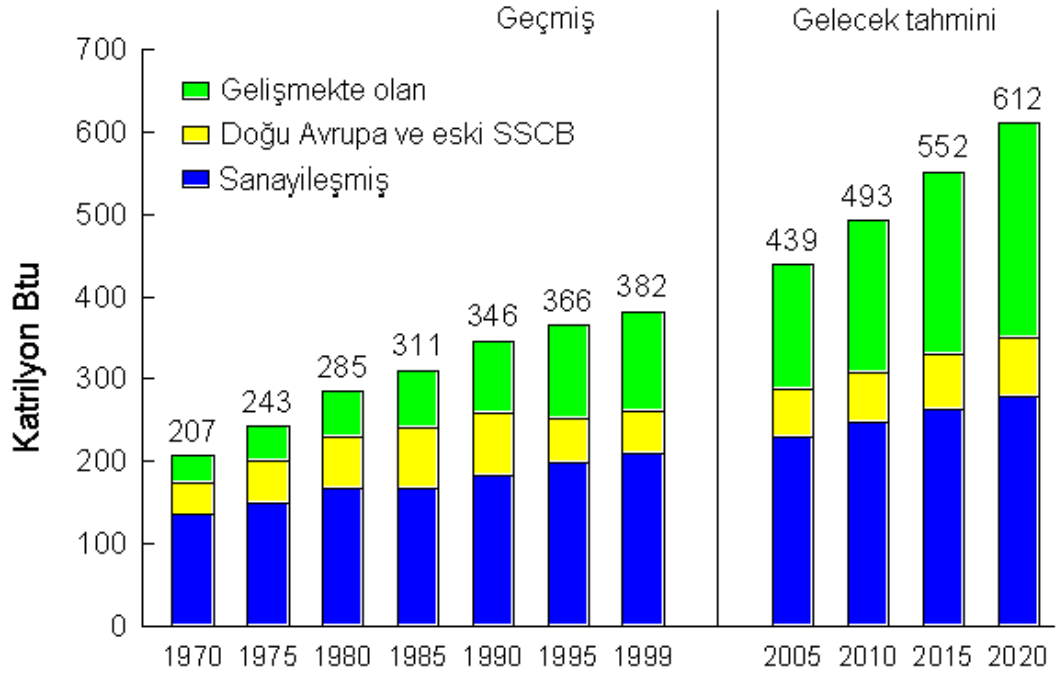
2. FOSİL KAYNAKLI YAKITLARIN KULLANIMININ NEDEN OLDUĞU SORUNLAR

Enerji gereksinimi önemini, geçmişte olduğu gibi günümüzde de artırarak sürdürmektedir. Dünya enerji ihtiyacının halen büyük bir kısmının kömür, doğalgaz ile petrol ve türevleri olan kaynaklardan karşılandığını bilmekteyiz. Dünyadaki enerji talebinin 2002-2030 yılları arasında %60 oranında artarak 16,5 milyar ton eşdeğer petrole ulaşması beklenmektedir. Bu artışın 2/3 'lük kısmı Türkiye'nin de aralarında bulunduğu gelişmekte olan ülkelerin artan enerji ihtiyaçlarından kaynaklanmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtlar global enerji piyasasına hakim durumdadır. Dünyada enerji gereksiniminin %80'i kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kaynaklı yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil yakıtların dünyada bilinen rezerv dağılımları, petrol eşdeğeri olarak, %68 kömür, %18 petrol ve %14 doğalgaz olarak bilinmektedir. Bu oranın 2030 da %82'ye yükselmesi beklenmektedir(IEA,2004).

Enerji ihtiyacı, dünyada sanayileşme ve artan nüfus nedeniyle günden güne artmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak tüm dünyada enerji açığı oluşmaktadır. Petrol bazlı yakıtlar fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanan enerji miktarı içinde önemli bir paya sahiptir. Bu pay ve de petrole olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) 2004 yılı raporuna göre 2002 yılında dünyadaki günlük petrol ihtiyacı 77 milyon varildir ve oluşturulan gelecek senaryosuna göre bu ihtiyaç 2030 yılında 121,3 milyon varile yükselecektir. Petrol gereksiniminin hemen hemen yarısı ulaştırma sektöründeki ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu ihtiyaç dünya üzerindeki araç sayısının artmasına bağlı olarak artma eğilimindedir.

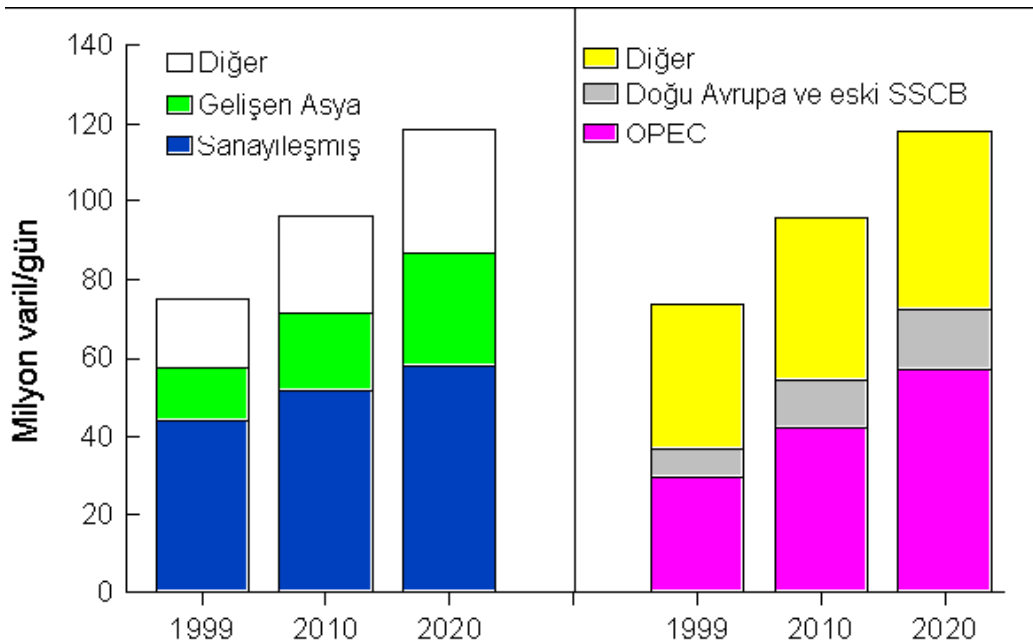


Şekil 2.1 Dünya Enerji Tüketimi, yakıt türüne göre, 1970-2020 (IEA,2004)



Şekil 2.2 Dünya Enerji Tüketimi ve Gelecek Tahmini, 1970-2020 (IEA,2004)

Bununla birlikte, fosil yakıtların neden olduğu çevre kirliliği göz ardı edilemez durumdadır. Bu yakıtların yanma sonucu çevreye yaydıkları emisyonlar, çevre kirliliğinin yanı sıra birçok olumsuzluk meydana getirmektedir. Yapılan çalışmalara göre, enerji kaynaklarının kullanımında değişiklik yapılmazsa, küresel çapta enerji açığı ve kirliliğin 2030 yılına kadar %50 artacağı uyarısında bulunulmuştur.

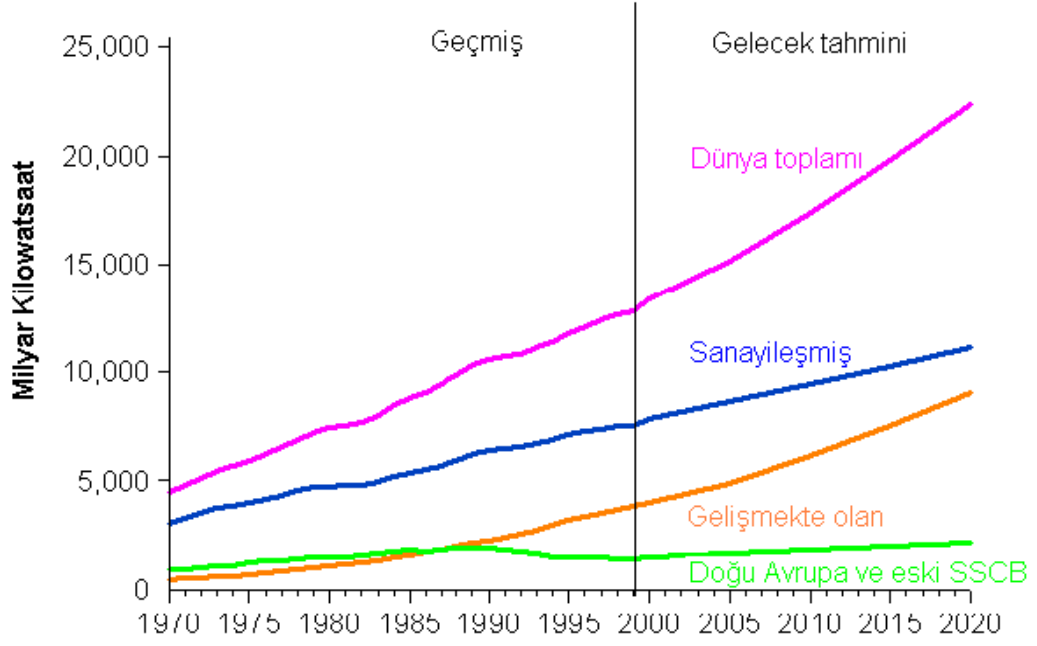


Şekil 2.3 Dünya Petrol Tüketimi ve Üretimi, 1980, 1999 ve 2020 (IEA,2004)

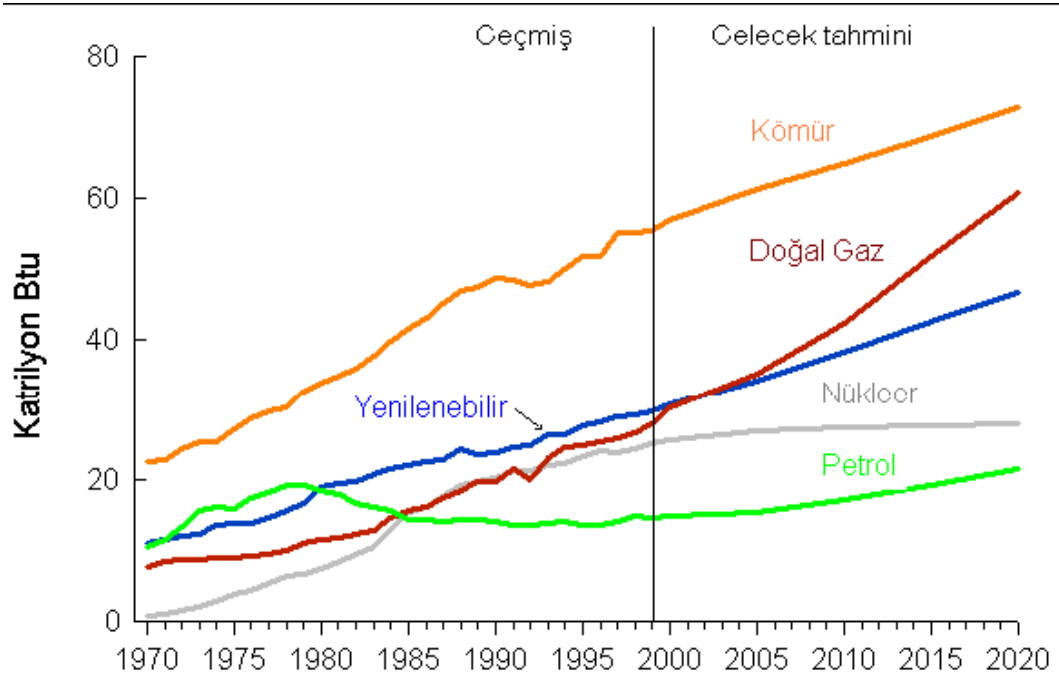
Fosil kaynaklı yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan kirleticilere örnek olarak karbon monoksit (CO) ve karbon dioksit (C₂O) gibi karbon bileşikleri, azot oksitler (NO_x), kükürt bileşikleri, hidro karbonlar (HC), partikül maddeler (PM) ve kurşun gibi çeşitli ağır metaller verilebilir.

CO₂ en önemli sera gazı olup araç egzozlarından ve ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan atmosfere salınmaktadır. Egzoz gazlarından oluşan emisyonlardan temelde karbonmonoksit (CO) ozon tabakası için önemlidir. Ayrıca, hidrokarbon (HC) ve CO solunumda güçlük oluştururken azotoksitler (NO_x) ise kanserojen özelliğine sahiptirler. Egzozdan çıkan partikül emisyonları (ppm) da çevre kirliliğine neden olurlar. Aromatik haricinde HC'lar zehir özelliği içerirler.

Dizel motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğini azaltmak amacıyla, Avrupa'da yeni teknoloji ürünü araçları kullanmaya teşvik edici tedbirler alınmaktadır. Bununla birlikte emisyon değerlerinin sınırlarını daha da azaltan kanuni düzenlemeler de düşünülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da dizel motorlu taşıtlar, daha üretim aşamasında denetime tabi tutulmaktadır. Egzoz gazlarından oluşan emisyonlardan temelde karbonmonoksit (CO) ozon tabakası için önemlidir. Ayrıca motorlarda kullanılan alternatif yakıtların ekonomikliği de büyük önem taşımaktadır. Özellikle günümüzde artan ekonomik kriz neticesinde yakıtlardan en yüksek verimi almak ve bunun sonucunda da yakıtların ekonomik olması istenmektedir. Günümüzde dizelle çalışan yakıtlara olan ilgi de yakıtın ekonomik olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple en ekonomik yakıt için çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 2.4 Dünya Net Elektrik Tüketimi, bölgelere göre, 1970-2020(IEA,2002)



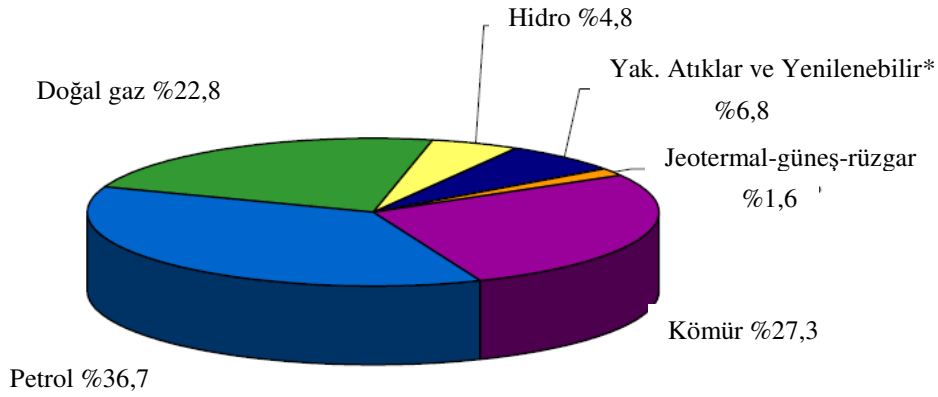
Şekil 2.5 Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji, yakıt türüne göre, 1970-2020(IEA,2002)

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynaklı yakıtlar gibi tükenme tehlikesi ile karşı karşıya değildirler. Yenilenebilir enerji kaynaklarının temelini dünyamızın güneşten aldığı enerji oluşturur. Yenilenebilir enerji kaynaklarını Güneş enerjisi, Rüzgar enerjisi, Biokütle, Hidrojen enerjisi, Okyanus enerjisi, Jeotermal enerji, Hidro elektrik enerjisi şeklinde sıralayabiliriz.

Günümüzde dizel yakıtına alternatif yakıtlar olarak hidrojen, doğalgaz, etanol,metanol ve biyodizel sayılabilir. Tarım ülkesi olan ülkemizde, biyodizel öncelikli bir seçenektir. Kırsal kesimin ekonomik yapısının güçlenmesi ve iş imkanlarının yanı sıra yan sanayinin de gelişmesine katkıda bulunacaktır. Biyodizelin stratejik konumu da göz ardı edilemez bir durumdur. Ancak biyodizelin bitkisel yağlardan üretiliyor olması dizel yakıtına nazaran bölgesel olarak daha pahalı olmasına neden olabilmektedir.

Biokütle enerji teknolojisi kapsamında; odun (enerji ormanları, ağaç artıkları), yağlı tohum bitkileri (ayçiçeği, kolza, soya v.b), karbo-hidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, v.b), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum,vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk v.b), hayvansal atıklar ile şehirsal ve endüstriyel atıklar değerlendirilmektedir. Biyokütle yenilenebilir, her yerde yetiştirilebilen, sosyo-ekonomik gelişme sağlayan, çevre dostu, elektrik üretilen, taşıtlar için yakıt elde edilebilen stratejik bir enerji kaynağıdır. Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilmektedir. Biyokütleden; fiziksel süreçler (boyut küçültme-kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve biriktirme) ve dönüşüm süreçleri (biyokimyasal ve termokimyasal süreçler) ile yakıt elde edilmektedir.



Şekil 3.1 Türkiye 2004 yılı primer enerji dağılımı [EİEİ,2005]

**Yakılabilir atıklar ve yenilenebilir enerji kaynakları*

Bu yakıtlar içinde biyogaz, bioetanol ve biyomotorin önde yer almaktadır. Biyoyakıtların ülkemizde uygulanır olması için gerekli potansiyel, bilgi birikimi ve altyapı mevcuttur. Türkiye sadece odun, bitki ve hayvan atık-artıklarından yakacak olarak ısınma ve pişirmede yararlanmakta ve maalesef dünyadaki modern biokütle kullanım eğiliminin dışında kalmaktadır. Türkiye hayvansal ve bitkisel artık miktarı 10.3 Mtep değerinde olup, bu değer ülkemiz enerji tüketiminin % 13'üne karşılık gelmektedir. Ülkemiz enerji ormancılığına uygun (kavak, söğüt, kızılâğaç, okaliptüs, akasya gibi hızlı büyüyen ağaçlar) 4 Milyar Hektar devlet orman alanına sahiptir. Söz konusu alan uygun planlamalar dahilinde, modern enerji ormancılığında değerlendirilmeli, kıymetli ağaçların yakacak olarak kesimi önlenmelidir. Türkiye'de toplam arazinin sadece %33.1'i işlenmektedir. İşlenmeyen arazi içinde tarıma uygun % 3'lük bir alan mevcuttur. Bu alanın enerji tarımında kullanılması, kota kapsamında çıkarılan ürünler (tütün, şeker pancarı gibi) yerine de enerji amaçlı tarım (sorgum, miskantus, kanola, C4 bitkileri ekimi gibi) yapılması , tarım kesimine yön verecek, istihdam yaratacak ve ulusal gelir artacaktır. GAP, Yeşilirmak Havza Projesi gibi projeler kapsamında biokütle enerji teknolojisi plan ve uygulamaları mutlaka yer almalıdır. Ülkemizde 65 000 ton/gün miktarında çöp çıkmaktadır. Çöplerin düzenli depolama ile elektrik eldesinde değerlendirilmesi de göz ardı edilmemelidir.

Ülkemizin gerek ekonomisi, gerekse sahip olduğu enerji kaynakları incelendiğinde, biyoyakıtlar içinde biomotorin, biyogaz, bioetanol, biobriket ve biohidrojenin en uygun biyoyakıt alternatifleri olduğu ortaya çıkmaktadır.

Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak biokütle direkt olarak sıvı yakıt olarak üretilme şansına sahiptir. Bu tip yakıtlar biyoyakıt olarak isimlendirilirler ve özellikle ulaşım sektöründeki ihtiyacı karşılamak yönünde bir alternatif oluşturmaktadırlar. En yaygın türleri etanol ve biodiesel 'dir.

4. BİODİESEL NEDİR?

4.1 Tanımı ve Özellikleri

Biodiesel her yönüyle motorine alternatif özelliklere sahiptir. Motorin kullanılan her motorda hiçbir ayar ve değişiklik gerektirmeksizin kullanılabilir. Biodiesel, motor ve yakıt sisteminde hiçbir tadilat veya ilave gerektirmediği, araca zararlı hiçbir etkisi olmaması, sağladığı yakıt ekonomisi ve çevreci özellikleri nedeniyle kullanıcılara kendini kolayca kabul ettiren bir yakıt olmuştur.

Biodiesel çevreye etkileri bakımından bir çok avantaja sahiptir. Biyolojik bazlı olduğundan doğada rahatlıkla ayrışabilir. Kolza tohumundan elde edilen biodieselin 21 günde %99,6 sının ayrıştığı görülmüştür (*Öğüt,2006*).

Her şeyden önce biyodiesel çevre dostudur. Çünkü çevreyi kirletmez. Çevre ile uyumludur, çünkü çok kısa sürede (21 gün içerisinde) doğada %99,6' ya varan oranlarda biyolojik olarak parçalanabilen bir yakıttır. Biyodieselin yanması sonucunda yeryüzü bitki örtüsü için gerekli (yeryüzünde doğal karbondioksit döngüsüne ait) karbondioksitin açığa çıkmasını sağlar ki bu karbondioksit ise iklim şartlarını etkilemez. Ayrıca yanma sonucu oluşan gazın çevreye zarar veren gaz emisyon değerleri ise oldukça azdır. Yalnızca 1 litre petrol içme su kaynaklarına ulaştığında 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine sebep olurken, Biyodiesel ise yapılan incelemeler sonucunda sudaki bütün yaşayan canlılara karşı toksit etkisi olmayan bir yakıttır. Bu da herhangi bir kaza halinde kirlenme tehlikesini ve dolayısıyla çevreyi tekrar temiz hale getirme çalışması durumlarını ortadan kaldırır. Biyodiesel, petrol kaynaklı diesel ile her oranda tam olarak karıştırılabilmektedir. Bu da diesel kalitesini büyük oranda düzeltme imkânı sağlar. Örneğin yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerini düşürür. Ayrıca motordaki yağlanma derecesini artırır. Biyodiesel yerel tarım ürünlerinin ülke içerisinde değerlendirilmesi ile enerjide dışa bağımlılığı azaltabilir(*Türk Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistikî Bilgileri Bülteni, 2001*).

Biodiesel klasik Diesel yakıtlarına göre daha yüksek akma noktasına sahiptir. Bu özellikle soğuk havalarda kullanımı sınırlayıcı bir özelliktir.

Biyomotorin orta uzunlukta C16-C18 yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etil ester tipi bir yakıttır. Oksijene zincir yapısı biyomotorini, petrol kökenli motorinden ayırır. Biyomotorin,

motorine çok yakın ısı değerine, motorinden daha yüksek alevlenme noktasına sahiptir. Bu özellik biyodizeli kullanım-taşınım-depolanmasında daha güvenli bir yakıt yapar.

Biyodizel, fosil dizel yakıtın alternatifidir. Bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir biyolojik kaynaklardan elde edilir. Doğada biyolojik olarak kolaylıkla parçalanabilir ve toksik değildir, yandığında düşük emisyon değerlerine sahip olduğu için çevre dostudur. Biyodizel, fosil dizele enerji değeri açısından yakın, motor performansı olarak da eşdeğerdir. Diğer yakıt türlerine göre üstünlükleri ise;

Ulusal ekonominin dışa bağımlı olmadan üretebilmektedir,
Tarımsal ürün ve atıklardan üretilebilir, sanayinin gelişmesine katkı sağlar,
Üretimi kolaydır, ve doğada hızlı ve güvenli çözünür, zehirli atık içermez,
Geleneksel yakıtlar ile karıştırılır, karışımın çözülümünü hızlandırır,

Yapılan araştırmalar biyodizelin ekonomik olarak kanola, soya ve palm yağından üretildiğini göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde ürün geliştirme, bilinçlendirme ve fiyat iyileştirme gibi konularda yapılan araştırmalar büyük aşamalar kaydetmiştir.

Hem saf, hem de belli oranlarda dizel yakıtla karıştırılarak kullanılabilir.

B5 : % 5 Biyodizel + % 95 Dizel

B20 : % 20 Biyodizel + % 80 Dizel

B50 : % 50 Biyodizel + % 50 Dizel

B70 : % 70 Biyodizel + % 30 Dizel yakıttır.

4.2 Teknik Özellikler

Bitkisel yağların viskozitesi motorine göre yaklaşık olarak 9-12 kat daha fazladır. Viskozitenin yüksekliği yakıtın pompadan basılmasına ve enjektörden püskürtülmesinde problem olmakta, akıtma sırasında atomizasyonun bozulmasına ve yanmanın kötüleşmesine neden olmaktadır. Bitkisel yağlar setan sayısı ile motorine yaklaşmakta, ısıl değer yönünden bakıldığında motorinle aralarında büyük bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Bitkisel yağların parlama noktasının motorininkine göre yüksek olduğu Çizelge 3’te görülmektedir. Parlama noktasının yüksek oluşu depolama güvenliği sağlarken tutuşma yönünden sorun teşkil etmektedir. Akma ve donma noktalarının da yüksek oluşu bitkisel yağların direk olarak kullanılmasında sorun teşkil ettiği belirtilmiştir (Ulusoy ve Alibaş, 2002). Bu nedenlerden dolayı bitkisel yağların dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmaları için motor yapısında ve yakıt özelliklerinde bazı küçük değişikliklerin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.1 Dizel Yakıtı ve Biyodizelin Yakıt Özellikleri (Ulusoy ve Alibaş, 2002)

Yakıt özellikleri	Birim	Sınır değeri (min - max)	Biyodiesel	Dizel yakıtı
Kapalı formül			$C_{19}H_{35,2}O_2$	$C_{12,226}H_{23,29}S_{0,0575}$
Molekül ağırlığı	g/mol		296	120 – 320
Alt ısıl değeri				
Kütlesel	MJ/Kg		37,1	42,7
Hacimsel	MJ/l		32,6	35,5
15°C’deki özgül ağırlığı	Kg/l	0,875 – 0,9	0,87 – 0,88	0,82 – 0,86
Kinematik viskozite (40°C)	mm ² /s	2 – 4,5	4,3	2,5 – 3,5
Tutuşma noktası	°C	55 - ...	>100	>55
Kükürt içeriği (%)	Kütlesel	... – 0,05	<0,01	<0,05
Tutuşma katsayısı	Setan	49 – ...	>55	49 – 55
Kül (%)	Kütlesel	... – 0,01	<0,01	<0,01
Su miktarı	mg/kg	... – 200	<300	<200

Biyomotorin orta uzunlukta C16-C18 yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etil ester tipi bir yakıttır. Oksijene zincir yapısı biyomotorini, petrol kökenli motorinden ayırır. Biyomotorin:

- Çevre dostu
- Yenilenebilir hammaddelerden elde edilebilen
- Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilen
- Anti-toksik etkili
- Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilen
- Kanserojenik madde ve kükürt içermeyen
- Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir
- Yağlayıcılık özelliği mükemmel
- Motor ömrünü uzatan
- Motor karakteristik değerlerinde iyileşme sağlayan
- Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen
- Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun
- Stratejik özelliklere sahip
- Mevcut Diesel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen
- Ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır.

4.2.1 Biyobozunabilirlik

Biyomotorini oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10 000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında biyomotorinin 28 günde %95'i, motorinin ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyomotorinin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir.

4.2.2 Toksik Etki

Biyomotorinin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyomotorin için ağızdan alınmada öldürücü doz 17.4 g biyomotorin/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofra tuzu için bu değer 1.75 g tuz/kg vücut ağırlığı olup, tuz biyomotorinden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri biyomotorinin ciltte %4'lük sabun çözeltisinden daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir. Biyomotorin toksik olmamasına karşın, biyomotorin ve biyomotorin-motorin karışımlarının kullanımında; motorin için zorunlu olan standart koşulların (göz koruyucular, havalandırma sistemi v.b.) kullanılması önerilmektedir.

4.2.3 Depolama

Motorin için gerekli depolama yöntem ve kuralları biyomotorin için de geçerlidir. Biyomotorin temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir. Depoloma, taşıma ve motor malzemelerinde bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı sakıncalıdır; çünkü biyomotorin bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyomotorinle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir.

4.2.4 Soğukta Akış Özellikleri

Biyomotorin ve biyomotorin-motorin karışımları, motorinden daha yüksek akma ve bulanma noktasına sahiptir; bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarır. Akma ve bulanma noktaları uygun katkı maddeleri (anti-jel maddeleri) kullanımı ile düşürülebilmektedir. Biyomotorin-motorin karışımları 4 ° C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biyomotorinin motorin üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlama da ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanda soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir.

4.2.5 Motor Yakıtı Özellikleri

Biyomotorin ısı değeri motorinin ısı değerine oldukça yakın değerde olup, biyomotorinin setan sayısı motorinin setan sayısından r daha yüksektir. Biyomotorin kullanımı ile motorine yakın özgül yakıt tüketimi, güç ve moment değerleri elde edilirken, motor daha az vuruntulu çalışmaktadır. Biyomotorin motoru güç azaltıcı birikintilerden temizleme ve motorinden çok daha iyi yağlayıcılık özelliklerine sahiptir. Tablo 1'de çeşitli firmalarının biyomotorin için verdikleri garanti bilgileri sunulmaktadır.

4.2.6 Kükürt içeriği

Bitkisel yağların kullanılması ile üretilen biodieselerde klasik Diesel yakıtları ile karşılaştırıldığında kükürt içeriğinde önemli bir azalma sağlanmaktadır.

Çizelge 4.2 Bazı Bitkisel yağların yakıt özellikleri (Georing ve ark., 1982).

Bitkisel Yağ	Ö. Kütle (g/ml)	Viskozite mm ² /s	Isıl Değ. (kj/kg)	Setan S. (ASTM D613)	TG K.M.A (°)	Donma Noktası (°C)	Akma Noktası (°C)	Oksitlenme Süre. (h)
Ayçiçek	0.92	34.9	39644	33	23.8	7.2	-15	5.5
Soya yağı	0.92	36.4	39390	39	19.6	-3.9	-12.2	8
Pamuk	0.91	37.4	37420	51	21.4	1.7	-15	7.5
Yer fıstığı	0.91	37.2	37160	39	19.6	12.8	-6.7	6.7
Kolza	0.92	39.0	39913	37.6	21.9	-3.9	-31.7	10.5
Keten	-	27.2	39300	34.6	-	1.7	-15	3
Susam	-	35.5	39350	40.2	-	-3.9	-9.4	8.5
Motorin	0.86	2.9	42450	50.8	12.5	-15	-33	150
Karbon	Tüm bitkisel yağlarda %0.22-0.30 (ASTM sınır değeri %0.35)							
Kükürt	Tüm bitkisel yağlarda %0.01 (ASTM sınır değeri %0.5)							
Kül oranı	Tüm bitkisel yağlarda %0.005-0.01 (ASTM sınır değeri %0.01)							
Su ve tortu	Tüm bitkisel yağlarda %0.05 (ASTM sınır değeri %0.05)							

4.2.7 Kinematik Viskozite

Viskozite bir akışkanın yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür. Akışkanın akmaya karşı gösterdiği iç direnç olarak da tanımlanabilir. Yüksek viskozite yakıtın enjektörden püskürtülmesi sırasında iyi bir şekilde atomize olamamasına buna bağlı olarak da yanmanın bozulmasına neden olabilir. Tüm bunlar performans düşüşlerine, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına neden olabilir. Bitkisel yağların Diesel motorlarda doğrudan kullanılmaları önündeki engellerden biri yüksek olan viskozite değerleridir. Transesterifikasyon işlemi ile üretilen bir biodiesel yakıtı, hammaddesi olan bitkisel yağa göre daha düşük viskozite değerine sahiptir. Bu kullanımda bir avantaj oluşturmaktadır. Biodieseller klasik Diesel yakıtlarına göre genelde daha yüksek viskoziteye sahiptirler. ASTM D6751 standardına göre biodiesel yakıtının 40°C de kinematik viskozitesi 1,9-6,0 mm²/s ve EN14214 standardına göre 3,5-5,0 mm²/s aralığında olmalıdır.

Çizelge 4.3 Biodizel standartları

BioDizel	Birim	Avusturya Standardı C1190 Feb. 91 ¹⁾	DIN 51606 Eylül 1997	U.S. Kalite spesifikasyonu NBB/ASTM	Avrupa Standardı EN 14214
Yoğunluk, 15°C'de	g/cm ³	0.86 - 0.90	0.875 - 0.90	/	0.86 - 0.90
Viskozite, 40°C'de	mm ² /dk	6.5 - 9.0 (20°C)	3.5 - 5.0	1.9 - 6.0	3.50 - 5.00
Parlama noktası	°C (°F)	min. 55 (131)	min. 110 (230)	min. 100 (212)	min. 120 (248)
CFPP	°C (°F) yaz kış	max. 0 (32) max. -8 (17.6)	max. 0 (32) max. -20 (-4)	/	²⁾
Toplam Kükürt	mg/kg	max. 200	max. 100	max. 500	max. 10.0
Konradson (CCR) %100' de %10'da	% ağırlıkça	max. 0.1 /	max. 0.05 /	max. 0.05 /	/ max. 0.30
Setan Sayısı	-	min. 48	min. 49	min. 40	min. 51
Kül içeriği	% ağırlıkça	max. 0.02	max. 0.03	max. 0.02	max. 0.02
Su İçeriği	mg/kg	free of deposited water	max. 300	/	max. 500
Su & Tortu	hacimsel %	/	/	max. 0.05	/
Toplam askıda madde	mg/kg	/	max. 20	/	max. 24
Bakır korozyonu (3 Saat, 50°C)	degree of Corrosion	/	1	No. 3b max.	1
Nötralizasyon değeri	mg	max. 1	max. 0.5	max. 0.8	max. 0.50
Oksidasyon stabilitesi	h	/	/	/	min. 6.0
Metanol içeriği	% ağırlıkça	max. 0.30	max. 0.3	max. 0.2	max. 0.20
Ester içeriği	% ağırlıkça	/	/	/	min 96.5
Monoglycerides	% mass	/	max. 0.8	/	max. 0.80
Diglycerides	% mass	/	max. 0.4	/	max. 0.20
Triglycerides	% mass	/	max. 0.4	/	max. 0.20
Free glycerine	% mass	max. 0.03	max. 0.02	max. 0.02	max. 0.02
Total glycerine	% mass	max. 0.25	max. 0.25	max. 0.24	max. 0.25
İyot sayısı		/	max. 115	/	max. 120

Linolenic acid ME	% mass	/	/	/	max. 12.0
Polyunsaturated (>=4db)	% mass	/	/	/	max. 1
Fosfor içeriği	mg/kg	/	max. 10	/	max. 10.0
Alkaline content (Na+K)	mg/kg	/	max. 5	/	max. 5.0
Alkaline earth metals (Ca + Mg)	mg/kg	/	/	/	max. 5.0

4.2.8 Setan sayısı

Yakıtın kendi kendine tutuşabilirliğinin bir ölçüsüdür. Yakıtın setan sayısı arttıkça tutuşma gecikmesi süresi kılalacaktır. Motor performansı, egzoz gazı emisyonları ve çalışma gürültüsü açısından önemli bir karakteristik özelliştir. Kullanılan yakıtın setan sayısının çok yüksek veya çok düşük olması yanma kalitesini olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Biodieselin setan sayısı üretildiği hammaddeye bağlı olarak değişmektedir. ASTM D975 standardına göre klasik Diesel yakıtları için istenen minimum setan sayısı 40'iken ASTM D6751 biodiesel standartlarında bu değer minimum 47 olarak alınmıştır. Avrupa için bu değer EN 14214 standardına göre en az 51 olmalıdır.

4.2.9 Malzemelerle uyuşabilirlik

Biodiesel bazı malzemeleri çözebilir, aşındırabilir veya bunlardan sızabilir. Bu özelliklerinden dolayı temas ettiği malzemeleri yıpratır, bu malzemelerin özelliklerini değiştirerek (yumuşaklık, mukavemet, elastikiyet vb.) görevlerini tam olarak yapmalarını engelleyebilir. Çözücü özelliğinden dolayı oluşan partiküller sistemde (yakıt filtresi ve enjektörler gibi) tıkanmalara neden olabilmektedir. Bundan dolayı yakıt olarak biodieselin kullanıldığı bir sistemde parçaların uygun malzemelerden seçilmesi gerekmektedir.

5. BİODİZEL KULLANIMININ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Biodizel yerli bir üretilmektedir. Biodizel yenilenebilir bir yakıttır, bitkisel yağlardan ve artık restoran yağlarından üretilir. Biodizel güvenlidir, bakterilerle ayrışabilir, hava kirletici partikül maddeler, karbon monoksit ve hidrokarbon gibi kirleticileri azaltır. %20 biodizel ile %80 petrole dayanan normal dizel yakıt karışımı (B20) dizel motorlarda değişiklik yapılmadan kullanılabilir.

Biodizel hiçbir katkı yapmadan saf biçimde (B100) de kullanılabilir. Fakat biodizel saf olarak kullanıldığı zaman performans problemleri ve bakımdan kaçınmak için motorda değişikliklerin yapılması gerekebilir. Biodizel (yağlı asit alkali ester) yeni ve kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan doğal olarak yapıldığından dizel yerine temiz yanan bir yakıttır.

Biodizel aynen normal dizel yakıtlar gibi ateşlemeli motorlarda kullanılabilir. %20 biodizel karışımı hemen hemen bütün dizel ekipmanları ile kullanılabilir ve bir çok depolama ve dağıtım ekipmanı ile uyumludur. Düşük miktardaki karışımlarda (%20 ve daha az) motorda herhangi bir değişikliğe gerek yoktur. Yüksek miktardaki karışımlar, hatta saf biodizel (%100 biodizel veya B100) 1994 yılından beri yapılan birçok motorda kullanılabilir.

Geleneksel dizel motorda biodizelin kullanımı yanmamış hidrokarbonlar, karbon monoksit, PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons), n-PAH (nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons) ve partikül madde emisyonlarını önemli miktarda azaltmaktadır. Buradaki emisyonlardaki azalma; dizel yakıt miktarı arttıkça (dolayısıyla biodizel miktarı azaldıkça) artmaktadır. En iyi azalma saf biodizelde (B100) görülmektedir.

Kolza yağından elde edilen yakıtın enerji değerinin yeterli miktarda olmaktadır. Yakıtın yanma sonucu açığa çıkan atık gazların atmosfere olan etkisi yönünden olumlu sonuçlar verdiğini ve %15-30 oranında daha az zararlı gaz açığa çıkarmaktadır. Biodizelin zehirsizdir ve toprakta hızlı bir şekilde indirgenmektedir. Biodizelin dolumu sırasında depodan zararlı gaz açığa çıkmamaktadır. Biodizelin iyi bir yağlama kabiliyetine sahiptir ve böylece yüksek derecede motor aşınmasını engellemektedir.

Biodizelin yanması sırasında çevreye atılan zararlı gazlar, dizel yakıtına göre; %15 daha az CO, %27 daha az HC, sadece %5 daha fazla NO_x, %22 daha az partikül, %50 daha az is ve

%10 daha düşük ısı değeri, buna karşın ortalama yakıt tüketiminin yaklaşık olarak dizelden %3 fazla olduğu belirtilmiştir.

Biodizel kullanımı ile partikül maddelerde katı karbon parçaları azalır, (biodizel de yanma daha fazla tamamlandığından oksijen CO₂'e dönüşür) kükürt bileşikleri 24 ppm'den daha azdır, buna karşın çözülebilir maddeler veya hidrokarbonlar artar yada aynı miktarda kalırlar. Bundan dolayı, biodizel katalizatör (buradaki katalizatör dizeldeki çözülebilir parçaları azaltır, fakat katı karbon parçalarını değiştirmez), egzoz gazlarının yeniden dolaşımı gibi yeni teknolojilerle daha iyi çalışır. Azot oksit emisyonu (NO_x) yakıttaki biodizelin konsantrasyonu ile artmaktadır. Biodizelin fiziksel özellikleri geleneksel dizel yakıtta çok benzerdir. Buna rağmen, emisyon özellikleri dizel yakıttan daha iyidir.

Belçika, İtalya, İngiltere ve Portekiz gibi birçok ülke sömürgelerine ucuz enerji kaynakları sağlayabilmek ve diğer ülkeler de enerji konusunda dışa bağımlılıklarını azaltabilmek için alternatif yakıtlarla ilgilenmişlerdir. II. Dünya Savaşı sırasında bazı ülkeler acil durumlarda yakıt olarak bitkisel yağları kullanmışlardır. Buna benzer durumlarda kullanılacak bir alternatif yakıt yaratmak böylece fosil kaynaklı yakıtların oluşturduğu baskıları hafifletebilmek amacıyla kullanılan bitkisel yağlar daha sonraları çevreye daha az zararlı olmalarıyla da ilgi görmüşlerdir.

Bu süreçte her ülke elinde bulunan, temin etmesi kolay olan bitkiyi kaynak olarak kullanmıştır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri soya ve mısır yağına yoğunlaşırken, Avrupa da öne çıkan bitki kanola olmuş; tropik bölgelerde ise palm yağı tercih edilmiştir. Tabii ki adı geçen bu bitkilerin dışında sayısız bitki ile de denemeler yapılmıştır.

Yakıt olarak umut verici bir performans sergileyen bitkisel yağların yaygınlaşması önündeki en büyük engel yüksek maliyetleri olmuştur. Günümüzde bu maliyetin %75'i hammaddeye aittir. Biodieselin klasik Diesel yakıtı ile rekabet edebilmesi için öncelikle hammadde maliyetinin düşürülmesi gerekmektedir. (Öğüt, 2006)

Bunun dışında karşılaşılan en büyük engel bitkisel yağların petrol bazlı yakıtlara göre yüksek olan viskozite değerleri olmuştur. Bu püskürtme ve yanma verimini bu bağlı olarak da motor performansını olumsuz etkilemektedir. Bu sorun ilk zamanlardan beri fark edilmiş ve çözüm için püskürtme basıncının arttırılması, bitkisel yağın ısıtılması, püskürtme avansının optimize

edilmesi gibi yöntemler denenmiştir. 1970 'lerde bu soruna dört muhtemel çözüm geliştirilmiştir; seyreltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyon. Bu teknikler sayesinde viskozite değerleri düşürülebilmektedir. Transesterifikasyon günümüzde halen en çok tercih edilen metottur.

6. BİODİSELİN YAKIT OLARAK KULLANIMIYLA VE YAKIT TÜKETİMİNİN SİMÜLASYON İLE BELİRLENMESİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

6.1 Uygulanmış Örnek Yöntemler

1980'lerin başlarında bitkisel yağların yakıt olarak kullanılmasına ilişkin önemli bir tartışma vardı. Bartholomew (1981) yiyeceklerin yakıt olarak kullanılma konseptine dikkat çekmiş, petrolün alternatif yakıt olması gerektiğini, bitkisel yağ ve alkolün alternatifler olmasından ziyade, bazı yenilenebilir enerji formlarının yenilenebilir olmayan kaynakların yerini almaya başlaması gerektiğini belirtmiştir. Ayçiçeği yağıyla ilgili en gelişmiş çalışma yağ ambargosu yüzünden Güney Afrika'da yapılmıştır. 1980'de Catterpillar Brezilya toplam gücü motorda bir değişiklik yada ayarlama yapmadan korumak için %10 bitkisel yağ karışımı ile ön yanma odalı motorlarda kullanmıştır. Bu noktada %100 bitkisel yağ ile dizel yakıtını değiştirmek kullanışlı olmamıştır, fakat %20 bitkisel yağ ile %80 dizel yakıtı karışımı başarılı olmuştur. Bazı kısa vadeli deneylerde 50/50 oranına kadar kullanılmıştır.

B100 ya da %100 biyodizel; çevresel duyarlılık isteyen alanlarda ciddi şekilde bir yakıt alternatifi olarak düşünülmektedir. El değmemiş ormanlık araziler ve yeraltı madenleri başlıca alanlardır. B100 yakıtının taşımacılık alanında yakıt olarak kabul edilebilmesi aşamasında önce motor üreticilerinden tam destek alınması için daha fazla çalışma yapılmalıdır.

Alibaş ve Ulusoy (1995), bitkisel yağların diesel motorlarında yakıt olarak kullanım olanaklarını ve yöntemlerini araştırmışlar. Sonuç olarak, motorda değişiklik yapmadan %25 bitkisel yağ + %75 diesel yakıt karışımının doğrudan kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Türkiye'nin petrol kaynaklarının sınırlı olması ve Güney Doğu Anadolu (GAP) projesiyle toplam 1.7 milyon hektar alanın sulu tarıma açılması durumunda, yağlı tohum üretiminde %73'lük bir artış olabileceğini belirlemişlerdir.

Schrottmaier (1993), biyodizel'in Avusturya tarımında yeni bir ürün olarak ele alınması gerekliliği üzerinde durmuştur. Çalışmasında yağlı tohumların ekiminin teşvikinden dolayı, biyodizel üretiminin başlatılabilmesinin öncelikle politik bir karar olduğunu belirtmiştir. Özellikle, kanoladan biyodizel üretimi ile Avrupa'da, finanse edilemeyecek derecede fazla olan tahıl üretimini azaltabileceği ve Avrupa tarımında tarlaların boş bırakılmasına karşı bir

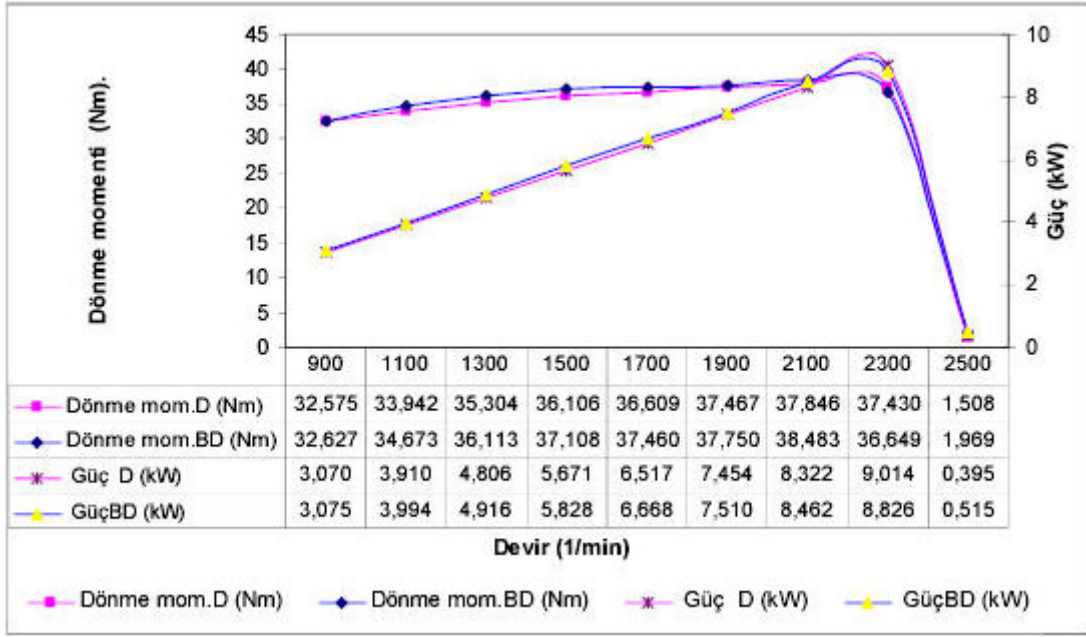
alternatif olabileceği üzerinde durmuştur. Bunun politik bir karar olarak, teknik ve işletme açısından gerekli bütün şartları da sağlayabileceğini belirtmiştir.

Sonuç olarak, araştırmacılar biyodizel kullanımı konusunda elde ettikleri ortak sonuçları aşağıdaki gibi sıralamışlardır;

- Maksimum %5'lik bir verim kaybının, ancak aşırı yük gibi özel durumlarda belirlenebildiğini,
- Yakıt filtrelerinde veya yakıt pompalarında herhangi bir probleme rastlanmadığını, ayrıca motor üzerinde teknik bir değişim olmadan biyodizelin kullanılabilirliğini,
- Biyodizelin kış aylarında da kullanılabilirliğini, kış aylarında motorun ilk çalışmasının sorun çıkarmadığını,
- Kanola ve kanola metil esteri kullanımı sonucu atmosferdeki CO₂ oranının azaltılmasının mümkün olacağını,
- Biyodizel'in emisyonlarının zararsız olduğunu ve toprakta hızlı bir şekilde indirgenmediğini, ayrıca dolun sırasında depodan zehirli gaz açığa çıkmadığını,
- Biyodizel'in iyi bir yağlama yeteneğine sahip olduğunu ve böylece yüksek derecede motor aşınması oluşturmadığını,
- Biyodizel'in yanması sonucunda çevreye atılan zararlı gazların, dizel yakıtına göre; %15 daha az CO, %27 daha az HC, sadece %5 daha fazla NO_x, %22 daha az partikül, %50 daha az is ve %10 daha düşük ısı değeri, buna karşın ortalama yakıt tüketiminin yaklaşık olarak dizelden %3 fazla olduğunu,
- Bitkisel yağların asıl avantajının, yağların biyolojik olarak çözünebilir olduğu, özellikle gemilerde, koruma altındaki su bölgelerinde, endüstri bölgelerinde veya benzer şekildeki hassas bölgelerde kullanılmasının daha da anlamlı ve kaçınılmaz olacağı sonucuna varılmıştır

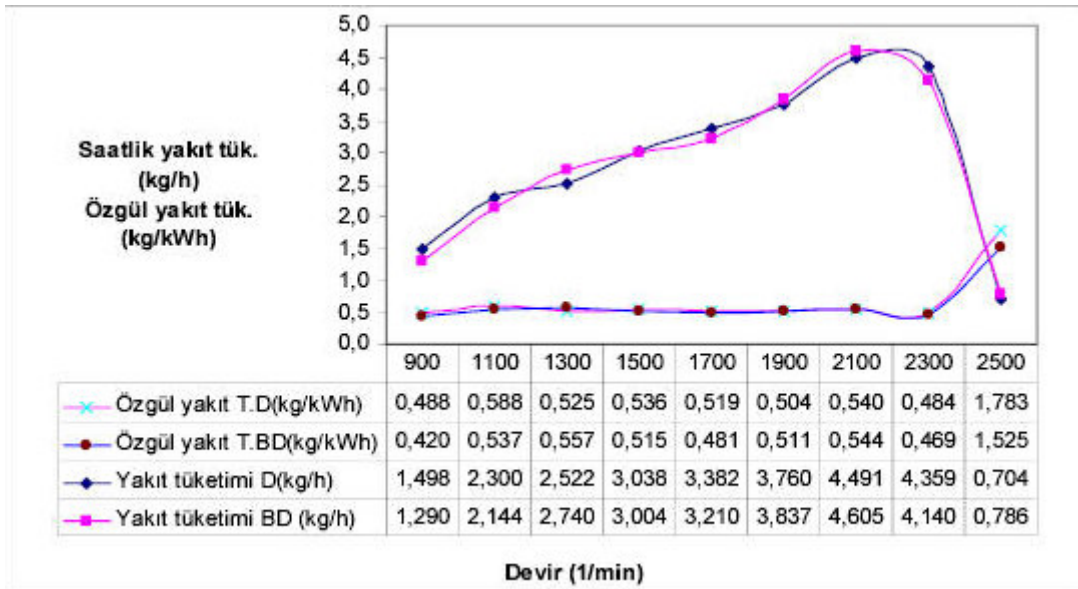
Ulusoy ve Alibaş; ayçiçeği yağından üretimi yapılan biyodizel yakıtı ile dizel yakıtını, tek silindirli bir motorda deneyerek, her iki yakıtla da motorun özgül yakıt tüketimi, efektif gücü ve dönme momenti gibi karakteristik değerlerini belirlemişlerdir.

Deneyler; Silindir çapı 90 mm ve stroğu 105 mm olan, 21:1 sıkıştırma oranlı ve 110 bar püskürtme basınçlı bir pancar motorunda yapılmıştır.



Şekil 6.1 Dizel ve Biodizel ile Çalışmada Moment ve Güç Değerleri (Ulusoy ve Alibaş, 2002)

Deney sonuçları incelendiğinde motor dönme momenti, efektif gücü, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değerleri açısından biyodizel ve dizel yakıt arasında bariz bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Araştırma sonuçları biyodizelin, dizel motorlarda hiçbir değişiklik yapmadan dizel yakıtın yerine doğrudan kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 6.2 Dizel ve Biodizel ile Çalışmada Saatlik ve Özgül Yakıt Tüketimi Değerleri (Ulusoy ve Alibaş, 2002)

Özkan, M., Ergenç, A. ve Deniz, O. (2005) direk enjeksiyon basınç yanmalı motorda, Biyodizel, geleneksel dizel ve gliserinli biyodizel kullanılmıştır. Belli çalışma koşullarında, bu yakıtların kullanılması ile, Tork, fren gücü ve yakıt tüketim değerleri belirlenmiştir. Çalışmada atık pişirme yağlarının CI motor performansına etkisi ve atık pişirme yağlarındaki gliserinin motor performansına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tek silindirli, 4 stroklu, direk enjeksiyonlu motor biyodizel ve geleneksel dizel yakıtlarının genel performansını ölçmek için kullanılmıştır. Buna ilaveten, gliserinin motor performansına etkisinin anlaşılması amacı ile de gliserinli biyodizel ile de denemeler yapılmıştır.

Biyodizel, geleneksel dizel ve gliserinli biyodizelin fren güç değerleri değişimi, 2000 rpm e kadar benzer davranış göstermiştir. Bu değer üzerinde, geleneksel dizel yakıt daha yüksek fren güç değerleri göstermiştir. Geleneksel dizelin gözlemlenen maksimum fren gücü, 2500 rpm de biyodizelden % 25, gliserinli biyodizelden % 52 daha yüksektir.

Maksimum tork değeri, dizel için 1500 rpm de 21.0 Nm, gliserinli biyodizelde 2250 rpmde 19.7 Nm,, biyodizel de 2250 rpm de 18.4Nm olarak gözlemlenmiştir. 3 yakıtın spesifik yakıt tüketimleri, farklı değerler almıştır. Geleneksel dizelin minimum SFC değeri, 2500 rpm de 272.4 g/kWh dir. Ancak, biyodizelinki 2250 rpm de 307.8 g/kWh,, gliserinli biyodizelinki 2000 rpm de 314.6 g/kWh dir. Dizelin SFC değeri, gliserinli biyodizelden %15, gliserinsiz biyodizelden %13,4 düşüktür.

Geleneksel dizel, 2500 rpm de, düşük SFC değerinin sonucunda, en yüksek etkinlik değerini göstermiştir. Ancak, gliserinli biyodizel 3000 rpm de en düşük etkinlik değerine sahip olmuştur. Biyodizel, geleneksel dizel ve gliserinli biyodizelin efektif basınç değerleri 2000 rpm e kadar benzer değerler göstermiştir. Bu sonuçlara bakılarak gliserinin motor performansına büyük etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

Özoğuz B. (2007) YTÜ OABD’de biodiesel yakıtı ile çalıştırılan bir diesel motorunda hava fazlalık katsayısı kontrolü ile NO_x emisyonlarının azaltılması amacı ile yaptığı deneyler sonunda biodieselin klasik Diesel yakıtına göre güçte ve torkta düşüşe neden olduğunu görmüştür. Değişim miktarları her iki değer içinde benzerdir. Tam gaz pozisyonu için yapılan deneylerde güçteki düşüş max. ve min. hava kelebeği açıklıkları için sırasıyla %1,5 ve %5 ‘tir.

Hiçbir modifikasyona uğramamış Diesel motorunda yakıt olarak biodiesel kullanılması halinde güçte yaşanan %1,5 'lik düşüş kabul edilebilir bir değerdir.

%75 gaz pozisyonu halinde hesaplanan ortalama güç kayıpları yine aynı sıra ile yaklaşık %2,4 ve %14,3 'dür. Hava kelebeğinin tam açık olduğu konumda ortaya konan kayıp kabul edilebilir sınırlar dahilinde görülebilir. Minimum hava kelebeği konumunda yaşanan kaybın boyutu şartların NO_x emisyonlarının düşürülmesi yönünde zorlanmasından dolayı bir miktar artmıştır.

Biodiesel daha düşük ısısal değere sahip olmasına bağlı olarak özgül yakıt tüketiminde Diesel yakıtına oranla daha yüksek değerler vermiştir. Bununla birlikte içeriğindeki oksijen sayesinde daha iyi bir yanma sağlamasına bağlı olarak termik verim değerleri klasik Diesel yakıtına oranla daha yüksektir. Kısılma yüzdesinin arttırıldığı ve yanmanın bundan olumsuz etkilendiği %75 gaz-minimum hava kelebeği pozisyonu dışında termik verim değerleri artış göstermiştir.

Leon G. Schumacher ve William B. Wetherell (1996) Kolombiya Missouri Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Bölümünde yaptıkları deneylerde iki adet Cummins B5,9L motoru, B100 katkısız biyodizel yakıtla 48 aydan fazla bir süre boyunca çalıştırmışlardır. Motorlar Dodge kamyonetlere güç sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Motor yağlama yağı 1000 mil aralıklarla örnek alınarak analiz edilmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde yağlama yağında metal aşınma düzeyinin normal olduğu görülmüştür. Araçların şasi dinamometresi testlerinde motorlarda bir miktar güç düşüşü kaydedilmiştir. Benzer çalışma koşullarında biyodizelin yakıt ekonomisi motorinkinden % 4 daha düşük olarak ölçülmüştür. Sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlarda fosil türevli dizel yakıtı yerine %100 katkısız biyodizel kullanmakla güçte hafif bir düşme meydana gelmektedir. %100 katkısız biyodizel ile çalıştırılan bir sıkıştırılmalı ateşlemeli motorun spesifik güç üretimi motor dizaynına ve yakıt besleme sistemine göre değişiklik gösterebilir.%100 katkısız biyodizel kullanıldığında CO, HC, PM ve is emisyonları, motorine göre daha düşük seviyelere inmiştir. NO_x emisyonları ise artmıştır.

Ulusoy ve Tekin (2003) TOFAŞ Bursa fabrikası AR – GE test emisyon laboratuvarında, Fiat Doblo 1.9 DS tip araçta kullanılan, Lucas Epic DCU3F indirekt enjeksiyonlu, distribütör tip yakıt pompalı, 1,91lt hacminde, 22,5:1 sıkıştırma oranında 4500 d/d 46 kW maksimum güç, 2500 d/d da 118Nm maksimum tork üreten motor ile, ECE ve EUDC taşıt çevrimlerini esas

olarak çalıştırdıkları dinamometredeki deneylerde, diesel yakıtı ve biyodiesel için performans ve emisyon ölçümleri yapmışlardır.

Çalışmalarında kullandıkları diesel yakıtının yoğunluğu 0,815 kg/l, alevlenme noktası 58°C, ısıl değeri 43350 kJ/kg, viskozitesi 2,5 mm²/s, akma noktası -33°C ve setan sayısı 55, biyodiesel yakıtının ise yoğunluğu 0,89 kg/l, alevlenme noktası 148°C, ısıl değeri 39590 kJ/kg, viskozitesi 5,18 mm²/s, akma noktası -4°C ve setan sayısı 45 – 48 olarak belirlenmiştir. Deney sonucunda emisyonlarda biyodiesel yakıtı diesel yakıtından HC'da %30,77, CO'te %8,59, partikül miktarında %63,33 daha düşük değerlerde çıkmış, NOx'te %5,03 ve CO₂'te %2,62 daha yüksek çıkmıştır. Performans bakımından biyodiesel yakıtı ile diesel yakıtından, teker gücünde %2,63, teker kuvvetinde %3,35 daha düşük, yakıt tüketiminde %2,43 daha yüksek değerler ölçülmüştür.

Ulusoy ve arkadaşları (2004) Renault Bursa fabrikası laboratuvarında ve 7500 km'lik kış şartlarında taşıt testi ile kızartma atık yağından elde edilen biyodiesel, viskozite iyileştirici katkılı biyodiesel, yakıt ve donma noktasını iyileştirici katkılı biyodiesel yakıt kullanarak performans, emisyon ve biyodiesel yakıtlarının motor üzerindeki etkilerini incelemişler. Çalışmalarında 2001 model Megane taşıtını F9Q732 tip turbo diesel motoru ile kullanmışlardır. Motor, birinci jenerasyon common rail elektronik enjeksiyonlu (1350 bar), 1,87 l hacminde, 18,3:1 sıkıştırma oranında 4000 d/d da maksimum 75 kW güç, 1500 d/d da maksimum 200 Nm tork üretmektedir.

Çalışmaları sonucunda biyodiesel yakıtından elde ettikleri motor momenti diesel yakıtı kullanımından %8 oranında azalmış, güç değeri %7 daha düşük çıkmış, özgül yakıt tüketimi ise hemen hemen aynı olmuştur. Enjektörlerin her iki yakıt için püskürtme karakteristikleri de yakın olmuş ve motor devrinin artması ile enjektör püskürtme basıncı 1350 bar civarından 700 bar seviyelerine düşmüştür.

Taşıt yol testi sonucunda enjektörler sökülüp incelenmiş, diesel yakıtı kullanıldığında meme ucunda normal karbonlaşma gözlenmiş, biyodiesel kullanımında ise eksik yanma neticesi meme üzerinde kötü derecede oldukça fazla karbon birikimi görülmüştür. Enjektörlerin değiştirilip viskozite iyileştirici katkılı biyodiesel yakıtı kullanımı sonucu yapılan incelemede ise enjektörlerin daha temiz olduğu ve silindir duvarları ile piston üstünün karbonlaşmadığı gözlenmiştir. Taşıttaki katalitik konvertörde diesel yakıtı kullanımında hiçbir değişiklik

görülmemiş, biyodiesel kullanımında ise tıkanma meydana gelmiş, katalitik konvertör değiştirilip viskozite iyileştirici katkılı biyodiesel kullanıldığında ise hiçbir problem oluşmadığı belirlenmiştir.

Hazım K. Al-Omıshy, Ekhllass M.Fayad, Ramzı R.Ibrahim (1991), değişik kullanım amaçlı taşıtların belirli güzergahtaki yakıt tüketimlerinin tahmin edilmesi için bir simülasyon programı geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, taşıt geometrisinin, yükün, lastik basıncının, camların pozisyonunun, motor hacminin yakıt tüketimine etkileri araştırılmıştır.

Taşıtların yakıt tüketimine etki eden işletme şartlarının değiştirilmesi ile, özellikleri bilinen güzergahtaki yakıt sarfiyatları, taşıtların anlık hızlarından daha önceden deneysel çalışmalar sonucu elde edilen fonksiyonlar yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışmada, sonuç olarak , yakıt tüketiminin düşük ve yüksek hızlarda arttığı, ağırlığın yakıt tüketimine etkisinin seyir hızından daha fazla olduğu , aerodinamik direnç katsayısındaki ve lastik basıncı nedeni ile yuvarlanma direnç katsayısındaki artışın yakıt tüketimini arttırdığı, örnek taşıtlar için hesaplanarak belirtilmiştir.

Yakıt sarfiyatına etki eden parametrelerin, programda, taşıtın seyir hızına bağlı ikinci dereceden fonksiyonlarla ifade edilmeleri, yakıt sarfiyatının bilgisayar yardımıyla hesaplanmasında, sonucun gerçek değerlerden, kullanılan fonksiyonların uyum katsayıları oranında sapmasına neden olmaktadır. Simüle edilen güzergah üzerindeki taşıtların tamamının, belirli kabuller çerçevesinde hareket ettirilmesiyle, insan faktörünün yakıt sarfiyatı üzerine etkisi göz ardı edilmiş ve taşıtların ivmelenme karakteristiklerin benzer kılınarak yakıt sarfiyatına etki eden kriterlerin etkileri sınırlandırılmıştır.

Ressell W.Zub, (1984) çalışmasında değişik dizayn ve işletme parametrelerinin otobüslerin yakıt ekonomisine etkisini belirleyen otobüs simülasyon çalışmasının sonuçlarını sunmuştur. Çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığınca da otobüslerin yakıt ekonomilerinin belirlenmesinde kullanılan HEVSIM (ağıt taşıtlar Simülasyon Programı) kullanılmıştır. HEVSIM simülasyon programı VEHSIM adlı, otomobil yakıt tüketimi hakkında parametrik araştırmalar gerektiren daha eski bir programın geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır.

Programa girdi olarak, taşıt sistemlerine ait bilgiler, motor haritası, araçta kullanılması durumunda tork konverter ve seyir hızına bağlı otomatik vites değiştirme aralıkları, aracın lastiklerine ait bilgiler, taşıt ağırlığı, aerodinamik direnç katsayısı, araç geometrisine ve aksesuarlara ait değerler girilmektedir. Çalışmada kullanılan veriler yapılan testlerden elde edilen sonuçlar olabileceği gibi üretici firmanın vermiş olduğu değerlerde kullanılmaktadır. Bilgisayar programı, sürüş çevrimi gereğince taşıtı hareket ettirebilmek için gerekli motor gücü ihtiyacını programa girilen değerlere bağlı olarak hesaplanmaktadır. Aynı anda aksesuarların motordan çekecekleri güç hesaplanarak, ikinci aşamada yakıt sarfiyatı, motor haritasından yararlanılarak 1 saniyelik aralıklarla hesaplanır.

İrfan Yavaşlıol, (1988), Taşıtlarda yakıt sarfiyatına etki eden faktörlerin nümerik yöntemle araştırılması konulu çalışmasında, örnek binek taşıtının sabit seyir hızı şartında kullanılması durumunda, seçilen her vites kademesi için, yuvarlanma direncinin, aerodinamik yapının, taşıt ağırlığının ve eğimin yakıt sarfiyatına etkisini araştırmıştır.

Bu amaçla hazırlanan bilgisayar programına, motorun değişik gaz keleşi konumlarında, motor devrine bağlı olarak belirlenmiş güç ve özgül yakıt sarfiyatı eğrileri, seyir hızı, aktarma organları çevrim oranları ve verimleri, etkili teker yarıçapı, harekete dik kesit alanı, aerodinamik direnç katsayısı, yuvarlanma direnç katsayısı ve eğim veri olarak girilmektedir.

Programda kullanılan matematik model, belirlenen seyir şartlarında, taşıtın hareket ettirilebilmesi için motordan çekilmesi gereken gücü ve o andaki seyir hızından yola çıkarak motor hızını belirlemektedir. Motor hızı ve güç değerlerini kullanarak, kübik spline fonksiyonları yardımıyla, taşıtın belirlenmiş seyir şartında kullanılması durumunda, motorun özgül yakıt sarfiyatı hesaplanmaktadır. Çalışmada, taşıt ve yol özelliklerinin yakıt sarfiyatına etkilerinin belirlenmesi yanı sıra, kabul edilmiş sabit hızdaki seyir şartları için değişik parametrelerin yakıt tüketimine etkileri araştırılmıştır.

Yakıt sarfiyatına etki eden parametrelerden, teker dirençlerinin ihmalî yakıt ekonomisinin değerlendirilmesinde mutlak bir hatanın oluşması anlamı taşımaktadır. Diğer yandan simülasyonun, taşıtın sabit seyir hızında hareket ettiği varsayımına dayanması, sonuçların, çalışmada kullanılan güzergâhtaki gerçek yakıt tüketimlerine göre fark yaratacak niteliktedir. Gerçek koşullarda yapılan testlerde öngörülen sabit seyir hızı şartının tam olarak sağlanmasının, sürücü refleksi, ani rüzgâr vb. etkenlerden dolayı mümkün olmaması buna

karşın, bilgisayar simülasyonlarında bu şartın tam olarak yerine getirilebilmesi, gerçekte tüketilen yakıt miktarı ile bilgisayar simülasyonu ile tahmin edilen yakıt miktarı arasında sapma yaratmaktadır.(Özkan,1997)

7. KULLANILAN YÖNTEM VE MATERYALLER

7.1 Yöntem

Alternatif bir yakıtın tüketici tarafından kabul edilmesi için önemli bir ölçüt enerji maliyetidir. Mevcut motorlarda motorin yerine biodizel kullanımı sonucu ortaya çıkan değişimleri incelemek bu çalışmanın amaçları arasında yer almıştır. Yakıtların yanma karakteristikleri ve motor performansı üzerinde etkilerinin yanında hedeflenen seyir çevrimine göre; yaklaşımı kanıtlanmış simülasyon programının yardımıyla yakıt tüketimi değişimi ile motor performansında meydana gelen değişimleri incelemek de hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, toplu taşıma araçlarında kullanılan dizel motorda biodizel yakıt kullanımının, seçilen güzergâhtaki sürüş karakteristiğinin yakıt tüketimi üzerine etkisi ve motorin kullanımı ile karşılaştırılmasının yapılması amaçlanmıştır.

Yol testleri, tüketilen yakıtın ölçülmesi ve taşıtın hareket büyüklüklerinin ölçülmesi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Ölçümlerde, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İ.E.T.T. Genel Müdürlüğü'ne bağlı toplu taşımacılıkta kullanılan otobüslerin oluşturduğu filodan, filoyu temsil edebilecek ortalama değerlere sahip bir otobüs, yakıt ölçme sistemi ve hareket büyüklükleri ölçme sistemleri kullanılmıştır.

Motor testleri, İ.E.T.T. Genel Müdürlüğü Motor Yenileme Fabrikası Motor Test Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Simülasyon çalışmasında motor performansının bilgisayara girilmesi, sabit özgül yakıt sarfiyatı eğrilerini, değişik motor gücü şartlarında, motor hızına bağlı olarak veren özgül yakıt sarfiyatı diyagramının (motor haritası) programa aktarılmasından oluşmaktadır. Taşıta ait fiziksel veriler ve tasarım özellikleri, programa girilmiştir. Bilgisayar simülasyonunda, yakıt sarfiyatının belirlenmesi için belirlenen güzergâhtaki seyre ait ölçüm verileri kullanılmıştır.

7.1.1 Deneysel Çalışmalar

7.1.1.1 Yol Testleri

Seçilmiş güzergâhtaki yakıt tüketiminin analizi ve etkili verilerin elde edilebilmesi amacı ile, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İ.E.T.T. Genel Müdürlüğü'ne bağlı toplu taşımacılıkta kullanılan otobüslerin oluşturduğu filodan, filoyu temsil edebilecek ortalama değerlere sahip bir otobüs üzerinde, belirlenen güzergahta ölçüm işlemleri yapılmıştır. Seçilmiş güzergahta yapılan ölçümler, zaman, yol, hız, ivme, yakıt sarfiyatı ve vites kademesi bilgilerini içermektedir.

7.1.1.2 Motor Testleri

Bu çalışmada yapılan deneyde, 11.410 cm³ silindir hacminde dört zamanlı, direkt püskürteli, sıra tip yatık SL-200 MAN D 2566 MUH turbo dizel motor kullanılmıştır. Çalışmada her bir yakıt için dinamometre ile motorun sabit devirlerinde tam ve kısmi yük altında, özgül yakıt tüketimi, strok yakıt tüketimi, motor hızı, motor yükü ve gücü için ölçümler yapılmıştır.

Motora yakıt beslemesi için iki ayrı yakıt deposu kullanılmıştır. Test laboratuvarı ana yakıt tankından motorin akışı sağlanırken, biodizel akışı için yedek depo kullanılmıştır. Motorin ile yapılan ölçümler bittiği zaman depodan yakıt gelişi kesilmiş, diğer depodan biodizel yakıtının gelişi sağlanmıştır. Emme kanalında ve borularda kalan motorin miktarı göz önünde bulundurularak enjektörlere biodizel geldiğine emin oluncaya kadar motor çalıştırıldıktan sonra biodizel ölçümlerine başlanmıştır. Motorun soğutma suyu giriş ve çıkış hattı olarak hortumla çapraz akışlı soğutma eşanjörüne bağlanmıştır.

Dinamometre burgaçlı akım prensibine göre çalışan bir Eddy Current dinamometredir. Bobinlerdeki akım, gövde içerisinde doğrudan manyetik alan oluşturur. Girdap akıntılarının manyetik alan çizgileri direkt olarak harici alanın karşısındadır ve rotorda fren etkisi oluşturur. Tork, gerilme ayarı yük hücresi kullanılarak ölçülür. Dijital hız göstergesi ise açısal hız ölçümü yapmak için kullanılır. Bu değerlerden test motorunun gücü hesaplanarak bilgisayara aktarılmaktadır.

Motorun yükleme oranı, yükleme setinin kontrol paneli EMCON 300 üzerinden ayarlanabilmektedir.

Test düzeneğinde yakıt tüketiminin ölçümünde gravimetrik ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Sistem haznesinde 1600 ile 1800 gr arasında yakıt bulunduğu sürece ölçüm yapmakta ve kabarcık oluşumu ile borulardan kaynaklanan kayıpları bertaraf etmektedir. Yakıt tüketimi bu yolla tam olarak % 0,12'ye hataya kadar belirlenebilmektedir.

Her iki yakıt için de motor rejim sıcaklığına (~65°C) ulaştıktan sonra ölçümlere başlanmıştır. Bu çalışmada her bir yakıt için dinamometre ile motorun sabit devirlerinde gaz ve yük arttırılarak referans devirlerde ölçümler yapılmıştır. Çalışmalarda motor devri, minimum 800 d/d dan 100 d/d lık artışlar ile sırasıyla 800-900-1000-1100-1200-1300-1400-1500-1600-1700-1800-1900-2000 ve maksimum 2200 d/d da değiştirilmiş, tam ve beş farklı kısmi yük ile rolanti koşullarında gerekli ölçümler alınmıştır. Ölçülen değerler simülasyon çalışmasında kullanılabilecek şekilde her devir için beş farklı kısmi yük koşulu için güç,tork ve özgül yakıt tüketimi olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri kullanılarak matematiksel modelleme yöntemi ile motor özgül yakıt tüketimi haritası oluşturulmuştur.

Değerlerin alınmasında önce motorun belirlenen motor hızlarında kararlı olarak kalabilmesine dikkat edilmiştir. Ölçümler yapılırken kontrol panelinden alınan değerler bilgisayar tarafından toplanmış ve kaydedilmiştir. Daha sonrasında yakıt tankı bağlantısı biodiesel tankı ile değiştirilmiş ve benzer işlemler tekrarlanmıştır.

7.1.2 Simülasyon Çalışması

Araca ait fiziksel özellikler ile araç mekanizmalarına ve ortam şartlarına ait verilerin programa girilmesini içermektedir. Taşıta ait veriler, taşıtın boş ağırlığı, projeksiyon alanı, etkili teker yarıçapı, vites çevrim oranları, diferansiyel çevrim oranı, her vites kademesi için dönen kütlelerin eşdeğer kütle faktörü, mekanik verim, aerodinamik direnç katsayısı, yuvarlanma direnç katsayısı ve motorun özgül yakıt sarfiyatını, değişik motor gücü şartlarında, motor devrine bağlı olarak veren özgül yakıt sarfiyatı diyagramı (motor haritası) dır. Taşıtın işletme şartlarına ait veriler, taşıtın iki referans nokta arasında gerçekleştirdiği her seyir için, seyirin

toplam süresince, bir saniye aralıklarla olmak üzere, kat edilen mesafe, anlık hız, anlık ivme, yakıt sarfiyatı, kullanılan vites kademesidir.

7.2 Materyal

7.2.1 Yakıtlar

Yakıt olarak piyasada satışı yapılan bir ticari Diesel ve Biodiesel yakıtı seçilmiştir. Deneyle sırasında EN590'a uygun Diesel yakıtı ve soya yağı esteri kullanılmıştır. Kullanılan yakıtların analiz sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

7.2.1.1 Dizel

Çizelge 7.1 Kullanılan Dizel yakıtının analizi

Testler	Birim	Test Metodu	Limit	Sonuçlar
Yoğunluk, 15°C	kg/m ³	TS 1013 EN ISO 3675 TS EN ISO 12185	820-860	838,0
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	% ağırlık	TS EN 12916	≤11	7
Alevlenme Noktası	°C	TS 1273 EN 22719	≥55	64
Su Miktarı	mg/kg	TS 6147EN ISO 12937	≤200	83
Kükürt Miktarı	mg/kg	TS 6838 EN ISO 8754	≤7000	2117
Setan İndisi	Hesaplanan	TS 2883 EN ISO 4264	≥46	53,8
Viskozite, 40°C	cst	TS 1451 EN ISO 3104	2,0-4,5	2,317
SFTN	°C	TS EN 116	≥-15 (kış)	-22
Karbon Kalıntısı (% 10 Damıtmada)	% ağırlık	TS 6148EN ISO 10370	≤0,30	0,12
Kül	% ağırlık	TS 1327 EN ISO 6245	≤0,01	0,0063
Toplam Kirlilik	mg/kg	TS EN 12662	≤24	8
Oksidasyon Kararlılığı	g/m ³	TS EN ISO 12205	≤25	14
KorozyonBakır Şerit	50°C, 3 saat	TS 2741 EN ISO 2160	En çok No:1	1A

7.2.1.2 Biodizel

Çizelge 7.2 Kullanılan biodizel yakıtının analizi

Testler	Birim	Test Metodu	Limit	Sonuçlar
KorozyonBakır Şerit	50°C, 3 saat	EN ISO 2160	En çok No:1	1A
Yoğunluk, 15°C	gr/cm ³	ISO 12185	0,860-0,900	0,8878
Viskozite, 40°C	cSt	EN ISO 3104	3,5-5,0	4,6838
Parlama Noktası	°C	EN ISO 3679	≥120	46,5
Kükürt	mg/kg	ISO 20846	≤10,0	2,68
Karbon Kalıntısı	% (ağırlıkça)	EN ISO 10370	≤0,30	0,083
Setan Sayısı	Hesaplanan	EN ISO 5165	≥51	52,1
Sülfatlanmış Kül	% (ağırlıkça)	ISO 3987	≤0,02	0,0203
Su	mg/kg	EN ISO 12937	≤500	415,18
Partikül Madde	mg/kg	EN 12662	≤24	4,30
Asit Sayısı	mgKOH/g	EN14104	≤0,50	0,10
İyot Sayısı	g/100g	EN 14111	≤120	130
Ester Muhtevası	% (m/m)	EN 14103	≥96,5	86,6
Linolenik Asit Metilesteri	% (m/m)	EN 14103	≤12	7,01
Çoklu Doymamış Metil Esterleri	% (m/m)	EN 14103	≤1	0,0
Metanol Muhtevası	% (ağırlıkça)	EN 14110	≤0,2	0,5
1.Grup Metaller	mg/kg			
Na	mg/kg	EN 14108	≤5,0	12,37
K	mg/kg	EN 14109		
2.Grup Metaller	mg/kg			
Ca	mg/kg	EN 14538	≤5,0	23,09
Mg	mg/kg	EN 14538		
Fosfor	mg/kg	EN 14107	≤10	13,43
Oksidasyon Kararlılığı (100°C)	Saat	EN14112	≥6,0	4,0

7.2.2 Deney motorunun özellikleri

Deneyde, 11.410 cm³ silindir hacminde dört zamanlı, direkt püskürteli, sıra tip yatık SL-200 MAN D 2566 MUH turbo diesel motor kullanılmıştır. Motorun teknik özellikleri çizelge 8.3 de verilmiştir.

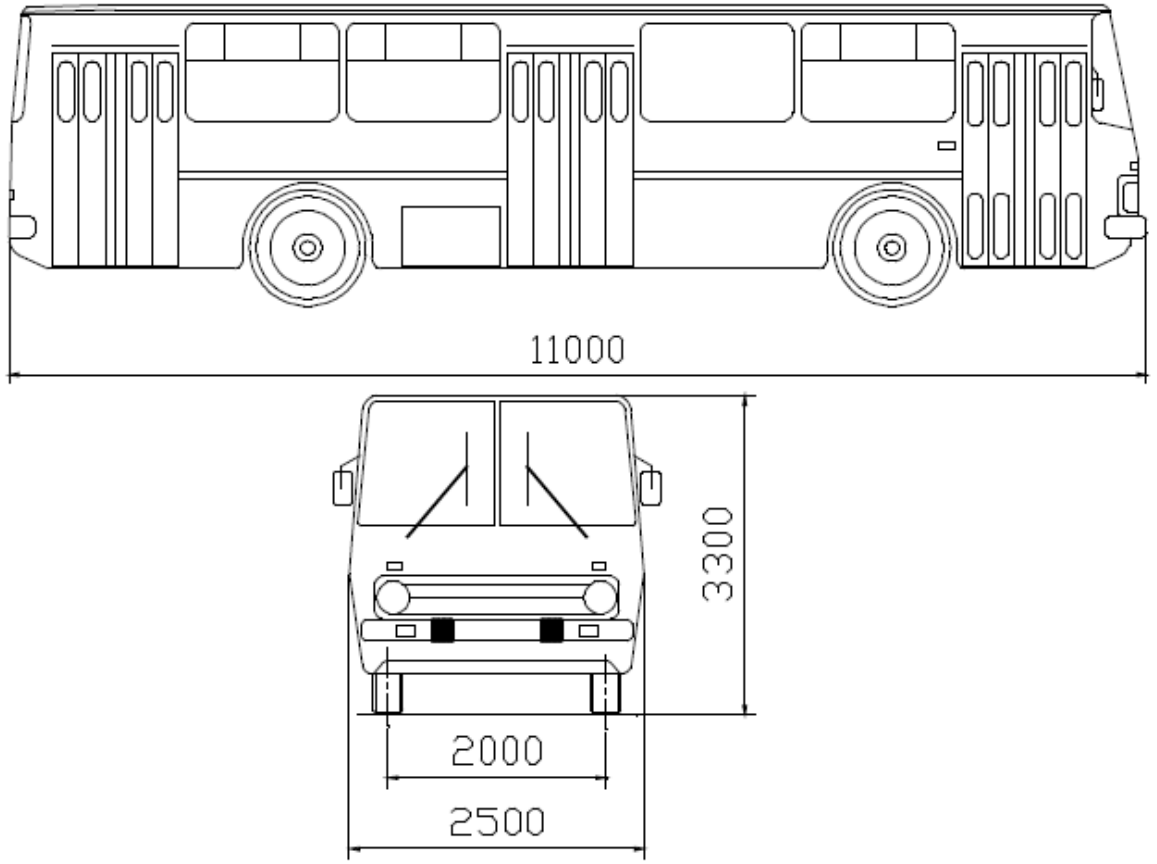
Çizelge 7.3 Deney motorunun teknik özellikleri

Motor Üreticisi – Tipi	SL-200 MAN D 2566 MUH
Çalışma Prensibi	MAN DİZEL ,M-TİPI 4 ZAMANLI AŞIRI DOLDURMALI DİREKT PÜSKÜRTMELİ.
Silindir Hacmi	11.410 cm ³
Silindirlerin Sayısı -Düzeni	6 adet , düz ve yatık
Kompresyon Oranı	18:1
Çıkış Gücü (DIN 70020)	147 kW 2100 d/d' da
Tork	775 Nm 1500 d/d' da
Püskürtme Sırası	1-5-3-6-2-4
Silindir Çapı / Strok Çapı	125/155 mm
Yağlama	Basınç altında
Püskürtme Basıncı	190 bar

7.2.3 Test Aracı

7.2.3.1 Ölçümlerde Kullanılan Otobüse Ait Bilgiler

7.2.3.1.1 Boyutlar



Şekil 7.1 Ölçümlerde kullanılan Ikarus 260 solo marka aracın boyutları.

7.2.3.1.2 Teknik Özellikler

Aracın boş kütlesi : 10300 \pm 5 (kg)

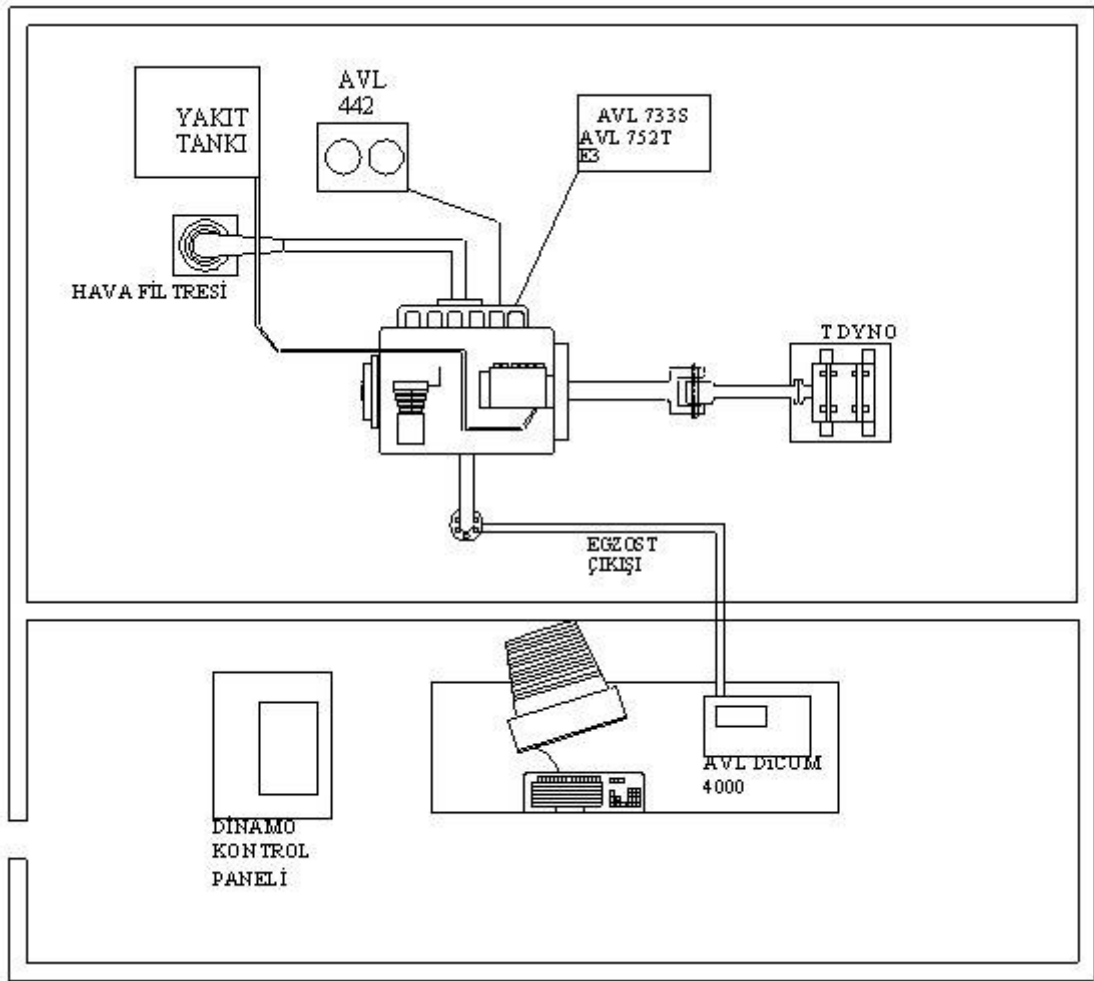
Faydalı yük : 5600 (kg)

Aks yükleri

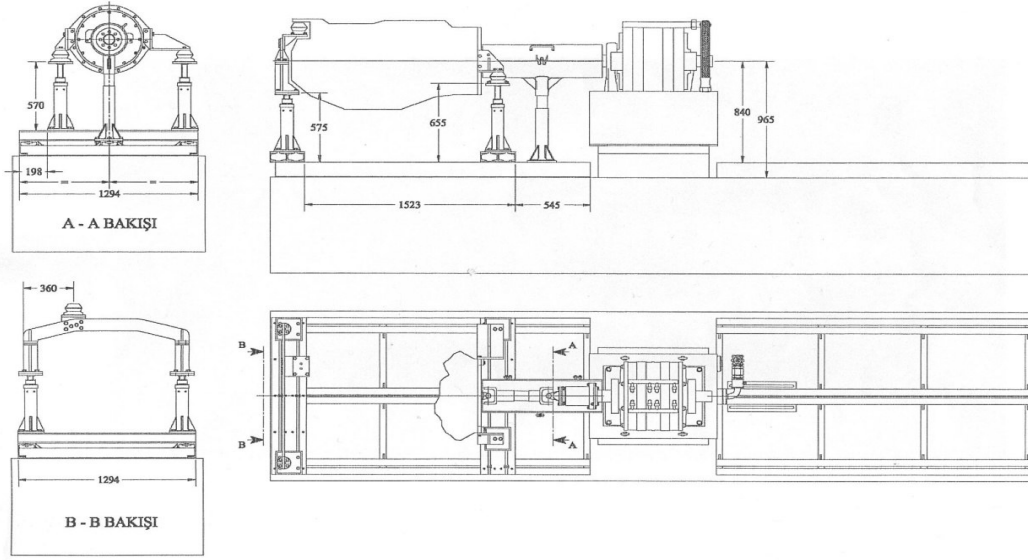
Ön	: 5900 (kg)
Arka	: 10000 (kg)
Yolcu kapasitesi	: 97+1 (kişi)
Vites kutusu	: C sepel ZF S6-9OU-049
Çevrim oranları	
1.Vites	: 7.03
2.Vites	: 4.09
3.Vites	: 2.70
4.Vites	: 1.84
5.Vites	: 1.40
6.Vites	: 1.00
Geri vites	: 6.48
Diferansiyel oranı	:5.75
Jant boyutları	: 8.00-20"
Lastik	: 11.00R-20 STC
Lastik basınçları	
Ön	: 7.25 (bar)
Arka	: 6.75 (bar)

7.2.4 Yükleme Seti

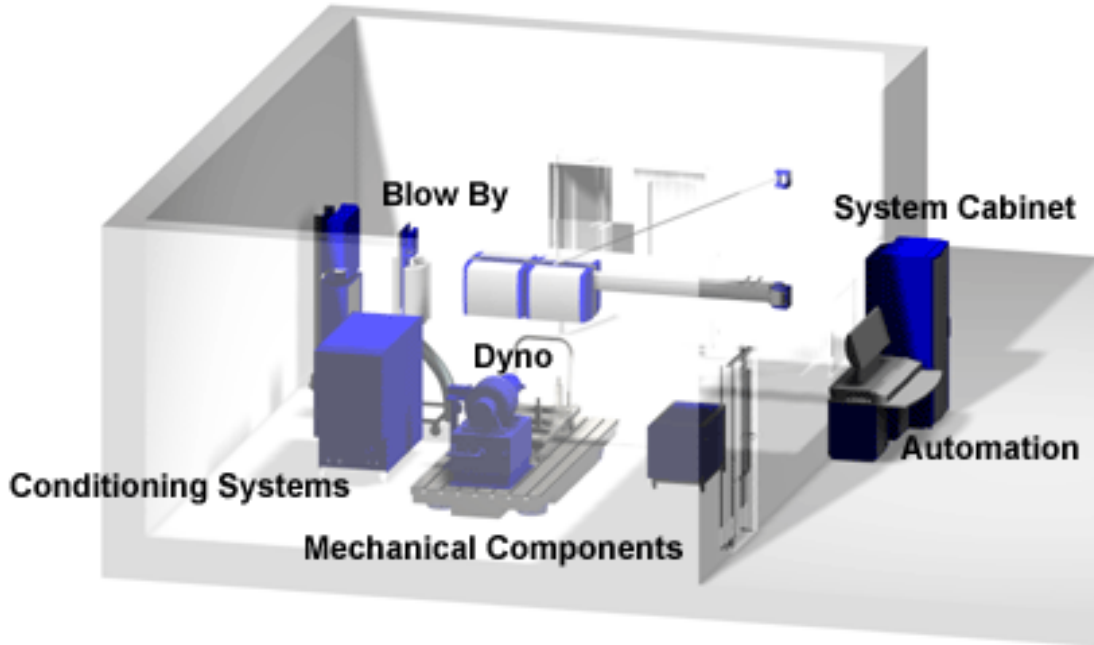
Deneyler İ.E.T.T. Genel Müdürlüğü'ne bağlı, İstanbul-İkitelli'deki Motor Yenileme Fabrikası bünyesindeki motor test laboratuvarında bulunan test düzeneklerinde yapılmıştır. Aşağıda test laboratuvarının basit şeması verilmiştir.



Şekil 7.2 Ölçümlerin Yapıldığı Test Laboratuvarının Basit Görünümü.



Şekil 7.3 Motor ile Dinamo Bağlantısının Görünümü.

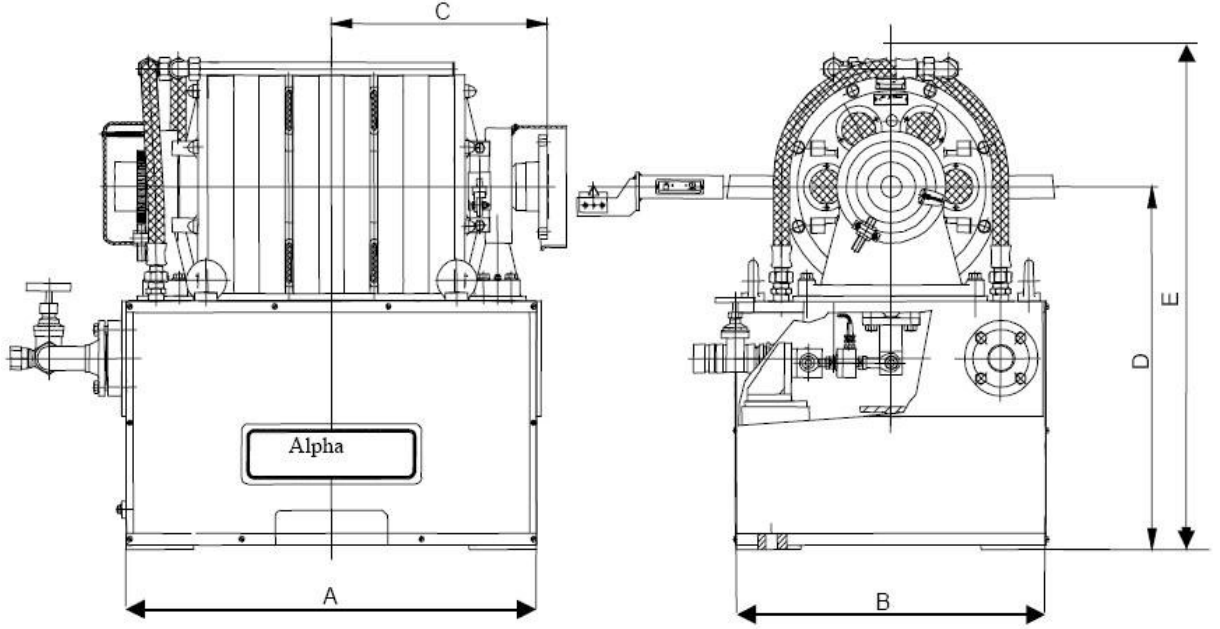


Şekil 7.4 Test Laboratuvarının Görünümü.

Dinamometre

Dinamometre markası AVL olup, alpha 350 serisidir. Eddy Current tabir edilen burgaçlı akıntı prensibine göre çalışan bir dinamometredir. Direk olarak bobinlere akıntı, gövde içerisinde manyetik alan oluşturur. Girdap akıntılarının manyetik alan çizgileri direk olarak harici alanın karşısındadır ve rotorda fren etkisi oluşturur. Tork, gerilme ayarı yük hücresi kullanılarak ölçülür. Dijital hız göstergesi ise açılmal hız ölçümü yapmak için kullanılır. Bu değerlerden test motorunun gücü hesaplanabilir.

Motorun ne kadar yükleneceği setin kontrol paneli EMCON 300 üzerinden ayarlanabilmektedir.



Şekil 7.5 Dinamometrenin Ölçekli Görünümü.

Aşağıda bazı teknik özellikleri listelenmiştir.

Yüksek tork ölçüm sistemi, tolerans (% + 0,2),

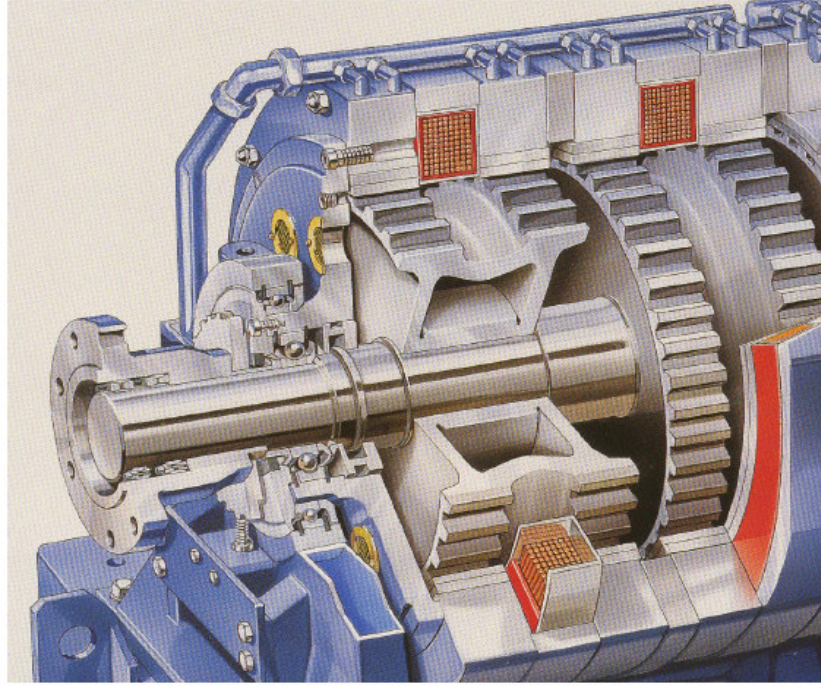
Dijital hız ölçümü, tolerans : + 1 rpm / + 1 dijital,

Hızlı yükleme için tam kontrol edilebilir güç ünitesi,

Düşük hızlarda yüksek tork,

İzin verilebilir yüksek yük birleşimleri,

Soğutma suyu akışını ve sıcaklığını izleyebilme,



Şekil 7.6 Dinamometre Kesit Görünümü.

Tip	: alpha 350
Mak. Güç (kW)	: 350 kW
Mak. Tork (Nm)	: 1500 Nm
Mak. Hız (rpm)	: 8000 – 10000 rpm
Atalet (J/kgm ²)	: 2,47 J/kgm ²
Ağırlık (kg)	: 1100 kg
Uzunluk (A) (mm)	: 930 mm

Genişlik (mm)	: 700 mm
C (mm)	: 423 mm
Şaft Yüksekliği (mm)	: 700 mm
Toplam Yükseklik (mm)	: 1000 mm

AVL 733 S Debi ölçer

Test düzeneğinde yakıt tüketiminin ölçümünde gravimetrik ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Sistem haznesinde 1600 ile 1800 gr arasında yakıt bulunduğu sürece ölçüm yapmakta ve kabarcık oluşumu ile borulardan kaynaklanan kayıpları bertaraf etmektedir. Yakıt tüketimi bu yolla tam olarak % 0,12'ye hataya kadar belirlenebilmektedir.

Sıcaklık algılayıcıları

Egzoz sıcaklığı : Termocouple tipi sıcaklık algılayıcısıdır. Egzoz borusu üzerinde konuşlandırılmıştır. Ölçüm aralığı 0-1000 °C'dir.

Motor su çıkış sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Motor su çıkışı ve eşanjör hattına bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Motor su giriş sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Eşanjör su çıkışı ile motor dönüş hattına bağlıdır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Motor yağ çıkış sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Motor yağ çıkışı ile eşanjör hattına bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Motor yağ giriş sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Yağ eşanjörü yağ çıkışı ile motor dönüş hattına bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Motor yakıt çıkış sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Motor ile yakıt eşanjör giriş hattına bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Motor yakıt giriş sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Yakıt eşanjörü ile yakıt motora dönüş hattına bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Emme hava sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Hava filtresi üzerine bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Turbo hava çıkış sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Emme manifoldu üzerine bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Dinamometre su çıkış sıcaklığı: Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Su tankı sıcak hattı üzerine bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Dinamometre su giriş sıcaklığı : Rezistanslı termometre tipi algılayıcıdır. Su tankı soğuk hat üzerine bağlanmıştır. 0-200 °C ölçüm aralığına sahiptir.

Atmosfer sıcaklığı : Test odası ortam sıcaklığı ölçümü için kullanılmıştır.

Basınç algılayıcıları

Hemen hepsi strain gauge (strengaç) tipi basınç algılayıcılarıdır.

Yağ basıncı : Ölçüm noktası motor ana galerisi olup 0-10 bar ölçüm aralığına sahiptir. Sinyal çıkış aralığı 4-20 mA 'dir.

Turbo basıncı : Ölçüm noktası emme manifoldu olup 0-2 bar ölçüm aralığına sahiptir. Sinyal çıkış aralığı 4-20 mA 'dir.

Yakıt basıncı : Ölçüm noktası yakıt emme hattı olup 0-500 bar ölçüm aralığına sahiptir. Sinyal çıkış aralığı 4-20 mA 'dir.

Atmosfer basıncı : Tesis içinde konuşlandırılmıştır, 0,8-1,2 bar ölçüm aralığına sahiptir.

Bağıl nem algılayıcısı

Test odası nem oranını ölçmek için kullanılmıştır. % 40-95 RH ölçüm aralığına sahiptir. Sinyal çıkış aralığı 4-20 mA 'dir.

7.3 Simülasyon

Taşıtın sanal ortamda çalıştırılması için, belirlenen güzergâh üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ve bir saniye aralıklarla taşıtın güzergâh üzerindeki hız-zaman profilini de içeren veri dosyaları kullanılmıştır. Bu dosyalar hız ve zamana ait bilgiler yanı sıra, araçtaki yolcu sayısı ve aracın kullandığı vites kademesine ait bilgileri de içermektedir. Dosyalardaki bilgilere ait açıklama tablo halinde verilmiştir.

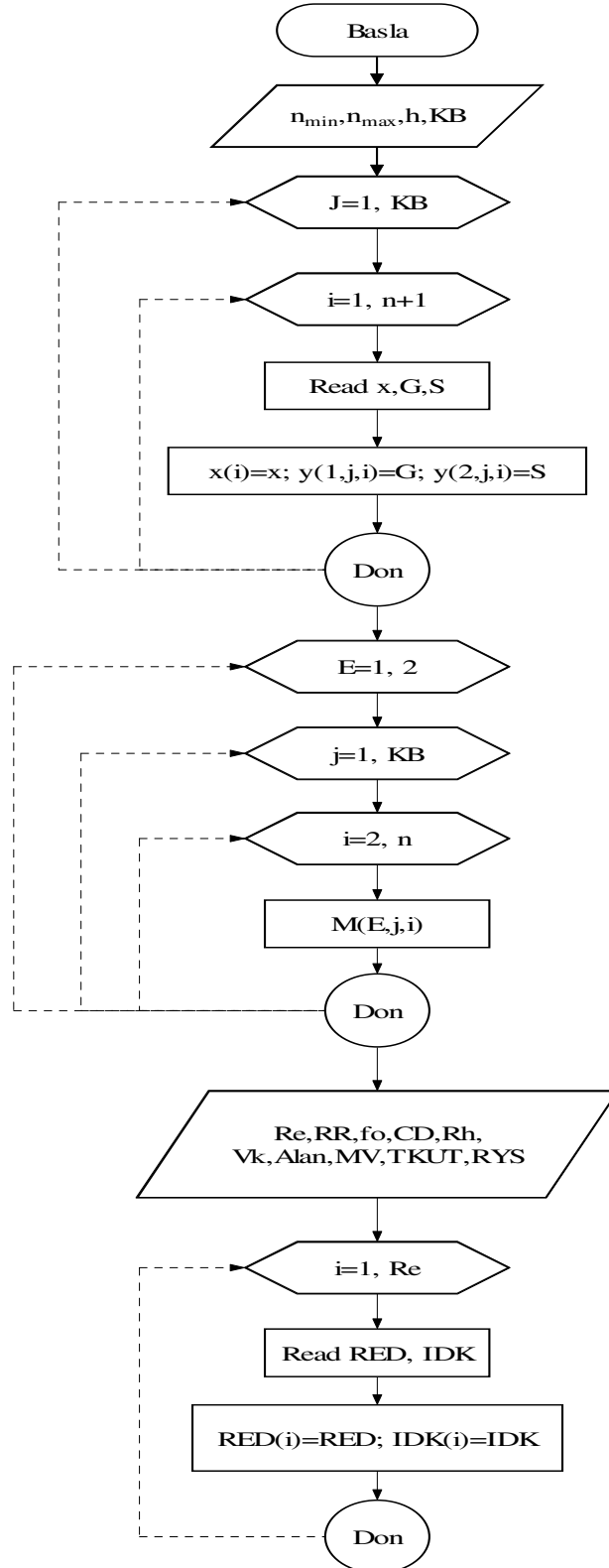
Çizelge 7.4Data dosyalarından kaydedilen büyüklükler ve birimleri

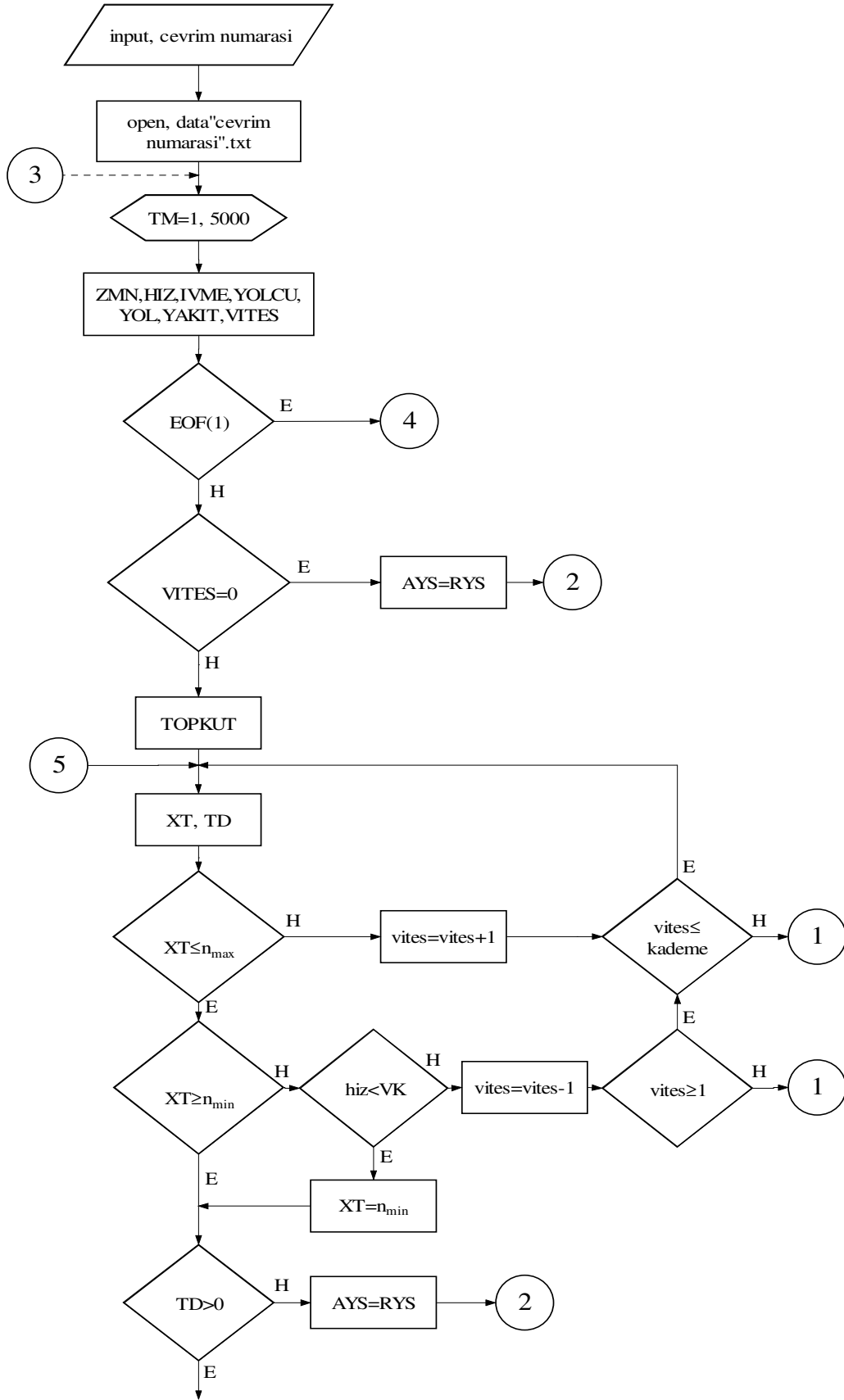
Süre	Yol	Hız	İvme	Yolcu	Yakıt	Vites
(s)	(m)	(m/s)	(m/s ²)	(kişi)	(cm ³)	(kademe)

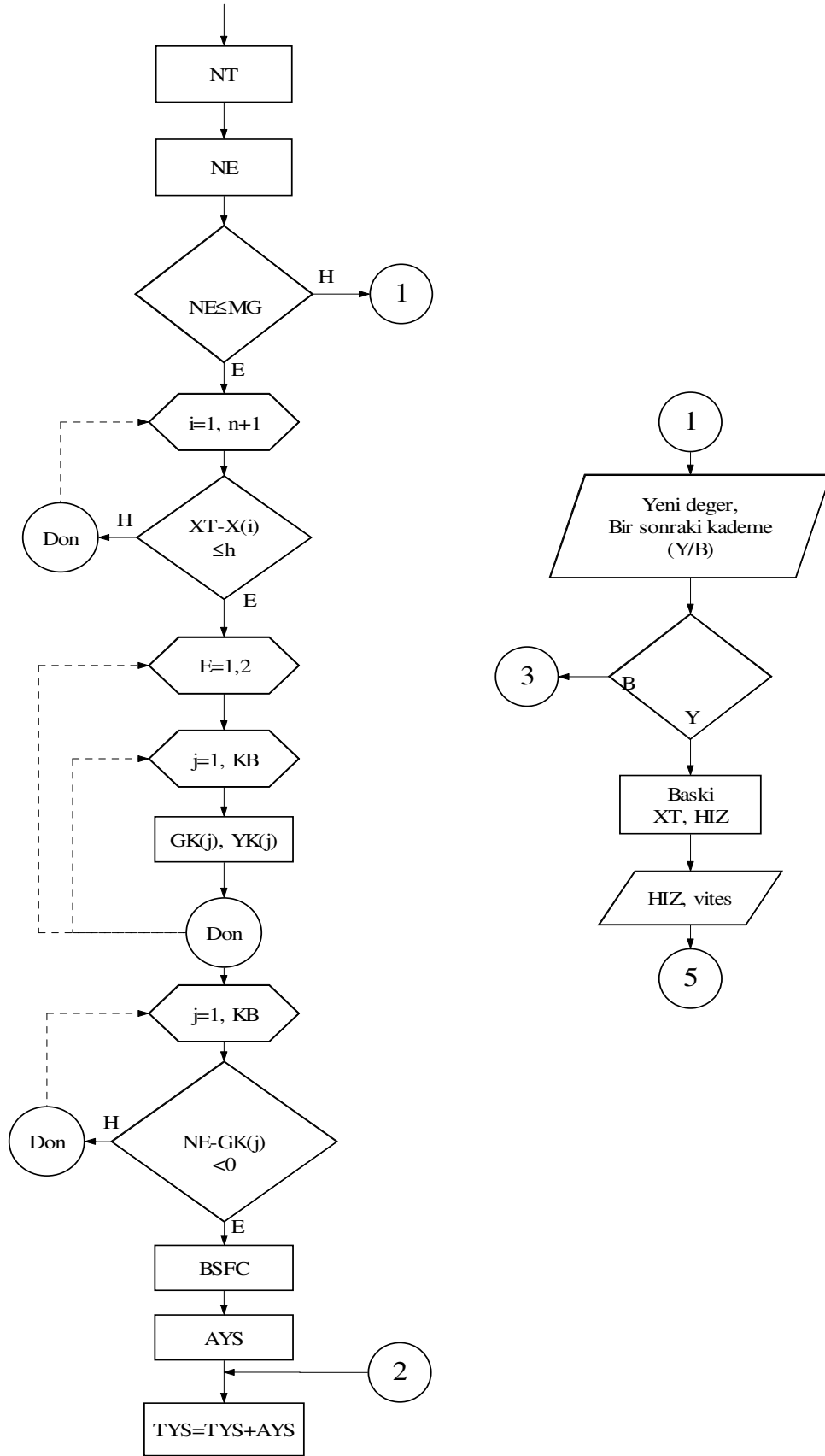
7.3.1 Program Akış Diyagramı

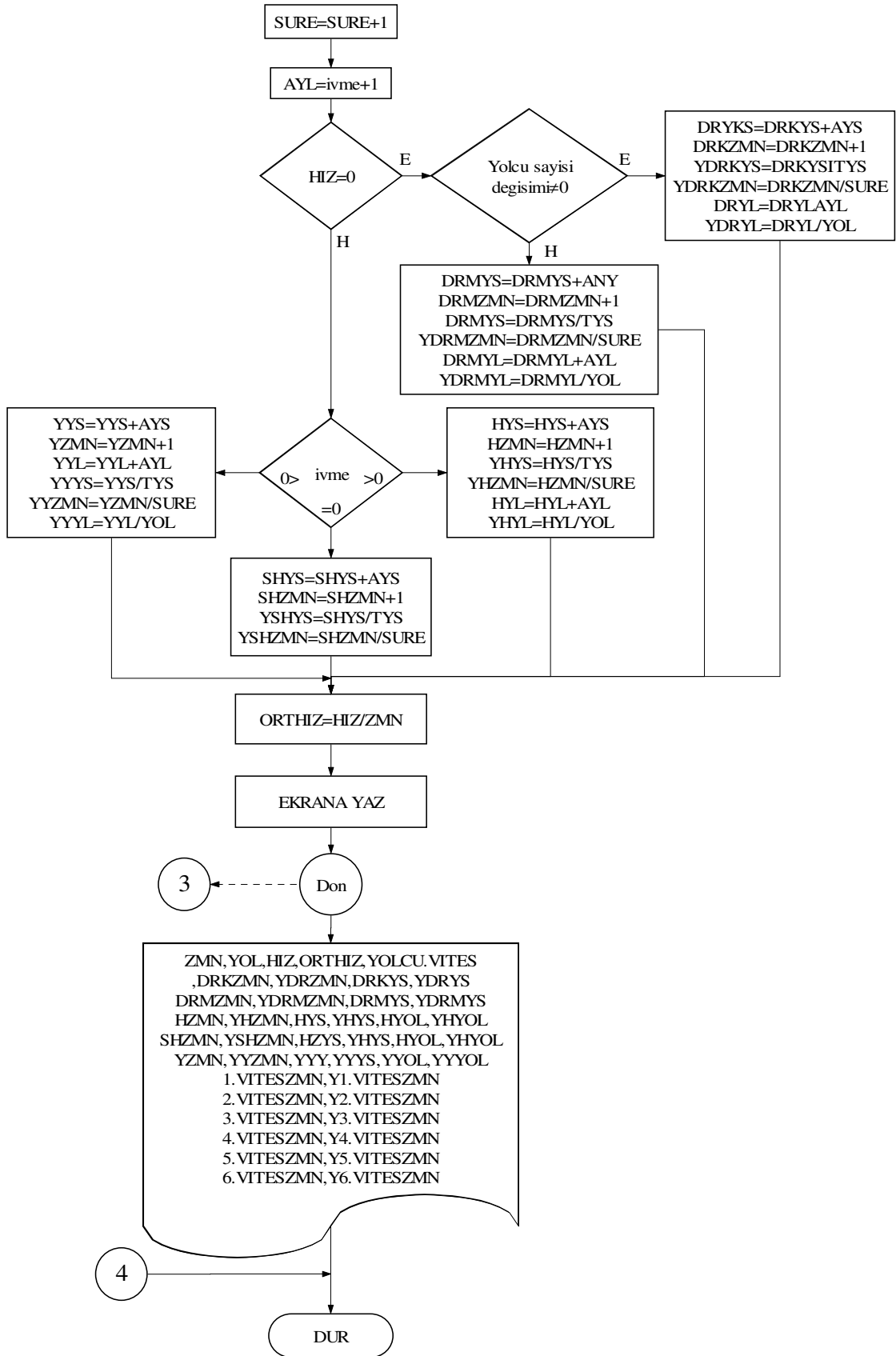
Çalışmada kullanılan bilgisayar programının akış diyagramı aşağıdaki gibidir.

Şekil 7.7 Program Akış Diyagramı









7.3.2 Çalışmada Kullanılan Program Girdileri

Bu bölümde çalışmada kullanılan eşitlikler ve bu eşitliklerde yer alan sabit değerler ile değişkenlere ait bilgiler verilmiştir. Çalışmanın biodizel yakıtını kapsayan kısımları için motor deneylerinden elde edilen veriler programa entegre edilmiş ve diğer tüm özellikler sabit kabul edilmiştir.

Çizelge 7.5 20 nolu seferin ilk 31 saniyesine ait örnek veriler.

Süre (s)	Yol (m)	Hız (m/s)	İvme (m/s ²)	Yolcu (kişi)	Yakıt (cm ³)	Vites (kademe)
0	0	0	0	38	0	0
1	0	0	0	38	0	0
2	0	0	0	38	0	0
3	0	0	0	38	0	0
4	0	0	0	38	0	0
5	0	0	0	38	3	0
6	0	0	0	38	3	0
7	0	0	0	38	3	0
8	0	0	0	38	6	0
9	0	0	0	38	6	0
10	0	0	0	38	6	0
11	0.1	1	0.3	38	9	2
12	0.5	2.1	0.3	38	9	2
13	1.2	2.6	0.1	38	9	2
14	1.8	2.1	-0.1	38	9	2
15	2.3	1.6	-0.2	38	9	2
16	2.6	1.2	-0.1	38	12	2
17	3	1.7	0.1	38	12	2
18	3.6	2.6	0.2	38	12	2
19	4.4	2.7	0	38	12	2
20	5.2	2.9	0	38	15	2
21	5.9	2.3	-0.1	38	15	2
22	6.5	2.1	-0.1	38	15	2
23	7.	1.9	-0.1	38	15	2
24	7.7	2.7	0.2	38	15	2
25	8.5	3	0.1	38	15	2
26	9.3	2.8	0	38	18	2
27	10.1	2.7	0	38	18	2
28	10.8	2.7	0	38	18	2
29	11.7	4.1	0.4	38	18	2
30	13.2	5.8	0.5	38	18	2
31	15	7.5	0.5	38	18	2

7.3.3 Program Çıktıları

Taşıtın seyir şartları,

1-Durma

a) Durakta

b) Trafikte

2-Hızlanma

3-Sabit Hız

4-Yavaşlama

olarak dört grupta toplanmıştır.

Seyir esnasında tüketilen yakıt, alınana yol ve geçen süre bu grupta dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Her bir seyir grubu için sonuçlar gerek birimleri ile gerekse yüzde olarak programdan alınmıştır.

8. SEYİR ÇEVİRİMLERİ

8.1 Güzergah Özellikleri

8.1.1 Güzergâh Özellikleri

Ölçümler Üç şehitler-Eminönü semtleri arasında yapılmıştır. Üç şehitler, genelde yerleşim amaçlı kullanılan bir semttir. Eminönü, iş merkezi olmakla birlikte şehrin diğer noktalarına ulaşmak için kullanılan merkezlerdendir. Üç şehitler-Eminönü yolu 7.5 (km) uzunluğunda olup 14 durak bulunmaktadır. Eminönü-Üç şehitler yolu 6,3 (km) uzunluğundadır ve 10 durak bulunmaktadır. Güzergâh, kıyı şeridini izlemektedir ve genelde düzdür. Zemin kaplaması asfalttır. Eminönü-Üç şehitler istikametinde, 335., 1515., 1770., 1900., 2280., 2800., 3280., 3811., 4130., 5080., metrelerde trafik ışıkları bulunmaktadır.

8.1.2 Durak Mesafeleri

Çizelge 8.1 Eminönü-Üç şehitler güzergâhındaki duraklar ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları.

No	Durak Adı	Mesafe (m)
	Eminönü	0
1	Unkapanı	1090
2	Ayakapı	1900
3	Fener	2290
4	Balat	2860
5	Ayvansaray	3650
6	Defterdar	4306
7	K.Mescid Camii	4894
8	Eyüp	5224
9	Tahta Minare	5580
10	İslam Bey	5750
11	Üç şehitler	6300

Çizelge 8.2 Üç şehitler-Eminönü güzergâhındaki duraklar ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları.

No	Durak Adı	Mesafe (m)
	Üç şehitler	0
1	İslam bey	510
2	Tahta Minare	740
3	Eyüp Stadı	1073
4	K.Mescid Camii	1444
5	Defterdar	1970
6	Ayvansaray	2574
7	Balat	3240
8	Köprübaşı	3470
9	Fener	3918
10	Ayakapı	4510
11	Unkapanı	5087
12	Azapkapı	6200
13	Perşembe Pazarı	6350
14	Karaköy	6815
15	Eminönü	7587

Çizelge 8.3 Sefer başlama saatlerine göre seferlerin numaralandırılması.

Üç Şehitler - Eminönü	
Sefer başlama saati	Sefer No
07:45	1
08:55	3
10:00	5
11:00	7
12:00	9
13:10	11
14:40	13
16:00	15
17:45	17
18:55	19
19:55	21
20:55	23

Çizelge 8.4 Eminönü - Üç Şehitler yönünde sefer başlama saatlerine göre seferlerin numaralandırılması.

Eminönü - Üç Şehitler	
Sefer başlama saati	Sefer No
08:20	2
09:30	4
10:30	6
11:30	8
12:35	10
13:45	12
15:15	14
16:40	16
18:20	18
19:25	20
20:25	22
21:25	24

Çizelge 8.5 Ölçülen değerler ve birimleri.

Ölçülen Büyüklük	Birim
Zaman	(s)
Yol	(m)
Hız	(km/h)
İvme	(m/s ²)
Yakıt tüketimi	(l)
Yolcu sayısı	(kişi)
Vites kademesi	-

Çizelge 8.6 Hızlanma Konumunda Maksimum ve Ortalama İvmeler

Sefer No:	Max(m/s ²)	Ort(m/s ²)
1	1,3	0,447
2	1,6	0,483
4	1,3	0,341
6	1,5	0,463
7	1,4	0,46
8	1,5	0,473
9	1,4	0,447
10	1,5	0,492
11	1,4	0,413
12	1,5	0,511
13	1,5	0,505
14	1,5	0,497
15	1,6	0,47
16	1,4	0,466
17	1,5	0,452
18	1,4	0,404
19	1,5	0,448
20	1,5	0,475
21	1,5	0,486
22	1,6	0,613
23	1,6	0,533
24	1,6	0,558

9. MOTOR DENEYLERİ

Çalışmalarda motor devri, minimum 800 d/d dan 100 d/d lık artışlar ile sırasıyla 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000 ve maksimum 2200 d/d da değiştirilmiştir. Deneylede değiştirilen gaz kolu pozisyonları sırası ile 10-25-50 KW güç adımlarından sonra 25 KW lık güç artışlarıyla sonuçlar alınmaya çalışılmış ve çıkılabilen güce göre her devirde tam gaz pozisyonları için ölçümler yapılmıştır.

Motorun püskürtme avansı ve basıncında yakıt farklılıklarına göre herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu sayede modifikasyonsuz bir motorda biodiesel kullanılması durumunda oluşabilecek sonuçlara yaklaşıması amaçlanmıştır.

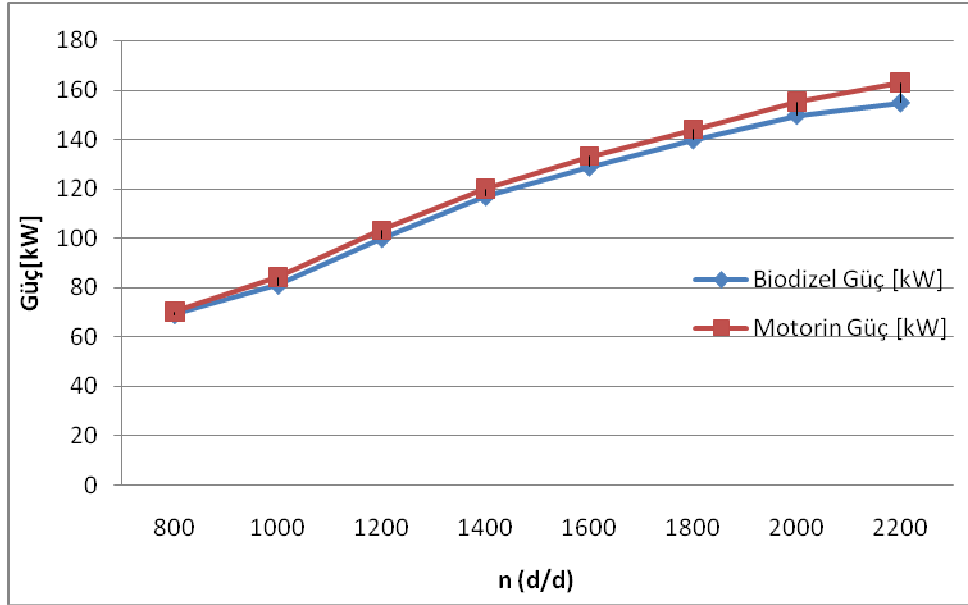
Her iki yakıt için de motor rejim sıcaklığına (~65°C) ulaştıktan sonra ölçümlere başlanmıştır. Diesel yakıtı ile yapılan deneylerde ilk değerler 800d/d motor hızı için alınmış ve daha sonrasında 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000 ve 2200d/d motor hızları için tekrarlanmıştır. Motorun yükü kontrol paneli üzerinden ayarlanmıştır.

Değerlerin alınmasından önce motorun belirlenen motor hızlarında kararlı olarak kalabilmesine dikkat edilmiştir. Ölçümler yapılırken kontrol panelinden alınan değerler bilgisayar tarafından toplanmış ve kaydedilmiştir. Daha sonrasında yakıt tankı bağlantısı biodiesel tankı ile değiştirilmiş ve benzer işlemler tekrarlanmıştır.

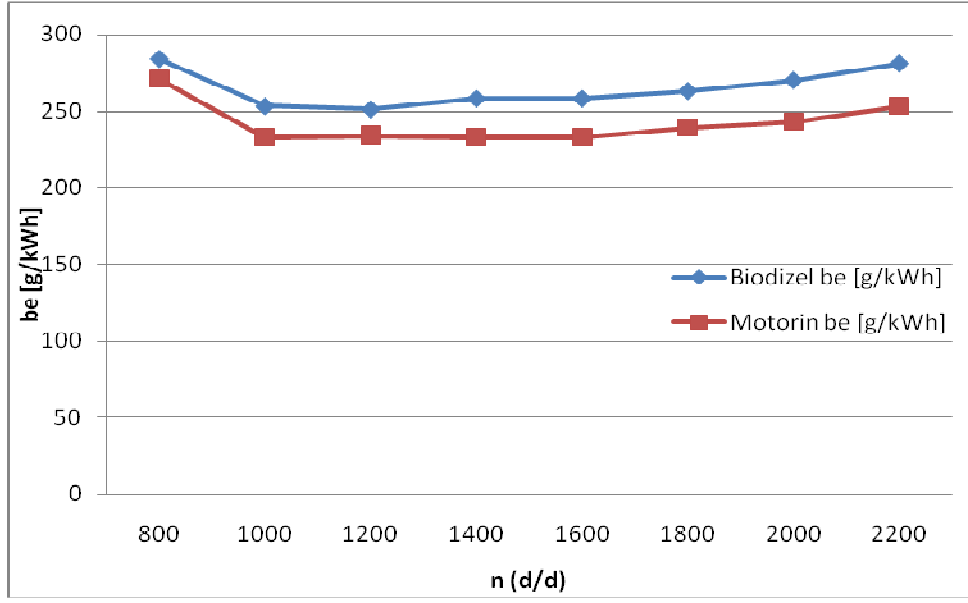
10. DENEYSEL SONUÇLAR

10.1 Performans Deneyleri

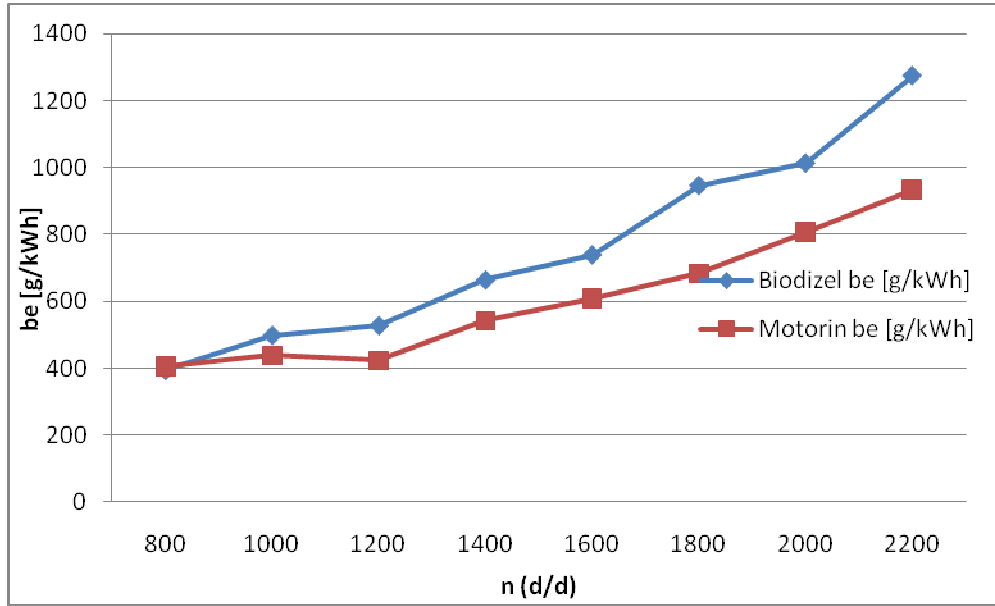
Yapılan deneylerde değişik motor gücü şartlarında, motor devrine bağlı olarak gerçekleşen özgül yakıt sarfiyatı diyagramına (motor haritası) ve işletme şartlarına bağlı olarak motor performansının gösterdiği değişimler gözlenmiştir. Hiçbir modifikasyon yapılmamış deney motorunda yakıt olarak biodiesel kullanılması durumunda motor gücünün ve torkunun klasik Diesel yakıtının ortaya koyduğu değerlere göre düştüğü görülmektedir.



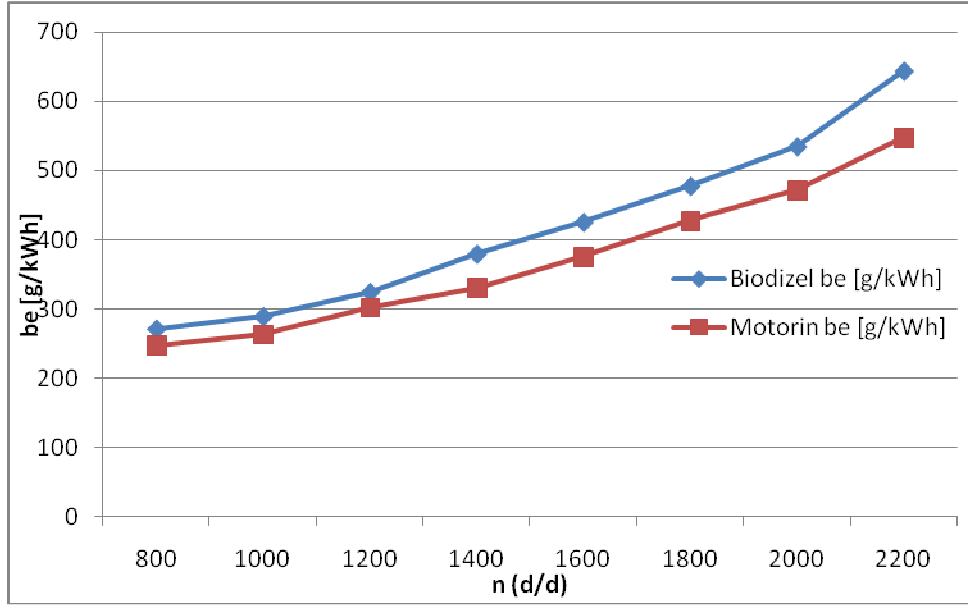
Şekil 10.1 Tam Gaz Pozisyonunda Motor Hızına Göre Güç Değişimi



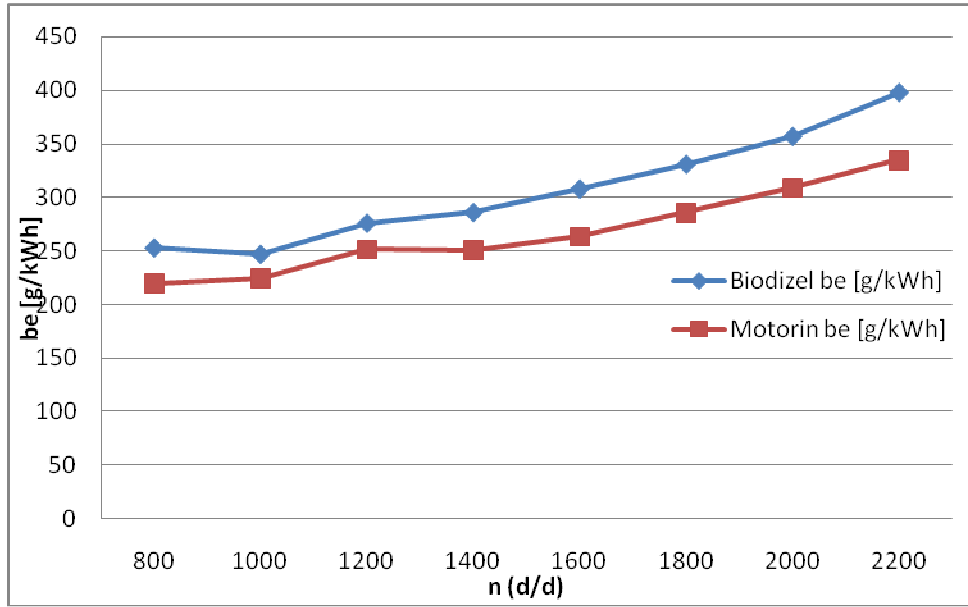
Şekil 10.2 Tam Gaz Pozisyonunda Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi



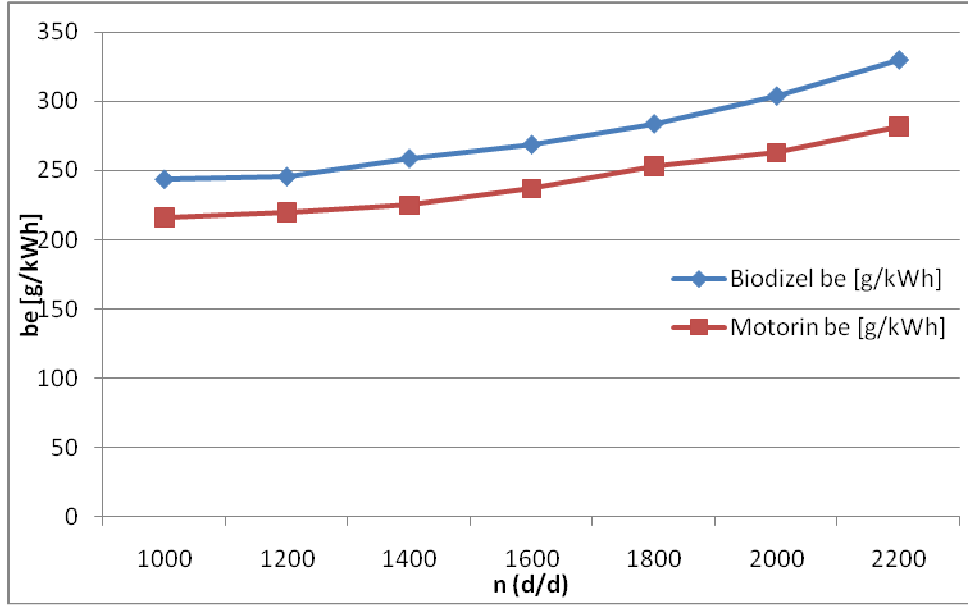
Şekil 10.3 10 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi



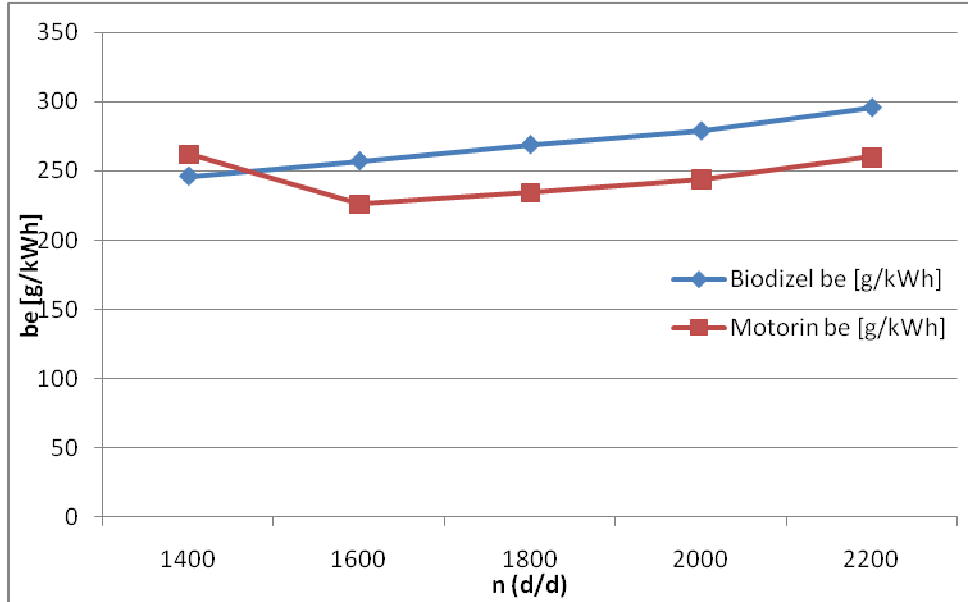
Şekil 10.4 25 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi



Şekil 10.5 50 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi



Şekil 10.6 75 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi



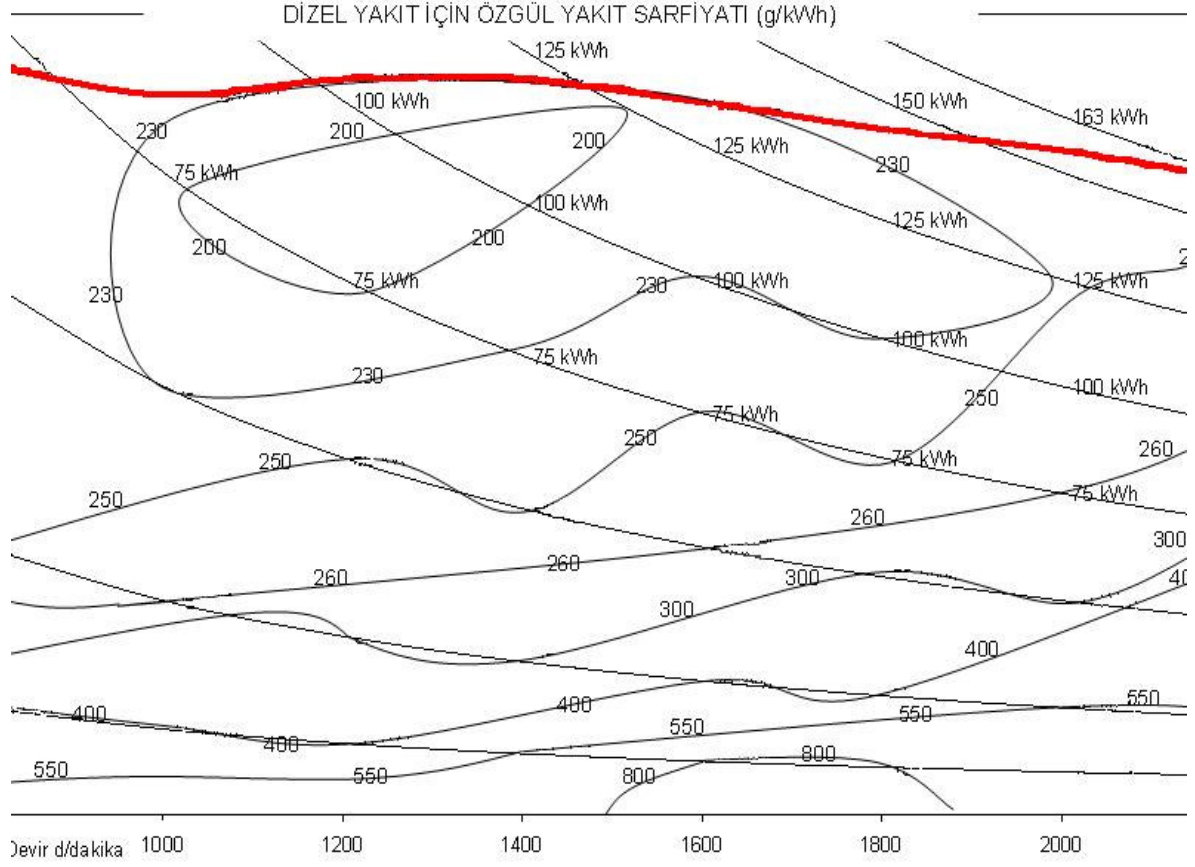
Şekil 10.7 100 kW Sabit Güç Altında Motor Hızına Göre Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi

Her iki yakıtın özgül yakıt tüketimleri karşılaştırıldığında biodieselin genelde daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Motorin ile çalıştırılan motorun farklı motor hızlarında oldukça kararlı bir özgül yakıt tüketimi karakteri sergilediği gözükmektedir.

Sonuçlardan da görüleceği gibi biodiesel motorine oranla motor gücünde ve torkunda bir miktar düşüşe neden olmuştur. Bunun sebebi biodieselin alt ısı değerinin motorine oranla yaklaşık %12 düşük oluşu olarak gösterilebilir. Bununla beraber biodieselin özgül ağırlığı daha yüksek olduğundan birim hacimdeki enerji düşüşü yaklaşık olarak %5'dir (Agarwal ,2006).

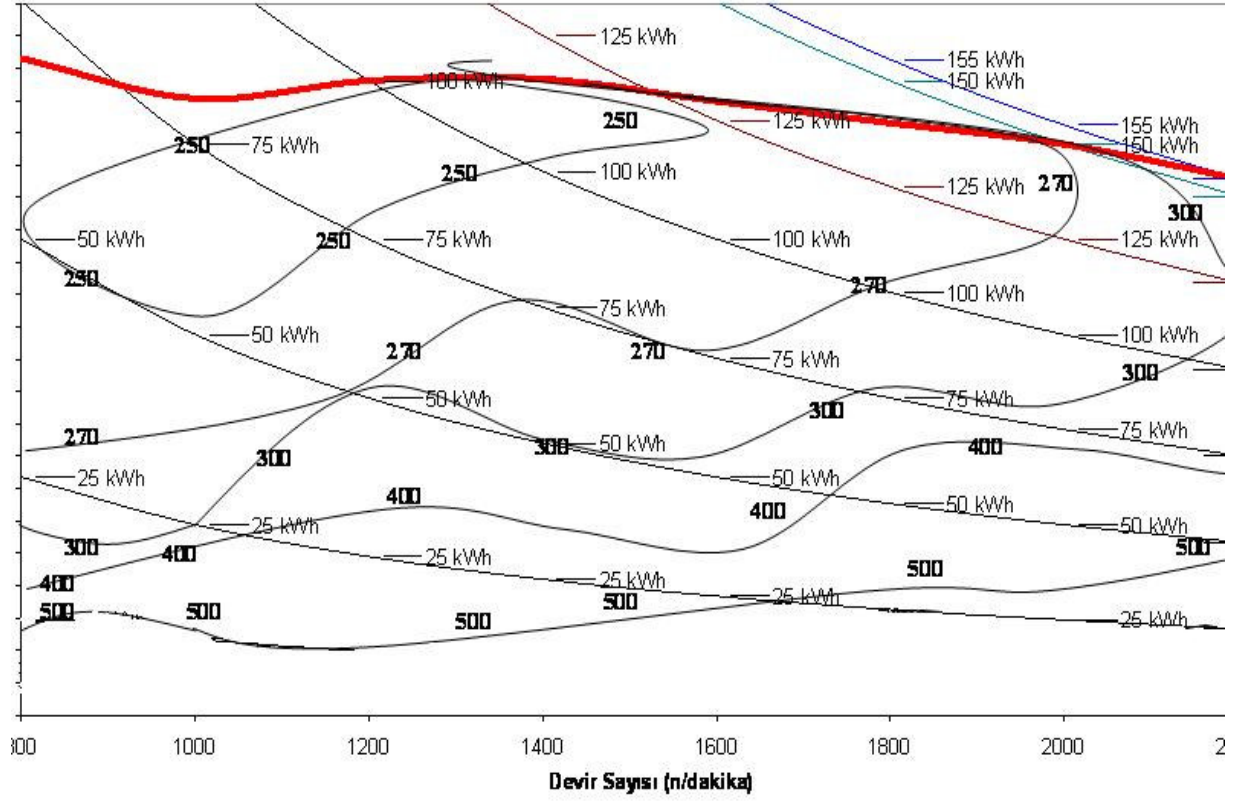
Tam yük şartında motor performansı açısından bakıldığında deneysel sonuçların grafiksel düzenlemelerinden de görüldüğü gibi biodizel kullanılması ile motor gücünde motorin yakıtından %3,2 kadar daha düşük, özgül yakıt tüketiminde ise ortalama %9,2 kadar daha fazla yakıt tüketildiği görülmektedir. Diğer bir yandan biyodiesel yakıtının daha yoğun olması performans düşüş miktarını azaltmıştır.

Sırası ile 10, 25, 50, 75, 100 kW'lık ara kademe ölçümlerinde ise grafiksel karşılaştırmalardan da görüldüğü gibi biodiesel yakıtı için özgül yakıt tüketimi motorine artış göstermiştir. Bu yükleme durumlarında biodizel yakıtı için özgül yakıt tüketimi ortalama %15 daha fazladır. Bu durum simülasyon çalışması sonuçlarında da görüleceği gibi motorlarda sürüş karakteristiğinin yakıt tüketimi üzerindeki önemini göstermektedir. Sonuç olarak yakıt ekonomisi için motor üzerindeki yükleme durumuna göre en uygun hız kademesinin seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 10.8 Yakıt Olarak Motorin Kullanımıyla Elde Edilen Motor Haritası

Biodiesel İçin Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)



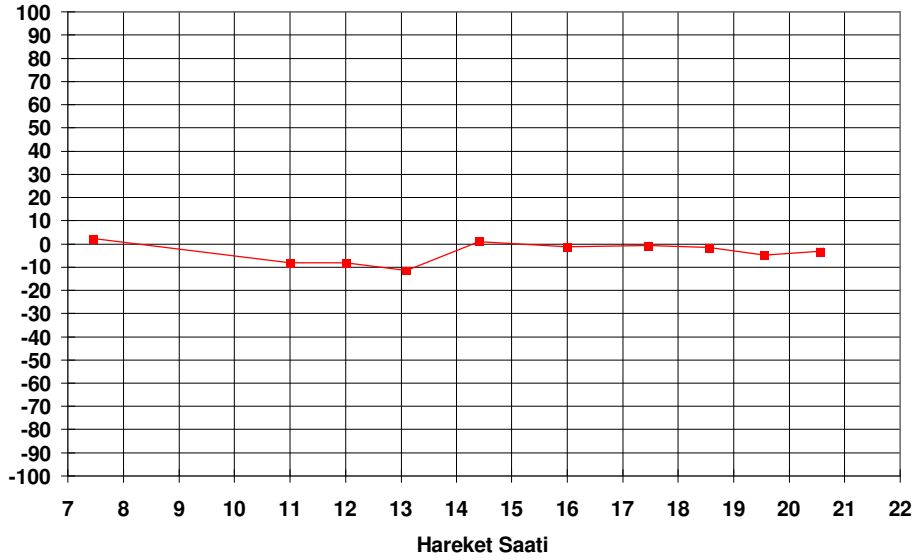
Şekil 10.9 Yakıt Olarak Biodiesel Kullanımıyla Elde Edilen Motor Haritası

11.SİMÜLASYON SONUÇLARININ ANALİZİ

Motorlu taşıtlarda ekonomiklik kriteri belirli bir mesafeyi kat etmek için tüketilen yakıt miktarıdır. Bu tanımdan yola çıkarak aracın belirli mesafeyi kat etmesi esnasındaki kinematiğini ve tükettiği yakıt miktarını ayrı ayrı ele almakta yarar vardır.

Araç ağırlığının, güzergâh ve taşıtın teknik özelliklerin seyir esnasında değiştirilemeyeceği düşünüldüğünde, hız-zaman değişimi ve güzergâhın fiziksel özellikleri motordan çekilecek gücü, aktarma organları motorun çalışma bölgesini ve tüketilen yakıt miktarını belirleyen faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır.

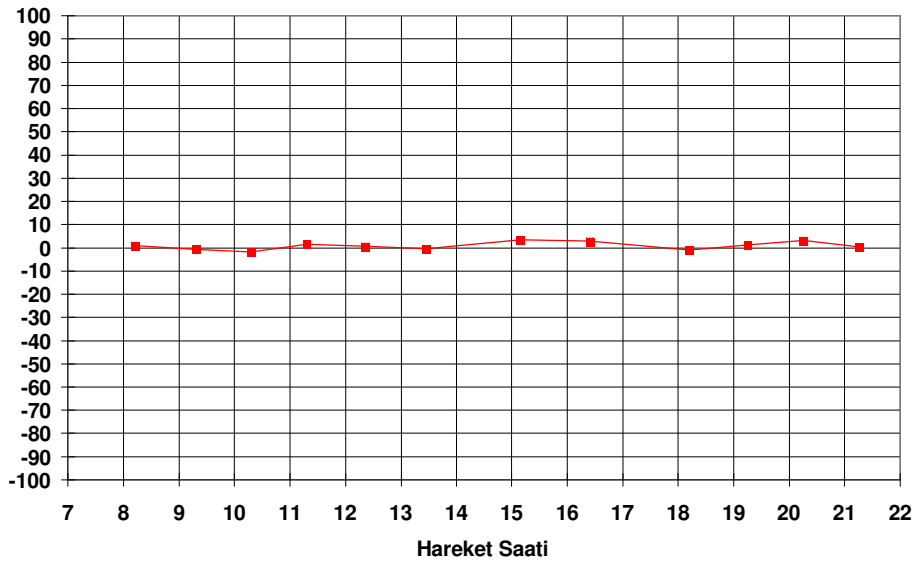
Diğer önemli bir faktör ise sürücü davranışlarıdır. Sürücü davranışları ifadesi, aracın iki durma noktası arasında hızlanma, seyir ve yavaşlama hareketlerinde sürücü tarafından tercih edilen kalkış ivmesini, üst seyir hızını, seyir hızındaki değişimleri ve yavaşlama ivmesi değerlerini içerir. Sürüş karakteristiği yakıt tüketimi üzerinde önemli bir rol oynar(Özkan,1997).



Şekil 11.1 Üç şehirler-Eminönü güzergâhı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri

Yakıt tüketiminin bilgisayar ortamında hesaplanmasının amacı, belirlenen güzergâhta yakıt tüketiminde etkili parametrelerin etki mertebelerinin belirlenmesi ve elde edilen bilgiler doğrultusunda yakıt tüketimini azaltıcı önlemlerin ve sonuçlarının sunulmasıdır. Bu amaçla hazırlanan programla, özellikleri bilinen taşıt, ölçümlerle elde edilen gerçek değerlerin oluşturduğu seyir çevrimi üzerine bilgisayar ortamında gerçekleştirmiş ve sonuçların ölçüm sonuçları uyumu kontrol edilmiştir(Özkan,1997).

Programın hata yüzdesi her iki seyir için şekil 11.1 ve şekil 11.2 de verilmiştir.



Şekil 11.2 Eminönü-Üç şehitler güzergâhı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri

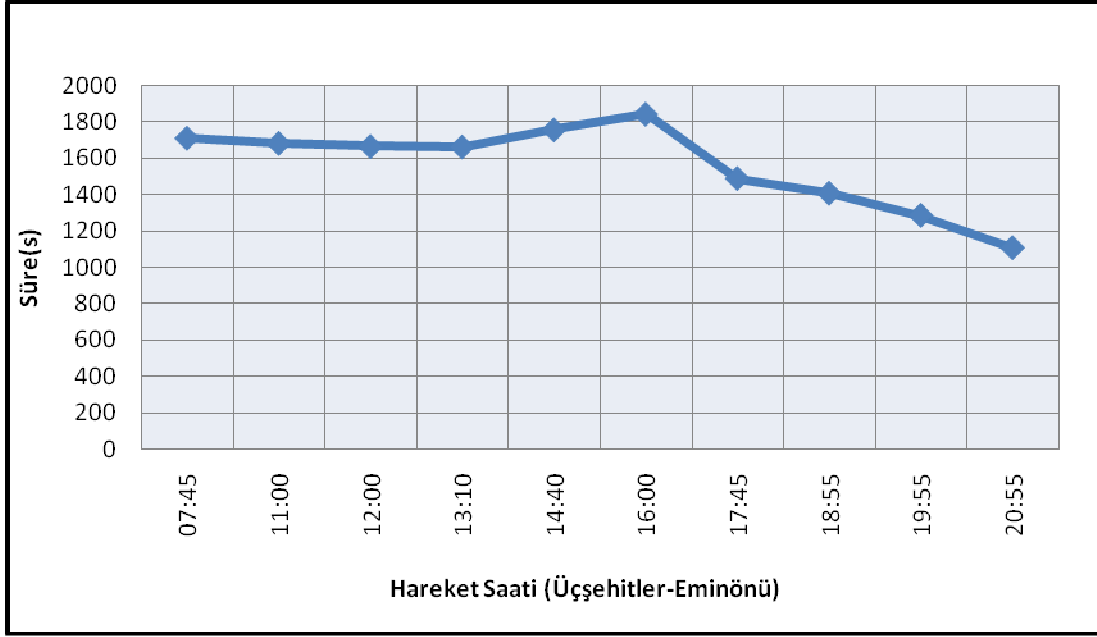
Programa girilen veriler ışığında programın çalıştırılması ile elde edilen simülasyonun sonucundan yararlanılarak, Üç Şehitler-Eminönü ve Eminönü-Üç Şehitler-Eminönü seferlerinde motorin ve biodizel yakıt kullanılması durumları için ayrı ayrı diyagramlar çizilmiştir. Bu diyagramlar:

- Hareket saati-Sefer süresi
- Hareket saati-Sefer süresinin durma, hızlanma, sabit hız ve yavaşlama şartlarına göre % dağılımları
- Hareket saati-Ortalama hız
- Hareket saati-Yakıt tüketimi
- Hareket saati-Yakıt tüketimi Motorin ve Biodizel Karşılaştırması

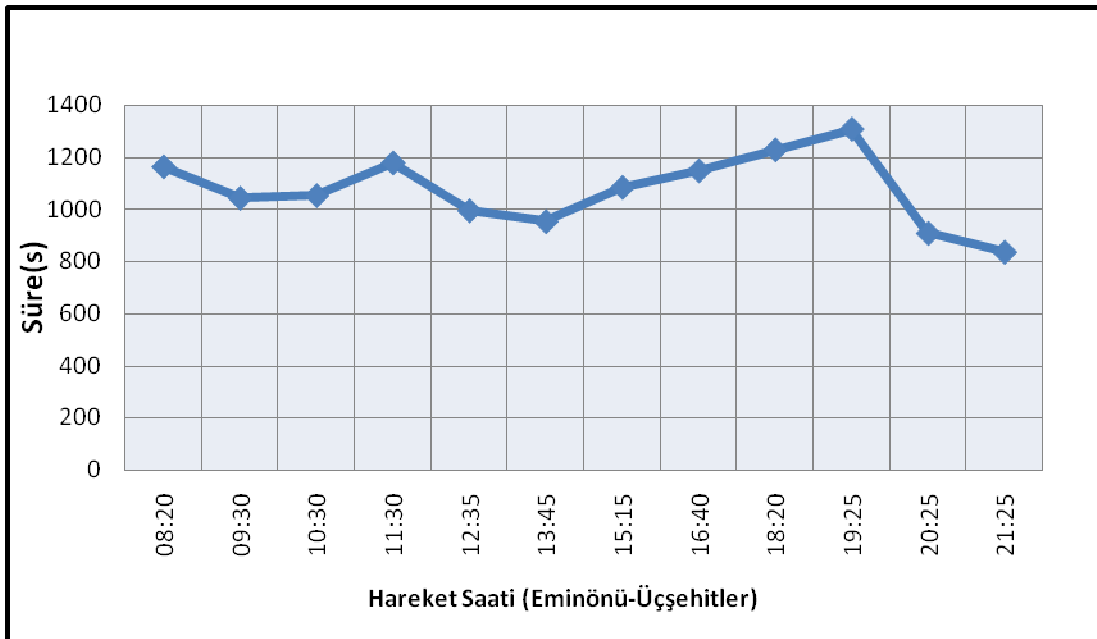
- Hareket saati-Yakıt tüketimi miktarının durma, hızlanma, sabit hız ve yavaşlama şartlarına göre dağılımı
- Hareket saati-Yakıt tüketiminin % olarak durma, hızlanma, sabit hız ve yavaşlama şartlarına göre dağılımı
- Hareket saati-Yakıt tüketimi miktarının dizel ve biodizel yakıtı için hızlanma konumuna göre karşılaştırması
- Hareket saati-Yakıt tüketimi miktarının dizel ve biodizel yakıtı için sabit hız konumuna göre karşılaştırması
- Hareket saati-Yakıt tüketimi miktarının dizel ve biodizel yakıtı için yavaşlama konumuna göre karşılaştırması
- Ortalama hız-Yakıt tüketimi
- Ortalama hız-Yakıt tüketiminin motorin ve biodizel için karşılaştırılması

diyagramlarıdır. Aşağıda bu diyagramlar ışığı altında, ölçülen değerlerin değerlendirmesine yer verilmiştir.

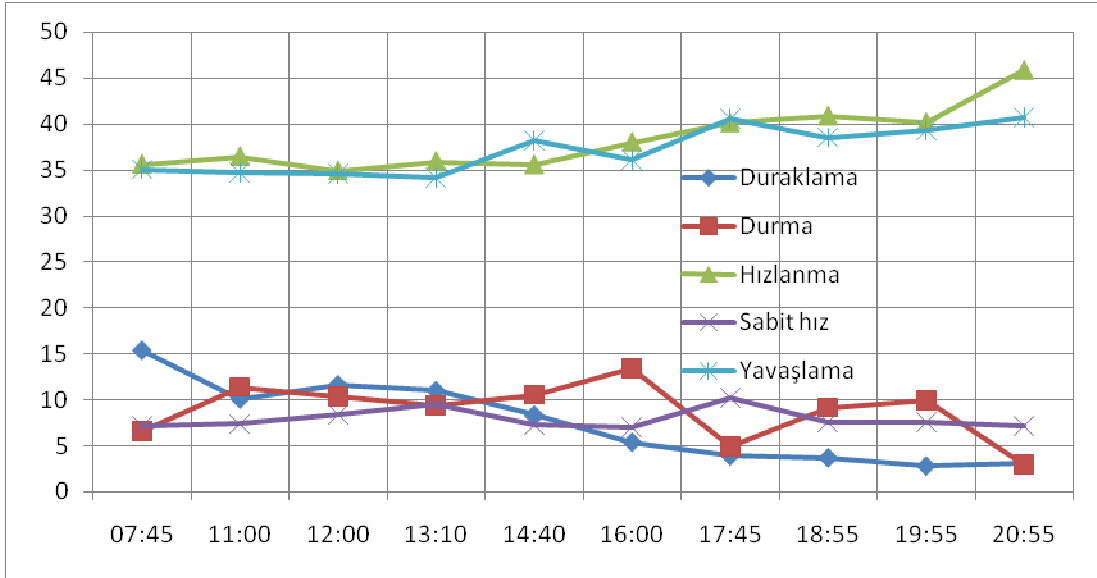
Aracın durma sürelerinin toplamı ortalama hızı olumsuz etkilemektedir. Ortalama hızın düştüğü seferlerde, Taşıtın durduğu anlarda tükettiği yakıtın yüzdesi ve miktarı artmaktadır. Durak zamanı inen-binen yolcu sayısı ve otobüste bulunan toplam yolcu sayısından etkilenirken, trafik nedeni ile durma zamanı, trafik ışıkları ve yoldaki akış rejiminden etkilenmektedir. Özellikle yolun iki taraftan daraldığı bölgelerde seyir hızı düşmekte, bu bölgeden geçiş sonrasında aracı seyir hızı trafiğin açılması nedeni ile artmaktadır. Yapılan ölçümlerde durak süreleri, en fazla 262 (s) ile 01 nolu seferde oluşmuştur. Bu sefer için durak süresinin toplam sefer süresine oranı %15.32 ye ulaşmıştır. Sefer süresinin artmasının yakıt tüketimini artırıcı yönde etkisinin nedenleri, aracın durduğu anlarda tükettiği yakıt ve hızlanma esnasında ivme direnci nedeniyle oluşan fazla yakıt tüketimidir. Bir sefer boyunca, hızlanma anlarında tüketilen yakıt miktarı taşıtın durduğu sürede tükettiği yakıt miktarından önemli oranda büyüktür(Özkan,1997).



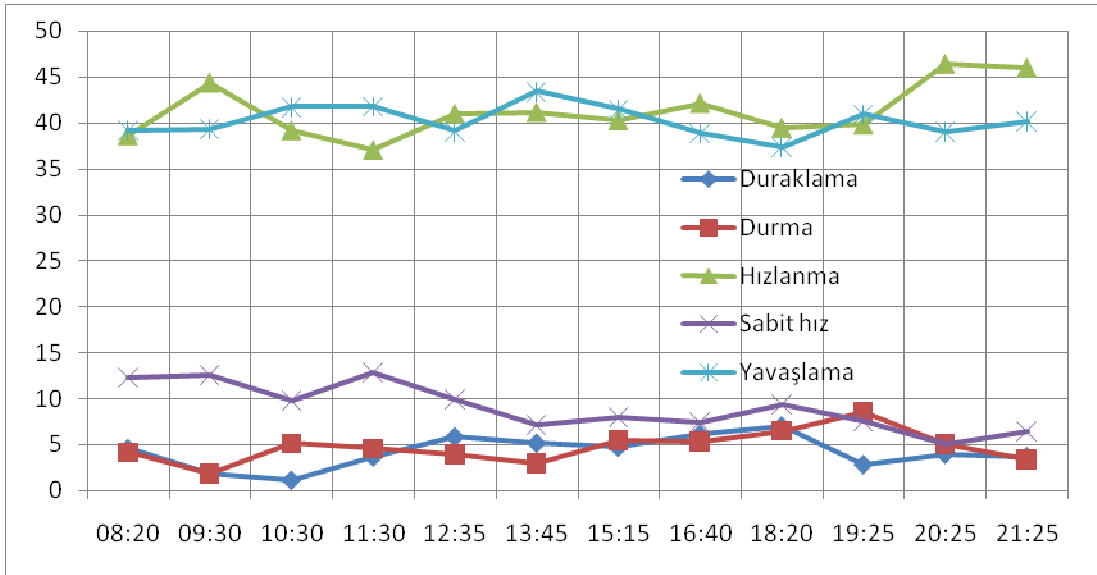
Şekil 11.3 Üç şehitler-Eminönü güzergahı, hareket saatlerine göre sefer süresi.



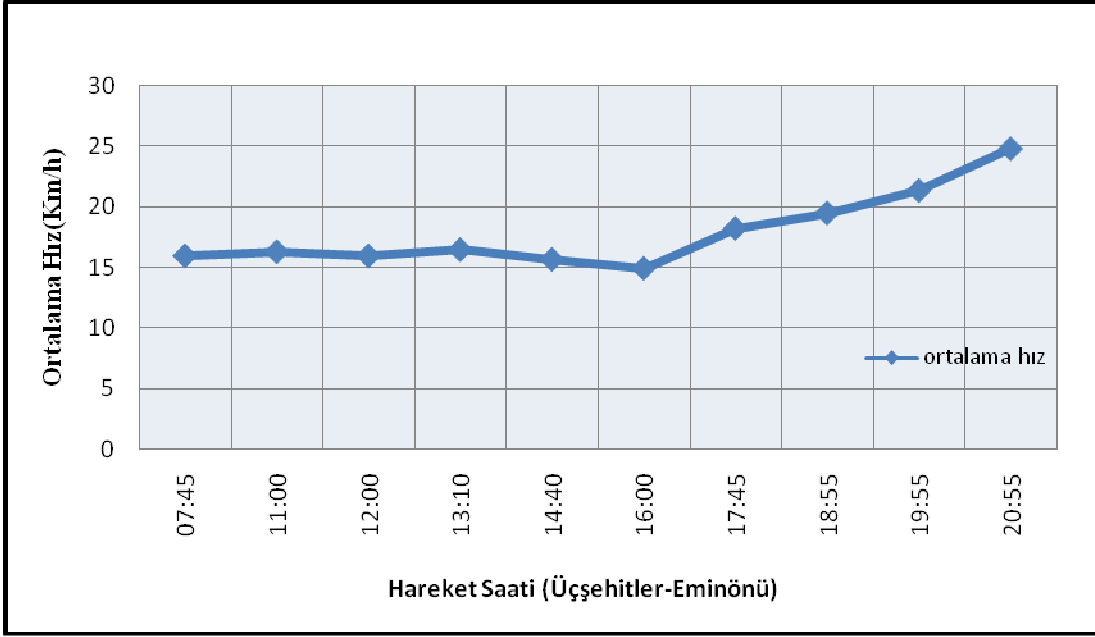
Şekil 11.4 Eminönü -Üç şehitler güzergahı, hareket saatlerine göre sefer süresi.



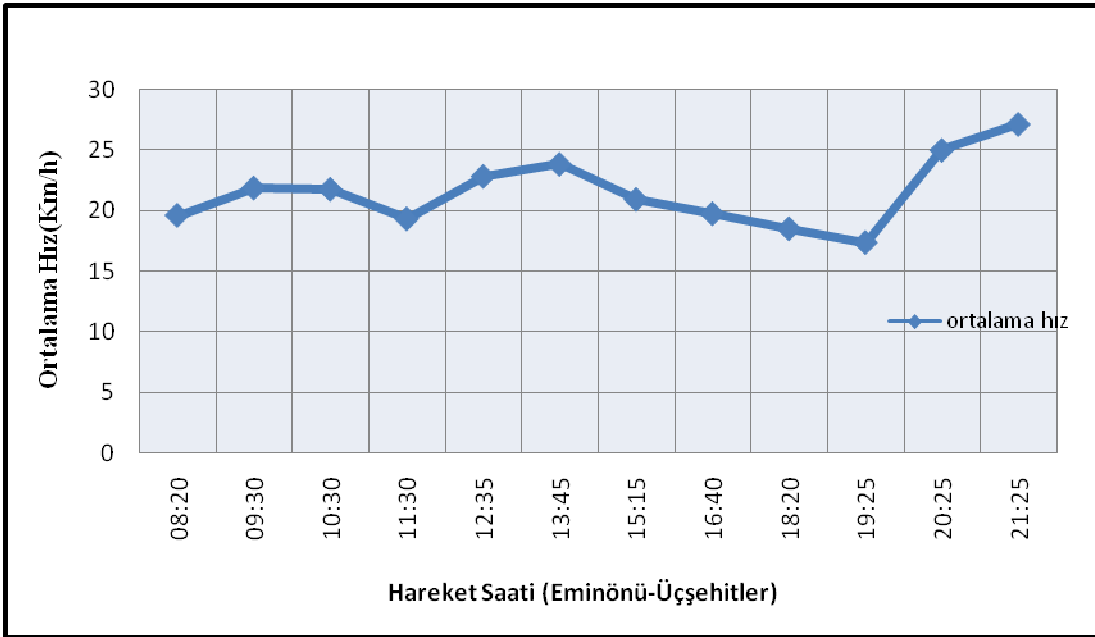
Şekil 11.5 Üç şehitler-Eminönü güzergâhı sefer süresi dağılımı (%)



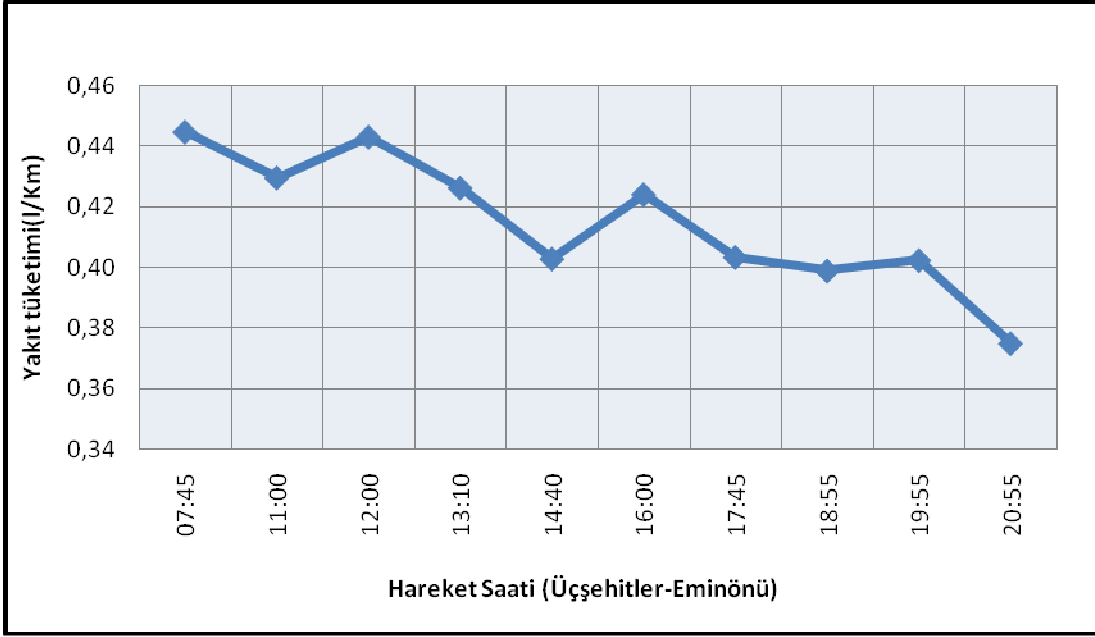
Şekil 11.6 Eminönü -Üç şehitler güzergâhı sefer süresi dağılımı (%)



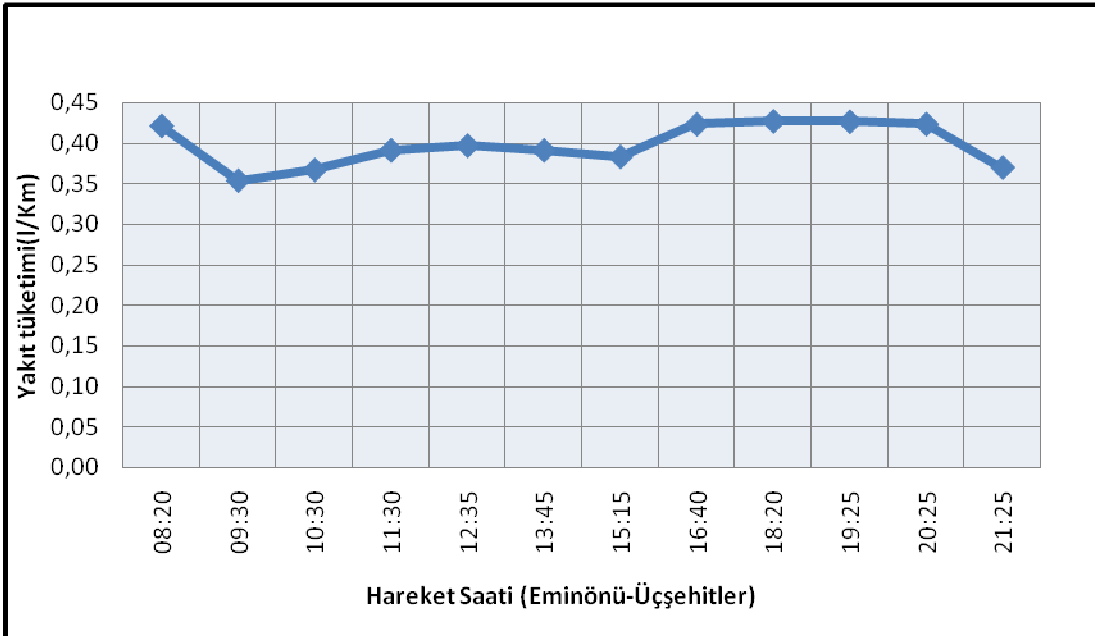
Şekil 11.7 Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir hızları.



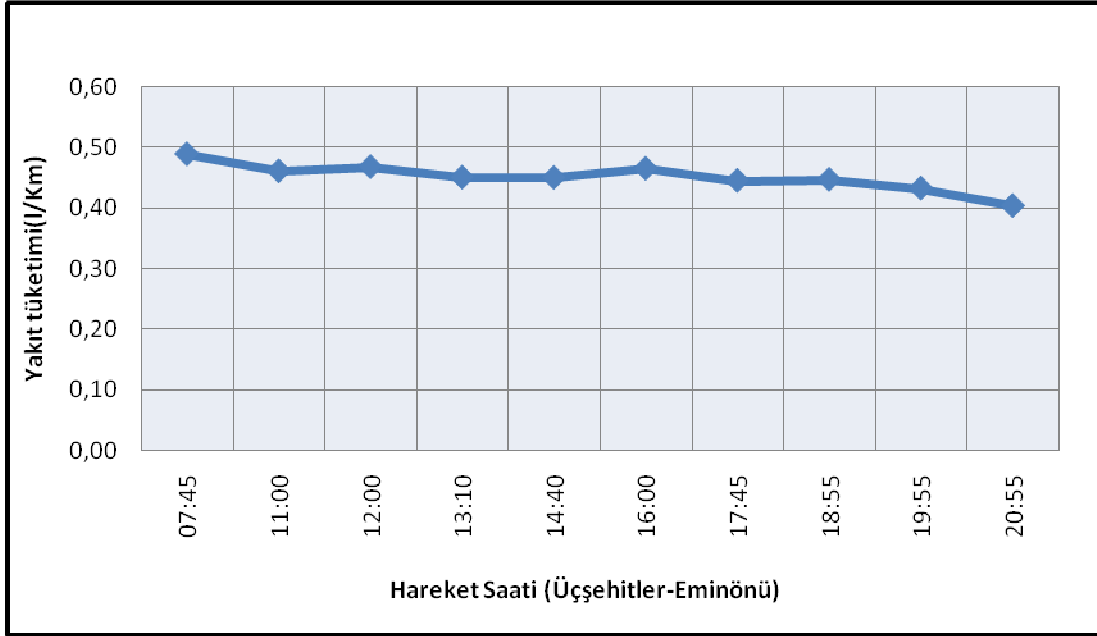
Şekil 11.8 Eminönü- Üç şehitler güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir hızları.



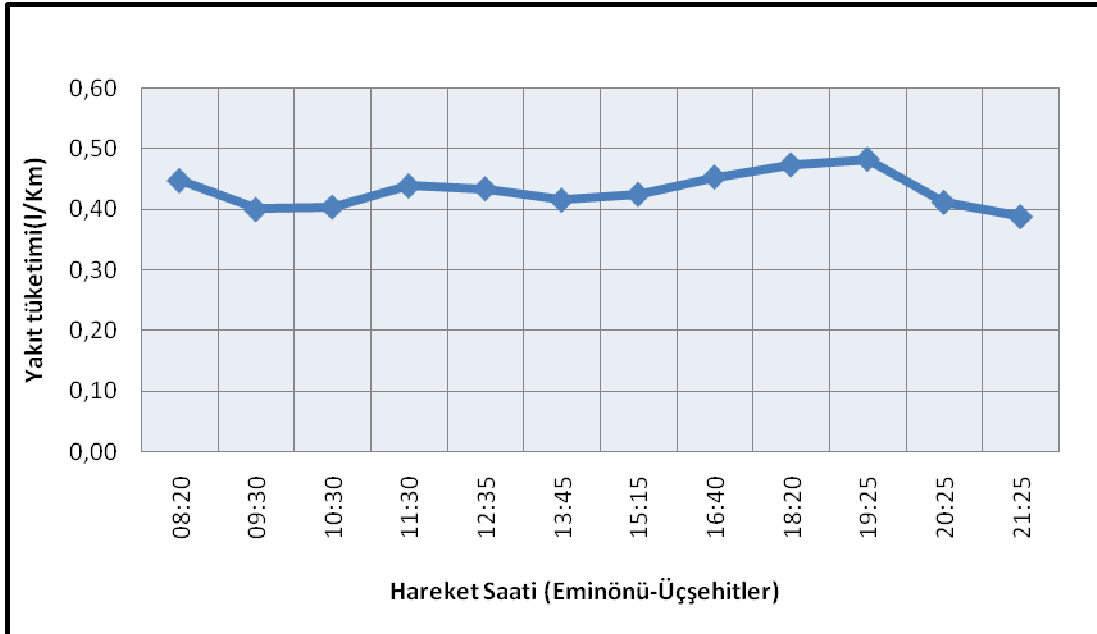
Şekil 11.9 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı



Şekil 11.10 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı



Şekil 11.11 Üç şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı.

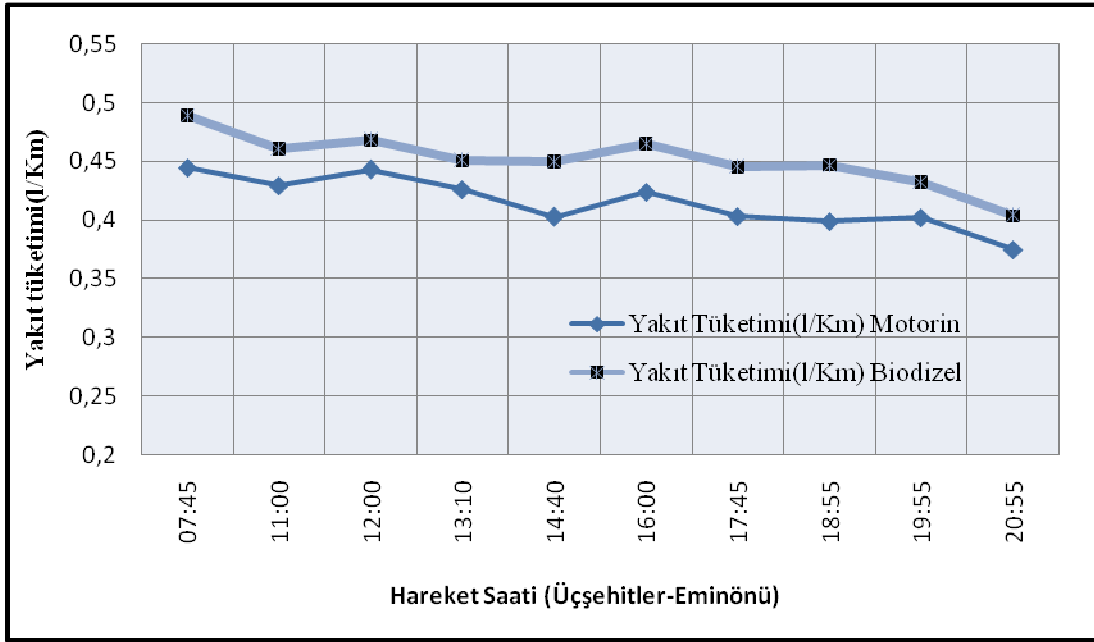


Şekil 11.12 Eminönü -Üç şehitler güzergahı biodizel yakıtı için yakıt tüketimi dağılımı

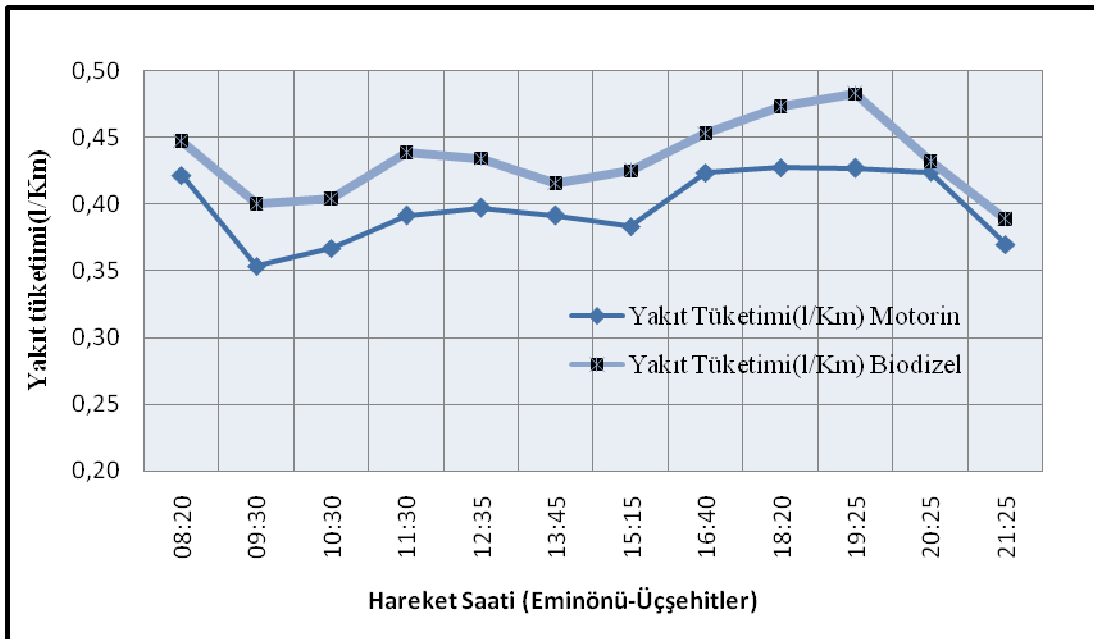
Her iki yakıt için de hızlanma durumundaki yakıt tüketimi yüzdesel olarak birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur. Üç Şehitler-Eminönü yönünde motorin yakıtı için toplan kullanan yakıtın %77,62'si hızlanma konumunda harcanırken aynı durum biodizel için %77,98'dir. En büyük fark sabit hız konumunda oluşmuştur. Üç Şehitler-Eminönü yönünde motorin yakıtı için toplam kullanan yakıtın %8,59'u biodizel için ise %9,3'ü sabit hız konumunda kullanılmıştır.

Yakıt tüketimi, Üç Şehitler-Eminönü yönünde, sabah saatlerinden akşam saatlerine doğru bir düşüş göstermektedir. Bu durum, sabah saatlerinde yolcu sayının artması ve trafiğin yoğunlaşmasının bir sonucudur. Gün boyunca, yakıt tüketimindeki yerel artışlara, bu bölgedeki okullar neden olmaktadır. Eminönü-Üç Şehitler yönünde benzer durum gözlenmekle birlikte, sabah saatlerinde Üç Şehitler yönündeki iş sahipleri ve öğrencilerin oluşturduğu yolcu grubu bulunmaktadır. Akşam saatlerinde yoğun yolcu trafiği ters dönmektedir. Ancak mesafenin Eminönü-Üç Şehitler yönünde daha kısa oluşu yakıt tüketiminde de etkisini göstermektedir.

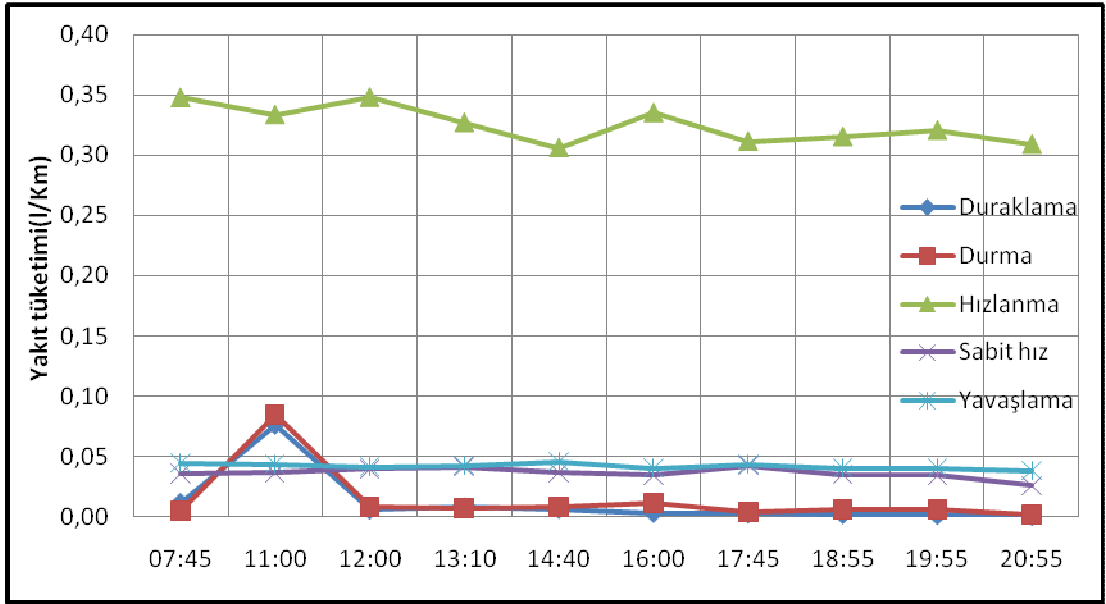
Her iki yönde de biodizel yakıt kullanıldığı durum motorin ile paralellik göstermektedir. Trafiğin yoğunluğunu kaybettiği saatlerde yakıt tüketimi genelde azalma eğilimindedir. Ancak biodizel yakıt kullanımı durumunda 13 no.lu 14:40 hareket saatli sefer için artma eğilimindedir. Bu durum sürüş karakteristiğine dayalı olarak düşük güç şartları için yüksek motor hızları seçimi ile açıklanmaktadır. Biodizel yakıtı kullanımı durumunda sürücü davranışlarının yakıt tüketimi üzerine etkisi daha belirgin bir biçimde gözlemlenmektedir.



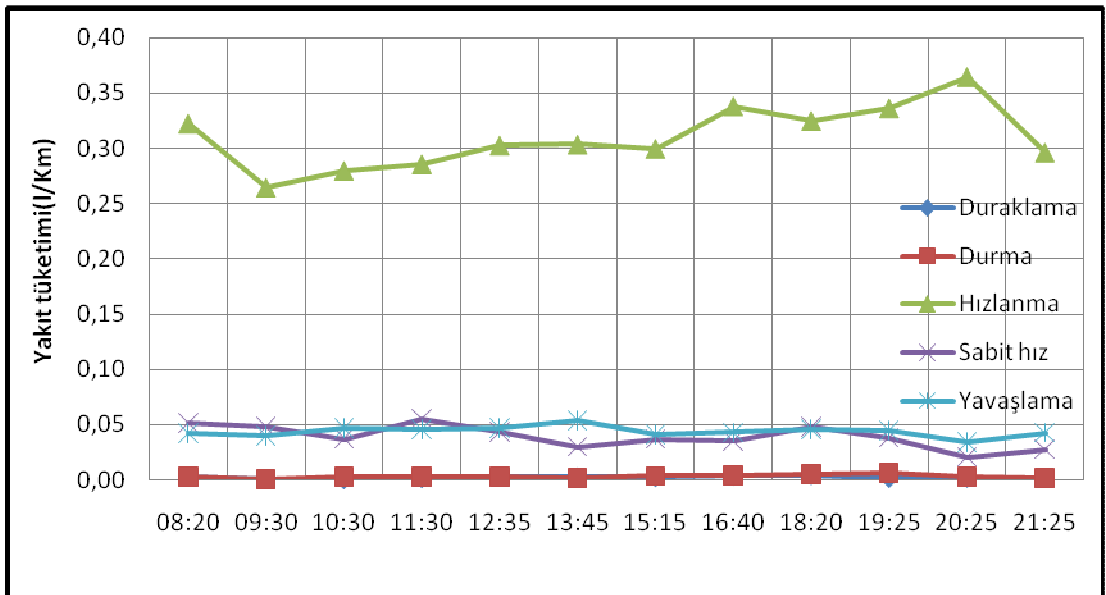
Şekil 11.13 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yakıt tüketimi karşılaştırması.



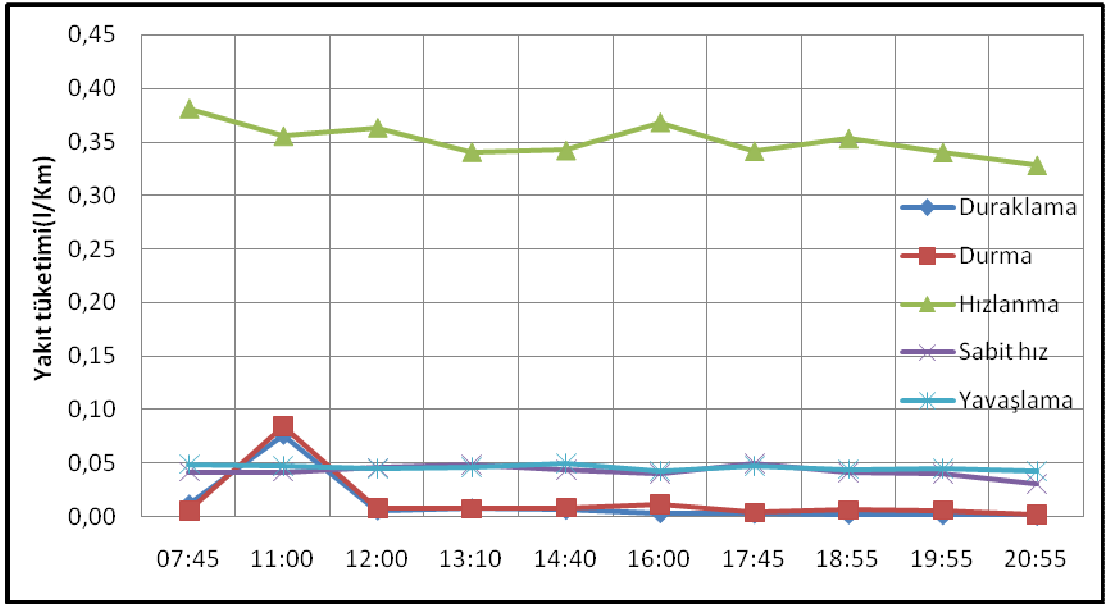
Şekil 11.14 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yakıt tüketimi karşılaştırması.



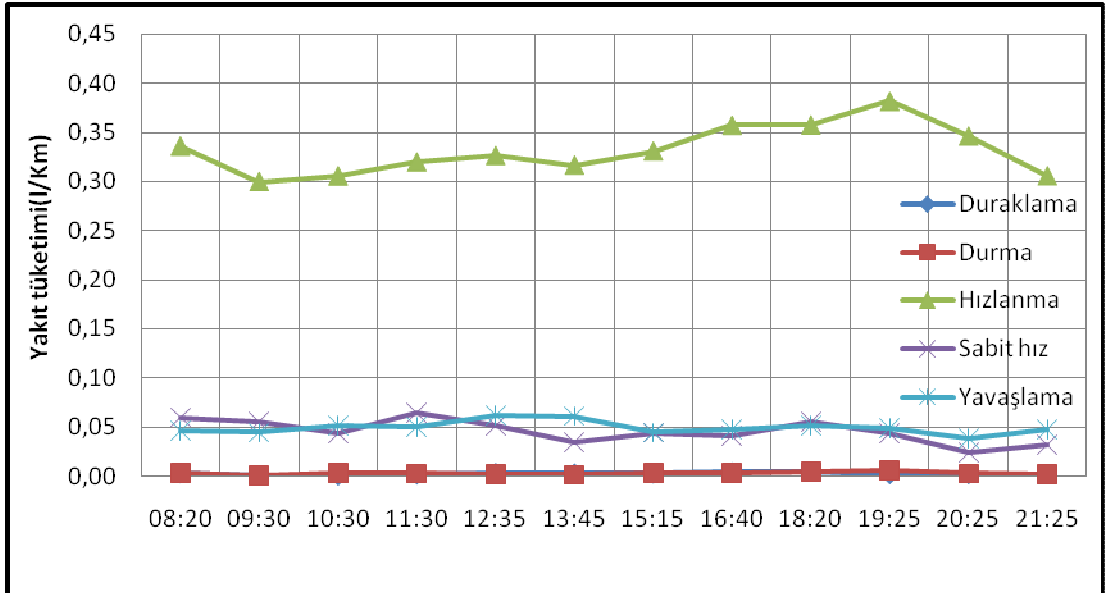
Şekil 11.15 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı



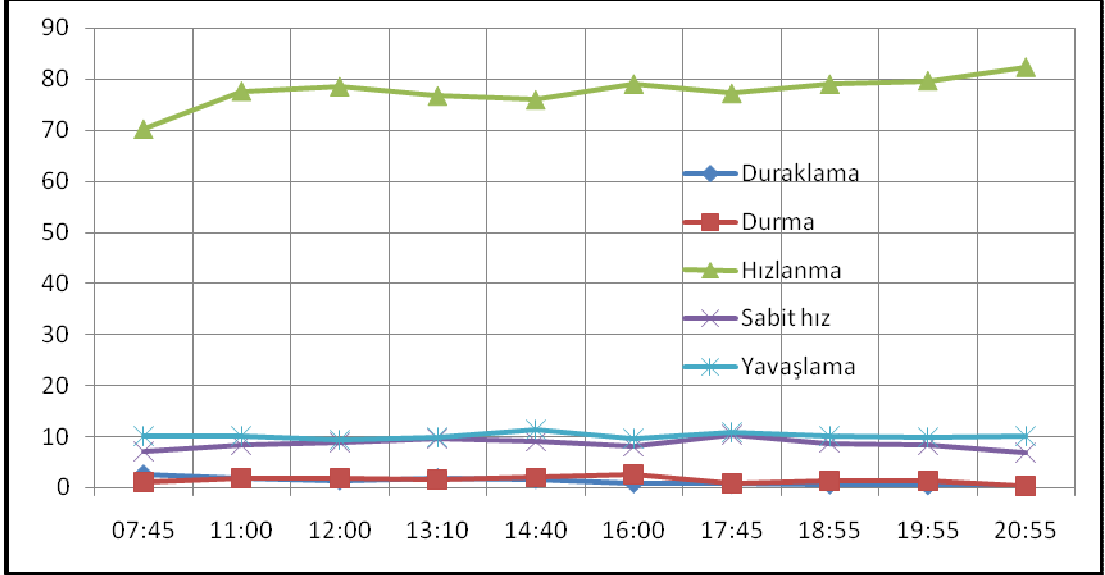
Şekil 11.16 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı



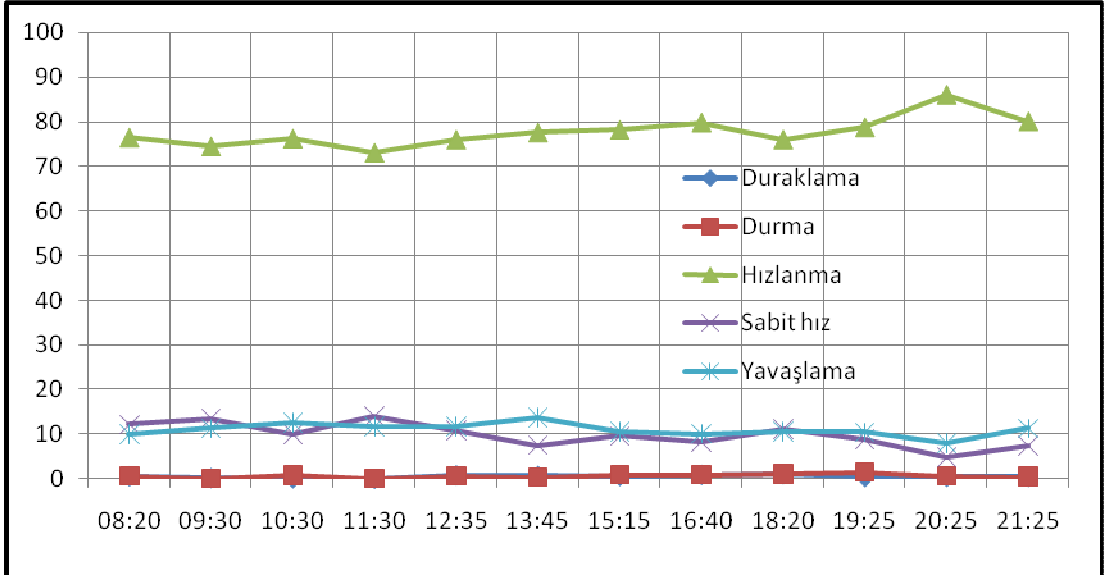
Şekil 11.17 Üç şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı



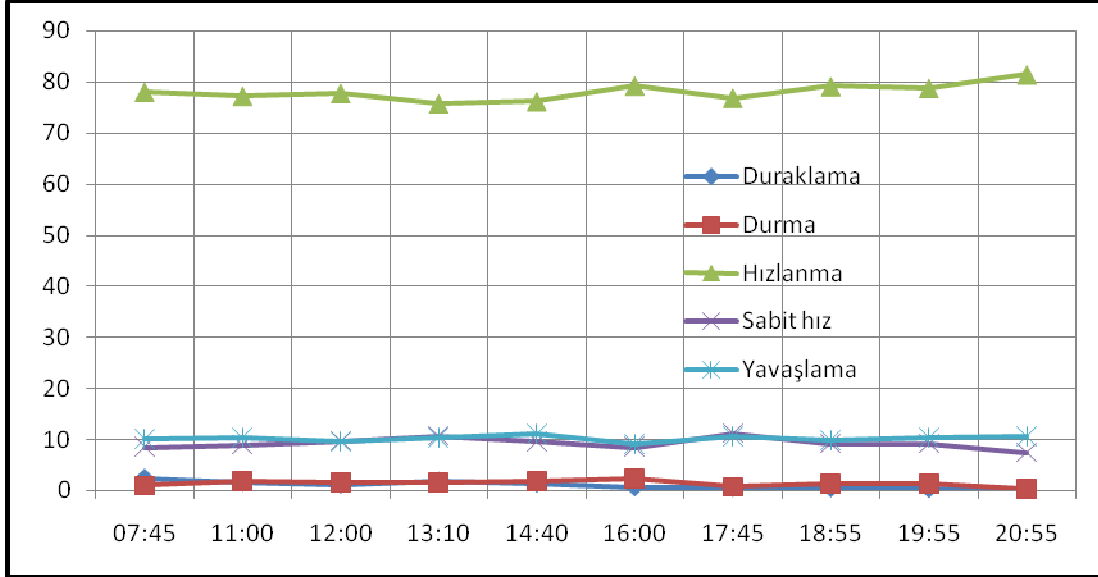
Şekil 11.18 Eminönü -Üç şehitler güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı



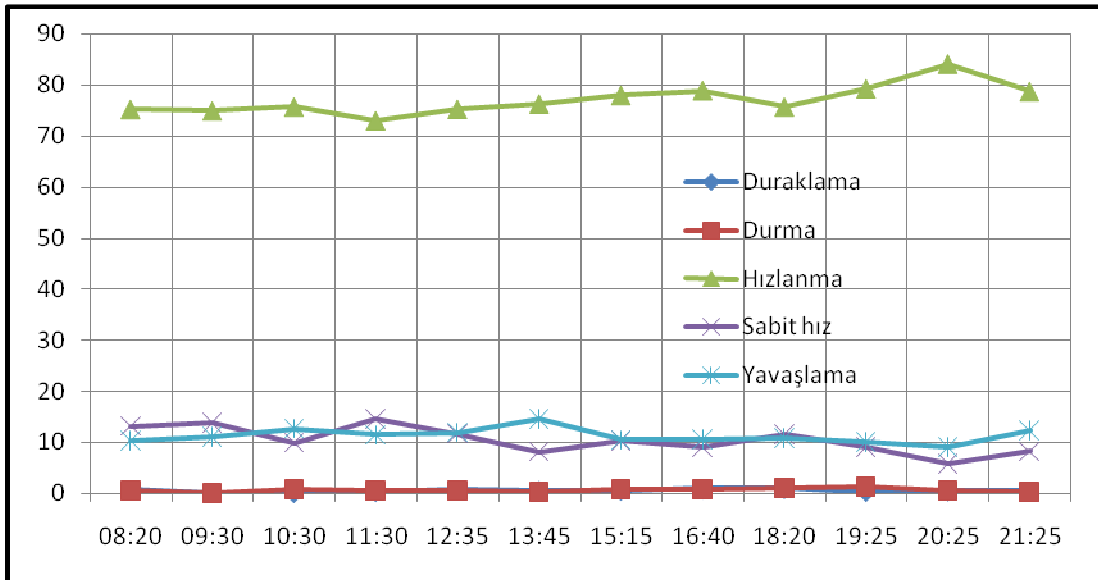
Şekil 11.19 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı(%)



Şekil 11.20 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı(%)



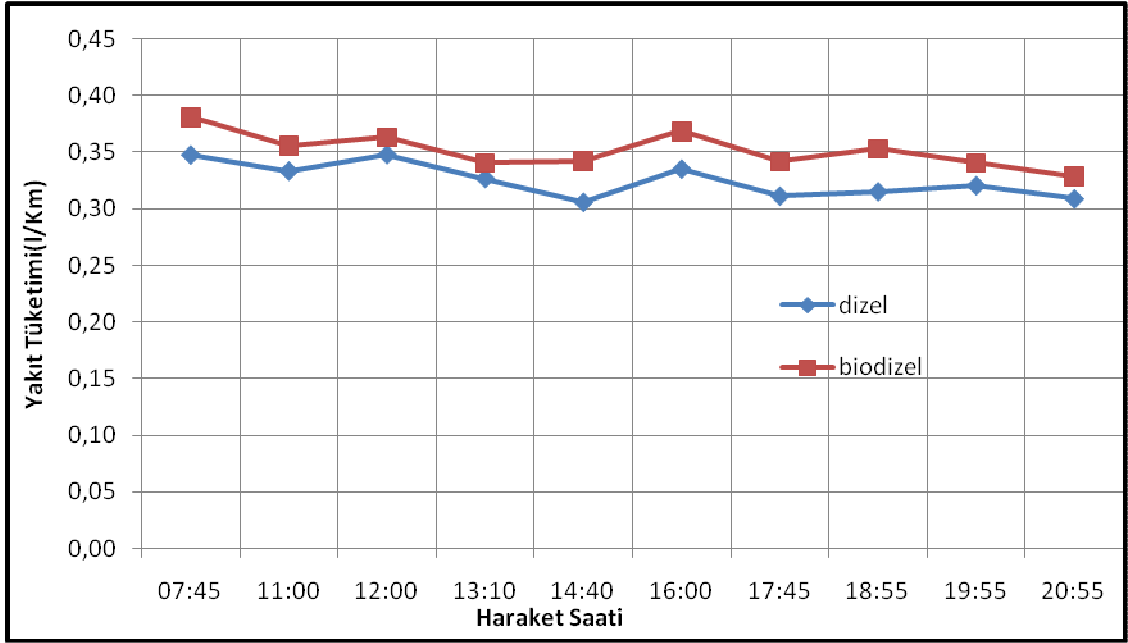
Şekil 11.21 Üç şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı (%)



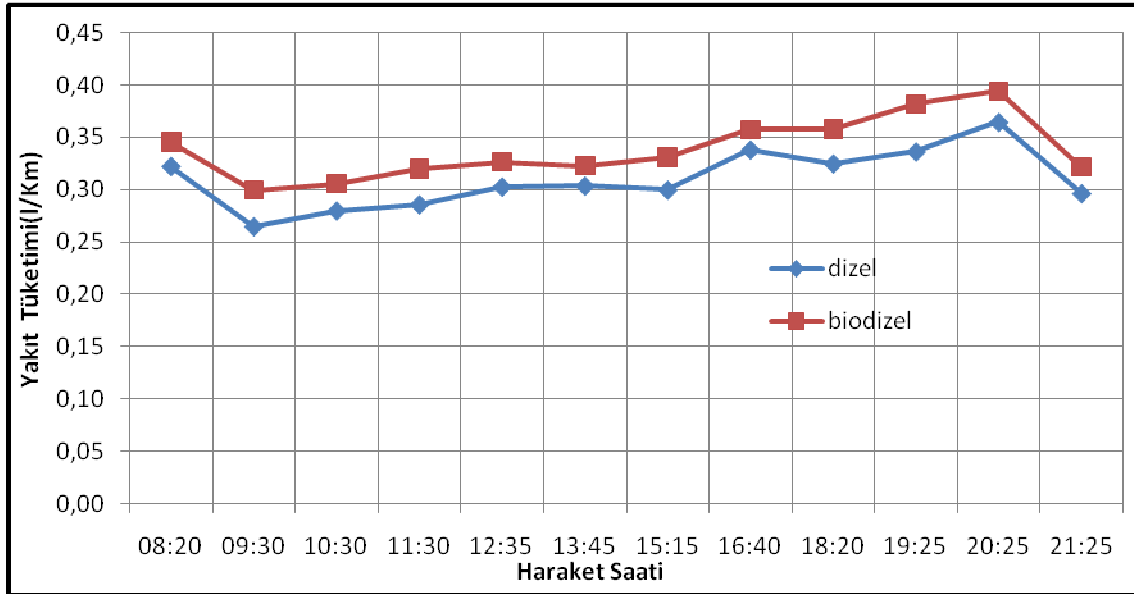
Şekil 11.22 Eminönü -Üç şehitler güzergahı biodizel yakıtı için seyir durumuna göre yakıt tüketimi dağılımı (%)

Tüketilen yakıtın yaklaşık olarak %77-79'u aracın hızlanma işletme şartında kullanıldığı sürede harcanmaktadır. Hızlanma şartında taşıta etki eden hareket dirençlerinden ivme direnci, taşıtın toplam kütesine, dönen parçaların eşdeğer kütle katsayısına ve ivme değerine bağlıdır. Aracın seyir esnasında sabit hızda tutulamaması sonucu hızlanma şartında tüketilen yakıt miktarını arttırmaktadır. Bu şarttaki yakıt tüketiminin büyük olması, toplam yakıt tüketimi karakteristiği ile hızlanma yakıt tüketimi karakteristiğini benzer hale getirmektedir. İvme direncinin etkili olmadığı, sabit hızda seyir işletme şartında tüketilen yakıt % 7-15 aralığında değişmektedir. Yavaşlama işletme şartında tüketilen yakıt ise %8-15 arasında bir değişim göstermektedir. Hızlanma süresince kat edilen yol ile yavaşlama süresince kat edilen yolun, toplam yola olan oranları da birbirlerine yaklaşık değerler almaktadır. Bu nedenle aracın hızlanma ivmesi değeri ile yavaşlama ivmesi değerinin birbirlerine yakın değerlerde olduğunu söylemek mümkündür.

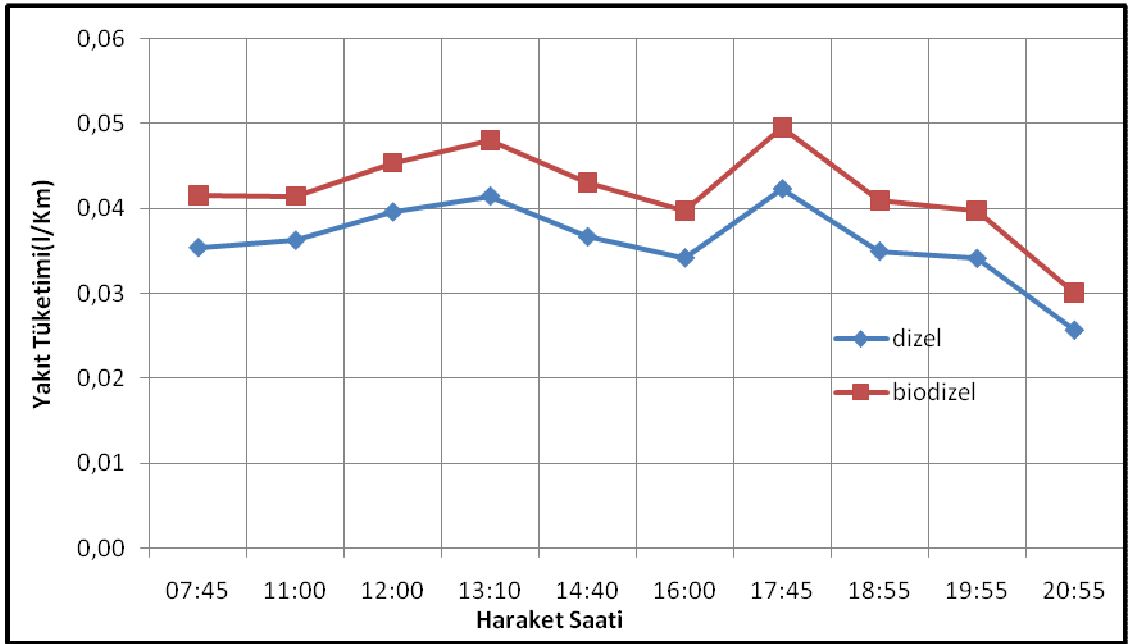
Aracın yavaşlaması esnasında tüketilen yakıt miktarı, yavaşlama karakteristiğinden etkilenir. Kısmi gaz kesmesi ile yavaşlamada, motordan çekilen güç toplam dirençleri yenmeye yetmeyeceği koşulda, denge konumu sağlanana kadar araç yavaşlayacaktır. Bu durumda tüketilen yakıt, motordan çekilen güce ve motor hızına uyan işletme şartıyla belirlenir. Gaz pedalının tam olarak bırakılması durumunda ise yavaşlama üç şekilde gerçekleşebilir. Birinci durum, aracın viteste olduğu halde motor freni ile yavaşlarıdır. Bu durumda tüketilen yakıt pompa regülatörünün, yakıt miktar ayar kumandasına etkisi ile belirlenir. İkinci yavaşlama konumu aracın vites boşa olduğu halde, servis freni ile frenlenmesidir. Belirtilen şartta motor ile tahrik tekerlerinin bağlantısı kesildiğinden ,motor rölanti şartında çalışmakta ve tüketilen yakıt rölanti şartı ile belirlenmektedir. Vitesin bağlı bulunduğu konumda motor freni ve servis freninin birlikte kullanılması üçüncü yavaşlama şartıdır. Bu durumda tüketilen yakıt miktarı, birinci duruma benzer olarak pompa regülatöründen etkilenir. Aracın durduğu sürelerde harcadığı yakıt miktarı, motorun rölanti şartında tükettiği yakıt miktarıyla belirlenir. Durak zamanının ve trafik nedeni ile bekleme sürelerinin artması durma süresince harcanana yakıt miktarını da arttırmaktadır.



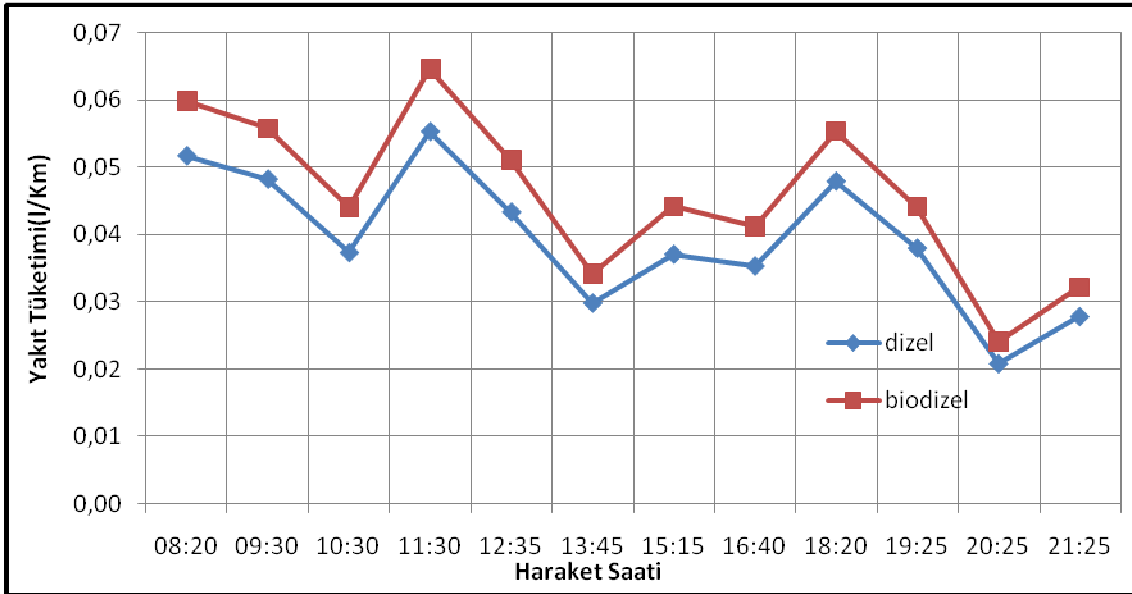
Şekil 11.23 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için hızlanma konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması



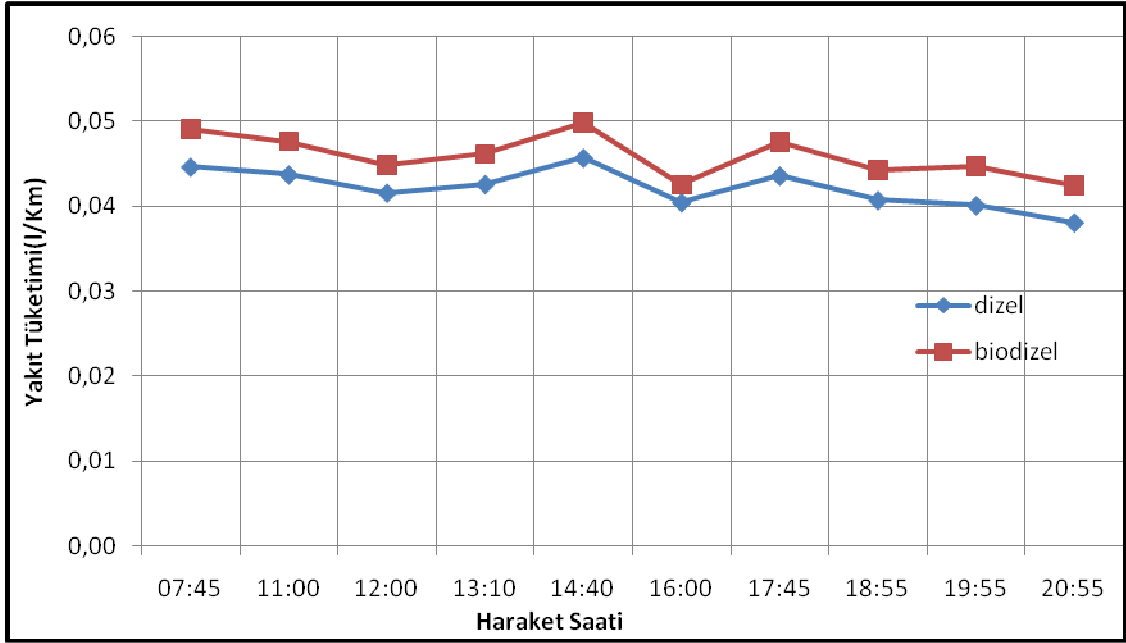
Şekil 11.24 Eminönü - Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için hızlanma konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması



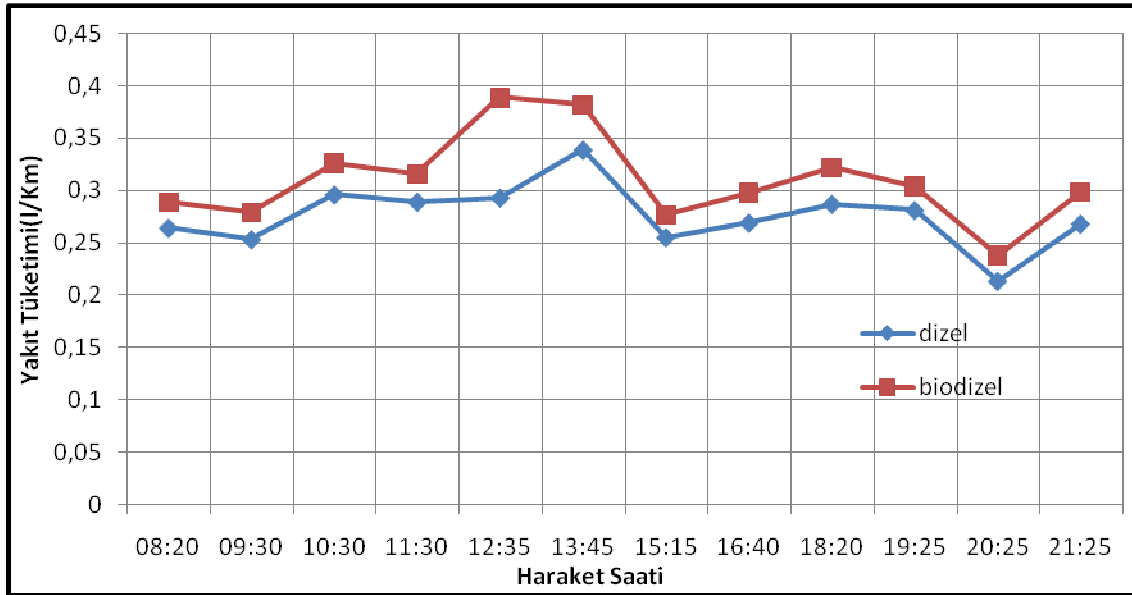
Şekil 11.25 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için sabit hız konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması



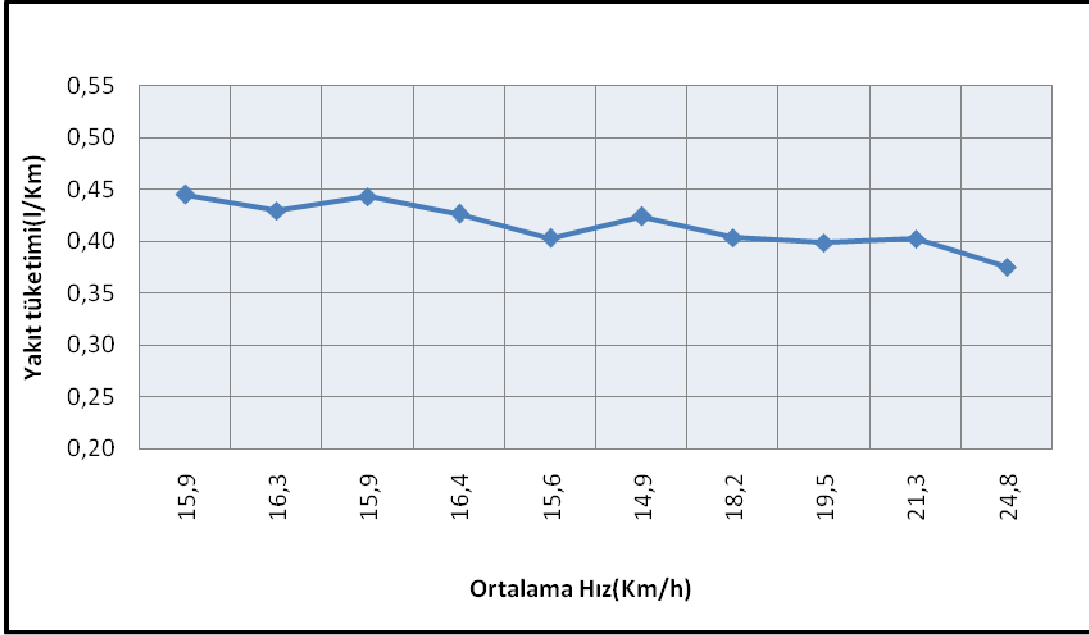
Şekil 11.26 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için sabit hız konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması



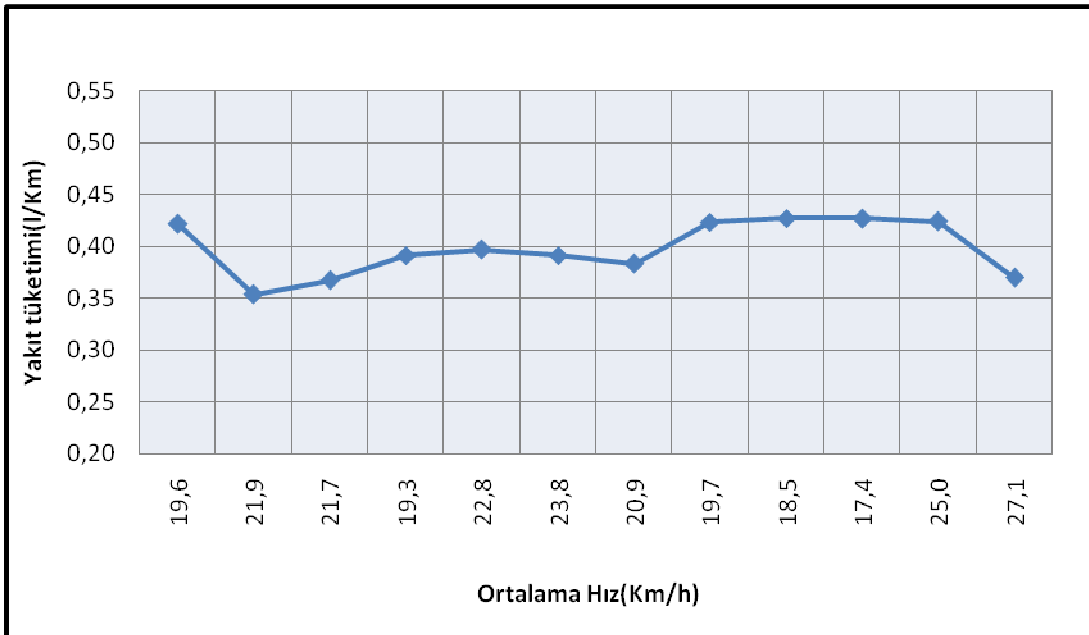
Şekil 11.27 Üç şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yavaşlama konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması



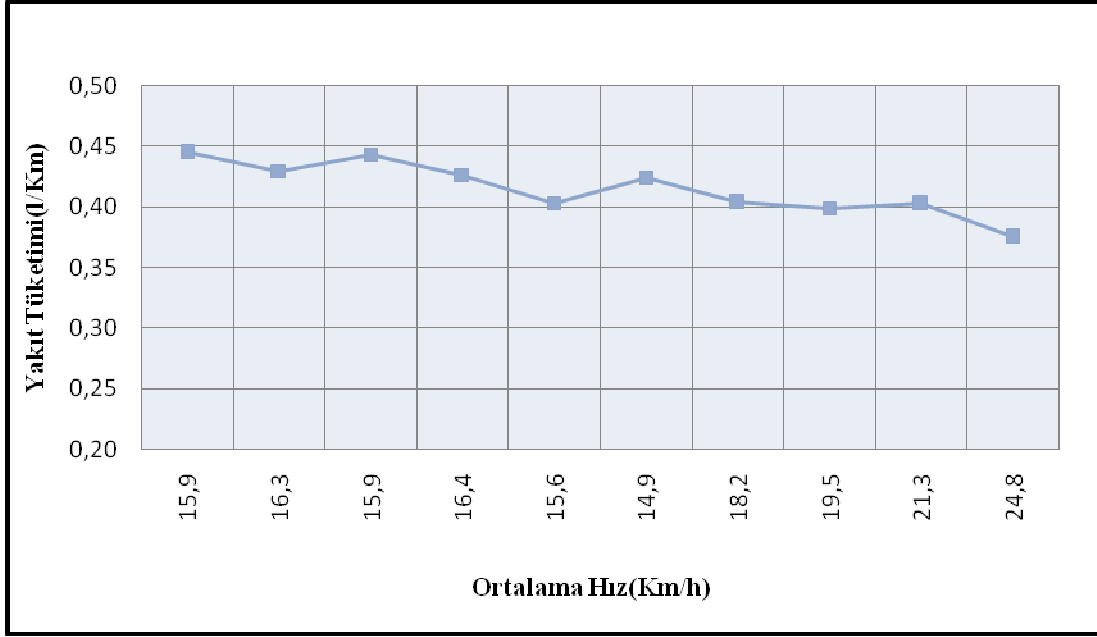
Şekil 11.28 Eminönü -Üç şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için yavaşlama konumuna göre yakıt tüketimi miktarı dağılımı karşılaştırması



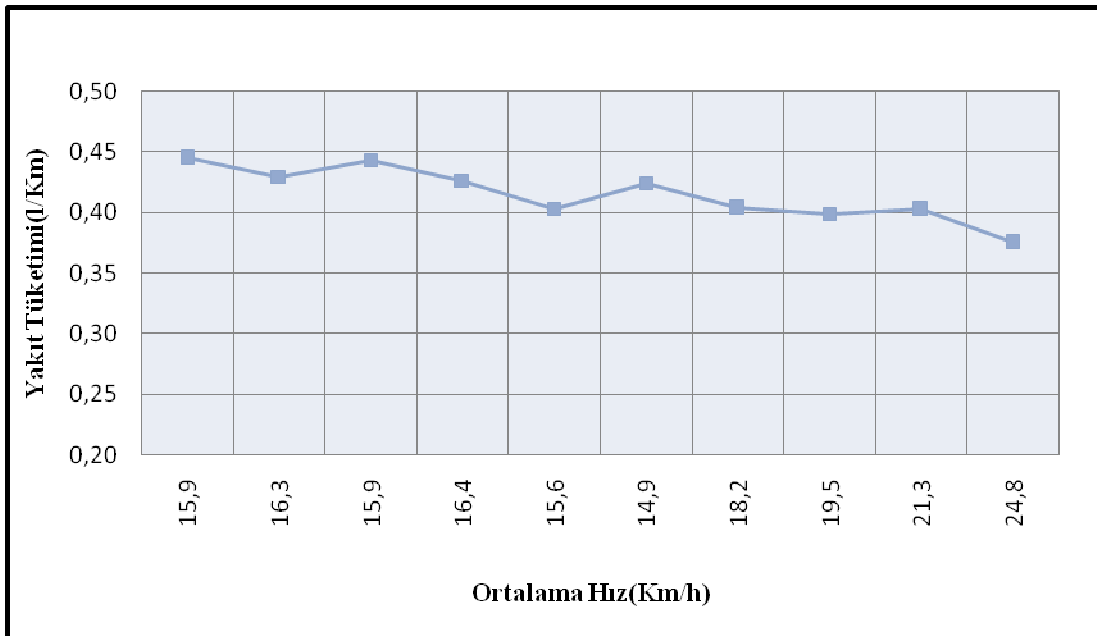
Şekil 11.29 Üç Şehitler-Eminönü güzergahı dizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.



Şekil 11.30 Eminönü -Üç Şehitler güzergahı dizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi



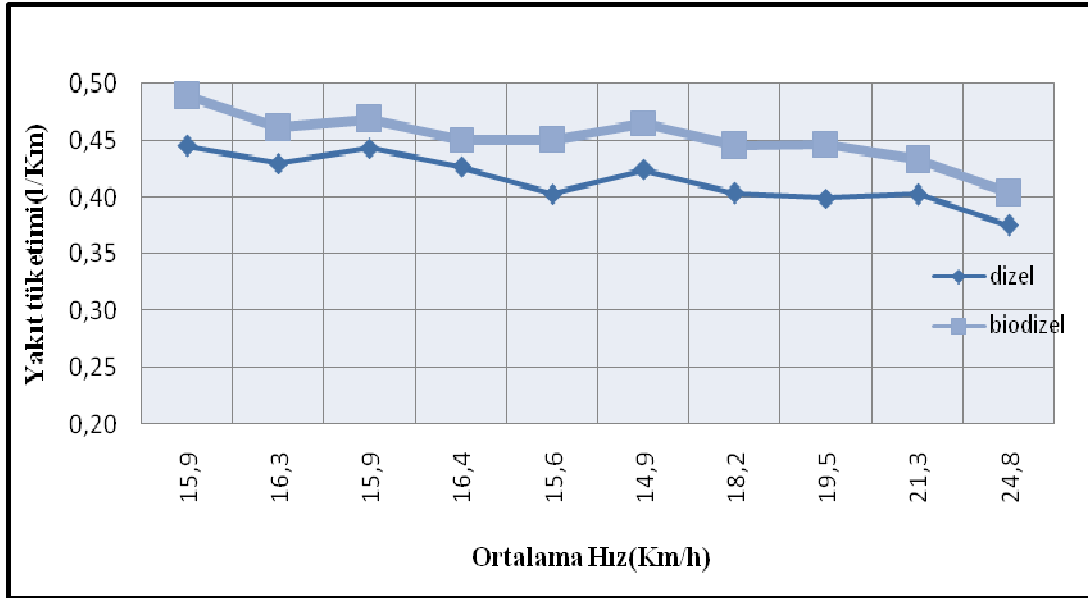
Şekil 11.31 Üç Şehitler-Eminönü güzergahı biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.



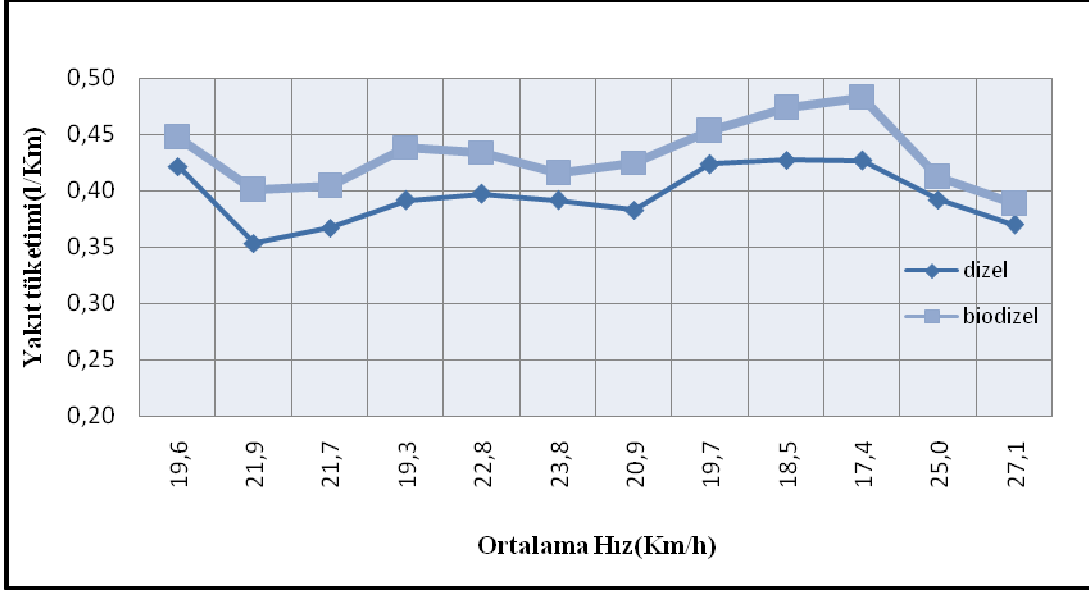
Şekil 11.32 Eminönü -Üç Şehitler güzergahı biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi

Ölçülen değerden toplam yolun toplam süreye bölünmesi ile hesaplanan ortalama seyir hızının yakıt tüketimi üzerine etkisi trafiğin yoğun olduğu saatlerde düzensiz bir seyir göstermektedir. Bu nedenle, ortalama hızın yakıt tüketimi üzerine etkisini, trafiğin açık olduğu ve kapalı olduğu saatler için ayrı ayrı incelemekte yarar vardır. Üç şehitler-Eminönü yönünde ölçülen değerler dikkate alınarak hesaplanan ortalama seyir hızı, sabah saatlerinden akşam saatlerine doğru artmaktadır. Eminönü-Üç şehitler yönünde ise ortalama hızda düzgün bir karakteristik görülmektedir.

Trafiğin açık olduğu saatlerde ölçülen değerler ile hesaplanan ortalama hızdaki artış sefer süresini kısaltmakta ve tüketilen yakıt miktarını azalmaktadır. Yakıt tüketimindeki azalma, aracın durmasını veya yavaşlamasını gerektiren şartların bir kısmının ortadan kalkması sonucu ortaya çıkmaktadır. Durma sürelerinde ki azalma, bu sürede tüketilen yakıt miktarını azaltırken, aracın hızlanması için gerekli ivmeli hareket nedeni ile tüketilecek yakıt miktarı da azalacaktır. Ortalama seyir hızı-yakıt tüketimi diyagramında, ortalama hız artışı ile yakıt tüketimindeki azalma daha net görülmektedir.



Şekil 11.33 Üç Şehitler-Eminönü güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi karşılaştırılması.



Şekil 11.34 Eminönü -Üç Şehitler güzergahı dizel ve biodizel yakıtı için ortalama seyir hızı yakıt tüketimi karşılaştırılması.

Yakıt tüketiminin azaltılarak enerjinin verimli kullanılması için uzun mesafelerin durmadan kat edilebileceği seyirlerde mümkün olan en büyük vites kademesinde mümkün olduğunca yavaş seyredilmesi sonucuna varılırken, dur-kalkın sık yaşandığı seyirlerde taşıtın mümkün olduğunca yavaş hızla sürülmesi ve bu hızın sağlana bildiği en büyük vites kademesinin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Sabit hız sürüş karakteristiği yakıt tüketimi açısından iyi bir seçenek olsa da, bu karakteristiğe uyan seyir koşullarının sağlanmasında bir takım zorluklar vardır. Trafik koşullarının sabit hızda seyir uygun olduğu işletme şartlarında hız sabitleyici sistemlerin bulunmadığı araçlarda sürücünün gaz kumandası ile aracın hızını sabit tutması veya sabit hız seyrine yakın bir seyir izlemesi, ortam şartları, yol eğimi gibi nedenlerden dolayı oldukça zordur. Ancak hızın tam olarak sabit tutulamamasına rağmen sabit seyir hızına yakın bir sürüş gerçekleştirmek mümkündür.

Bu çalışmada İstanbul Büyükşehir Belediyesi İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü bünyesinde bulunan filoyu temsil edebilecek bir araçta biyodizel yakıt kullanılması durumunun seçilen güzergâhtaki koşullara göre yakıt tüketimi incelenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen motor deneylerinde motorin ve biyodizel için, elde edilen motor devrine bağlı olarak gerçekleşen özgül yakıt sarfiyatı diyagramlarını (motor haritası) oluşturan verilerin seçili güzergâh için

daha önceden yazılmış olan bilgisayar programına girilmesi ile bir simülasyon çalışması yapılmıştır.

Elde edilen program çıktıları her iki yakıtın karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Deney ve simülasyon sonuçları incelendiğinde özetle şu sonuçlara varılmıştır;

- Güç ve tork performanslarında biyodiesel yakıtında bir miktar düşüş gerçekleşmiştir.
- Biodiesel daha düşük ısı değere sahip olmasına bağlı olarak özgül yakıt tüketiminde Diesel yakıtına oranla daha yüksek değerler vermiştir.
- Yakıt olarak biodiesel kullanılması durumunda özgül yakıt tüketimi klasik Diesel yakıtı değerlerine göre ~%8,5 artmıştır.
- Biodiesel yakıtı motorda hiçbir modifikasyona gerek kalmak sızın kullanılabilir. Ancak standartlara uygun yakıt temininde sorun yaşanmaktadır.
- Yapılan simülasyon çalışması ile trafik yoğunluğunun çok olduğu İstanbul gibi metropol bir şehirde dur-kalk sayısına bağlı olarak yakıt tüketiminin artışının yanı sıra sürücü davranışlarının da yakıt tüketiminde büyük etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.
- Taşıt seyrini, sabit hız seyrinden uzaklaştıran; kısa durak mesafeleri, yaya geçitleri, kesişen kavşaklar gibi düzenlemelerden mümkün olduğunca kaçınarak aynı işlevlerin yerine getirilmesinde trafik akışını etkilemeyecek alternatiflerin değerlendirilmesi yakıt ekonomisinin arttırılması için alınabilecek tedbirler olarak görünmektedir.
- Bu çalışmada biyodizel yakıtının toplu taşıma araçlarında kullanılması halinde motor gücünde hissedilir bir azalma yaratmayacağı ve çevre açısından da kullanılmasının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

- Biodiesel kullanımının getireceği ekonomi ile ilgili olarak İ.E.T.T verileri ile yapılan ekonomik analiz Tablo 11.1’de verilmiştir.

Çizelge 11.0.1 Toplu Ulaşım Araçlarında Biodiesel Kullanımının Ekonomik Analizi

Bir otobüsün günlük yaptığı km ortalaması (ref. İETT)	225 km
Bir otobüsün 1 litre dizel yakıt ile gideceği mesafe	2 km
Bir otobüsün günlük dizel yakıt tüketimi	112,5 litre / 225 km
Bir otobüsün günlük biyodizel yakıt tüketimi (eşdeğerlik katsayısı=1,0758)	121,02 litre/225 km
Dizel yakıt ücreti	2,29 YTL / litre
Biyodizel yakıt ücreti (% 100 biyodizel)	1,65 YTL / litre
Otobüs başına günlük ortalama dizel yakıt harcaması	257,62 YTL
Otobüs başına aylık ortalama dizel yakıt harcaması	7.728,75 YTL
Otobüs başına günlük ortalama biyodizel yakıt harcaması (B100 için)	199,69 YTL
Otobüs başına aylık ortalama biyodizel yakıt harcaması (B100 için)	5.990,7 YTL
Otobüs başına günlük tasarruf (257,62 – 199,69) YTL	57,93 YTL
Otobüs başına aylık tasarruf (7.728,75 - 5.990,7) YTL	1.738,05 YTL
Otobüs başına aylık tasarruf (%)	% 22,48

- Her geçen gün büyüyen İstanbul ilinde 2812 araçlık filosu ile toplu ulaşımı sağlayan İ.E.T.T İşletmeleri Genel Müdürlüğü bünyesindeki araçlarda biyodizel yakıtının kullanılması halinde oluşacak ekonomi açık olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Agarwal A.K., (2006), "Biofuels (alcohols and biodiesel) Applications as Fuels for Internal Combustion Engines", Progress in Energy and Combustion Science, Volume33, Issue3 233-271.
- Can, Ö., Usta, N., Öztürk, E., "Alternatif Dizel Yakıt Olarak Etanol ve Biyodizelin Karşılaştırılması", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı:3, 325-334
- Çetinkaya, M., Ulusoy, Y., Tekin, Y., Karaosmanoğlu, F., (2004), Engine and winter road test performances of used cooking oil originated biodiesel, Bursa.
- IEA, International Energy Agency, (2004), "World Energy Outlook 2004", France
- IEA, International Energy Agency, (2004), "World Energy Outlook 2002", Paris
- Knothe G., Van Gerpen J. ve Krahl J., (2005), "The Biodiesel Handbook", AOCS Pres, Illinois.
- Leon G. Schumacher ve William B. Wetherell (1996), " Fueling Direct Injected Diesel Engines With 100% Neat Biodiesel"
- Öğüt H. ve Oğuz H., (2006), "Üçüncü Milenyum Yakıtı Biodiesel", Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Özkan,M.,(1997), İstanbul Trafiğinde Belirlenen Güzergahta Çalıştırılan Belediye Otobüsünün Optimum Yakıt Sarfiyatı Koşullarının Nümerik Yöntemle Etüdü, İstanbul
- Özkan, M., Ergenç, A., Deniz, O., "Experimental Performance Analysis of Biodiesel Traditional Diesel and Biodiesel with Glycerine", Turk. J. Engin. Environ. Sci., pp. 89-94, 29-2, 2005
- Özoğuz,B., "Biodiesel Yakıtı İle Çalıştırılan Bir Diesel Motorunda Hava Fazlalık Katsayısı Kontrolü İle No_x Emisyonlarının Azaltılması", (2007) Y.L.Tezi, İstanbul
- Ulusoy, Y., (2000), Kullanılmış Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Bursa.
- Türk Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistikî Bilgileri Bülteni, (2001), Otomotiv Sanayii Derneği, Ankara.
- Ulusoy, Yahya ve Yücel, Tekin, (2003), Kullanılmış yağ metil esterinin Türkiye şartlarında diesel motorlu bir araçta kullanımı ve emisyon sonuçları, Bursa.
- Tüsiad Raporu, (2003), 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi
EİEİ, Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Taşyürek, M., (2004), İçten Yanmalı Motorlarda Biyomotorin Yakıtlarının Geleneksel Yakıtlarla Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması, Konya.

Ulusoy, Y., ve Alibaş, K., (2002), Diesel Motorlarda Biyodiesel Kullanımının Teknik ve Ekonomik Olarak İncelenmesi, Bursa.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.eia.doe.gov

[2] www.iea.org

[3] www.nrel.gov

[4] <http://biodiesel.org>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	01.01.1981	
Doğum yeri	Antalya	
Lise	1994-1997	Antalya Çağlayan Lisesi
Lisans	1998-2003	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurumlar

2003-2004 Bulut Makine- Proje Mühendisi
2004- İETT Genel Müd. Başkanlık Mühendisi