

67851



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL TRAFİĞİNDE BELİRLENEN
GÜZERGAHTA ÇALIŞTIRILAN BELEDİYE
OTOBÜSÜNÜN OPTİMUM YAKIT SARFIYATI
KOŞULLARININ NÜMERİK YÖNTEMLE ETÜDÜ**

Mak. Yük. Müh. Muammer ÖZKAN

67851

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programında
hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. İrfan YAVAŞLIOL
Üye : Prof.Dr. Yaşar ÖZEMİR
Üye : Prof.Dr. Oğuz BORAT

[Handwritten signatures]

İSTANBUL, Eylül 1997

İÇİNDEKİLER

SEMBOL LİSTESİ.....	I
BİLGİSAYAR PROGRAMI AKIŞ DİYAGRAMINDA	
KULLANILAN SEMBOLLER	III
ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
TABLO LİSTESİ.....	IX
TEŞEKKÜR.....	XI
ÖZET.....	XII
SUMMARY.....	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1 Bilgisayar Simülasyonu ile Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi Üzerine Yapılmış Örnek Çalışmalar.....	4
2. YAKIT TÜKETİMİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER	12
2.1. Taşıt Ağırlığı.....	12
2.2. Lastikler.....	12
2.3. Taşıtın Aerodinamik Formu.....	13
2.4. Taşıt Kullanım Karakteristiği.....	13
2.5. Güç İletim Sistemi.....	14
3. YAKIT TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN ULUSAL TEST STANDARTLARI	16
3.1. SAE J1264 Yakıt Tüketimi Test Prosedürü.....	16
3.2. SAE J1082 Yakıt Ekonomisi Ölçümü.....	21
3.3. DIN 70030 2.Bölüm, Kamyon ve Otobüsler için Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi.....	32
3.4. Gost 20306-90 Motorlu Taşıtlar Yakıt Ekonomisi Test Metodu.....	34
3.5. TS 1984 Karayolu Motorlu Taşıtlarında Yakıt Tüketimi Tayini.....	42
4. HAREKET DİRENÇLERİ.....	45
4.1. Teker Dirençleri.....	45
4.1.1. Yuvarlanma Direnci (W_R).....	46
4.2. Hava Direnci (W_L).....	48
4.3. İvme Direnci (W_b).....	50
4.4. Yokuş Direnci (W_s).....	51
5. KÜBİK SPLINE FONKSİYONLARI.....	52
5.1. Kübik Spline Fonksiyon Katsayılarının Elde Edilmesi.....	54
5.2. Kübik Spline Fonksiyonları ile İnterpolasyon.....	58
6. BİLGİSAYAR PROGRAMININ HAZIRLANMASI	60
6.1. Program Girdileri.....	60
6.2. Motor Haritasının Modellenmesi.....	60

6.3.	Taşıtın Seçilen Güzergah Üzerinde Bilgisayar Ortamında Çalıştırılması	61
6.4.	Seyir Dirençlerinin Hesaplanması.....	61
6.5.	Tahrik Gücünün Hesaplanması	61
6.6.	Tahrik Gücü ve Seyir Hızının Motor Şartlarına İndirgenmesi	62
6.7.	Anlık Özgöl Yakıt Sarfiyatının Bulunması.....	62
6.8.	Çevrimin Toplam Yakıt Sarfiyatının Bulunması.....	64
6.9.	Program Çıktıları.....	64
6.10.	Programa Ait Akış Diyagramı	65
6.11.	Çalışmada Kullanılan Program Girdileri	69
7.	KULLANILAN MATERYAL VE YÖNTEM	72
7.1.	Ölçümlerde Kullanılan Otobüse Ait Bilgiler	72
7.1.1.	Boyutlar	72
7.1.2.	Teknik Özellikler.....	73
7.1.3.	Motor Performansı.....	74
7.2.	Yakıt Ölçümü Sistemi :	75
7.2.1.	Yakıt Filtresi	77
7.2.1.1.	Yakıt Filtresinin Teknik Özellikleri	77
7.2.2.	Isı Değiştirgeci	78
7.2.3.	Debimetre	78
7.2.3.1.	Debi Metre Çalışma Prensibi	79
7.2.3.2.	Debi Metre Cihazının Teknik Özellikleri	80
7.2.4.	Elektrikli Yakıt Pompası.....	80
7.2.4.1.	Elektrikli Yakıt Pompasının Teknik Özellikleri.....	80
7.2.5.	Yakıt Ölçüm Sisteminin Araca Takılması	80
7.3.	Yol, Hız, İvme Ölçüm Cihazı.....	81
7.3.1.	EPP-2'nin Teknik Özellikleri.....	81
7.3.2.	Correvit-L Sensörü'nün Çalışma Prensibi	82
7.3.3.	Yol, Hız, İvme Ölçüm Sisteminin Araca Takılması.....	83
7.4.	Ölçüm İşleminde Kullanılan Yöntem.....	88
7.4.1.	Güzergah Özellikleri.....	89
7.4.2.	Durak mesafeleri	90
8.	ÖLÇÜM SONUÇLARININ ANALİZİ	92
8.1.	Hareket Saatlerine Göre Yakıt Tüketimi	92
8.1.1.	Hareket Saatlerine Göre Yakıt Tüketimi Dağılımı	94
8.2.	Sefer Süresi.....	96
8.2.1.	Sefer Süresi Dağılımı	97
8.3.	Ortalama Seyir Hızı	101
9.	YAKIT TÜKETİMİNİN BİLGİSAYAR İLE BULUNMASI	104
10.	YAKIT TÜKETİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER VE ETKİ MERTEBELERİ.....	109
10.1.	Durak Sayısı.....	109
10.2.	Maksimum Seyir Hızı ve Vites Kademesi.....	110

10.3.	Uygun Vites Kademesi Seçimi.....	114
11.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	116
	KAYNAKLAR.....	113



SEMBOL LİSTESİ

Sembol	Tanım	Birim
A	Taşıtın hareket yönüne dik iz düşüm alanı	(m ²)
G	Taşıt ağırlığı	(N)
V	Seyir hızı	(km/h)
AYT	Anlık yakıt tüketimi	(l)
TYT	Toplam yakıt tüketimi	(l)
V _{bağıl}	Bağıl Rüzgar hızı	(m/s)
ΣW	Toplam hareket dirençleri	(N)
C _D	Aerodinamik direnç katsayısı	
C _h	Lastik tipine bağlı katsayı	
P _i	Lastik iç basıncı	(daN/cm ²)
R _R	Etkili teker yarıçapı	(m)
R _J	Dinamik teker yarıçapı	(m)
N _e	Motor efektif gücü	(kW)
W _R	Yuvarlanma direnci	(N)
W _L	Rüzgar direnci	(N)
W _b	İvme direnci	(N)
W _S	Yokuş direnci	(N)
G _{a,δ}	Taşıt arka, ön dingil ağırlıkları	(N)
J _{R,J}	Dönen parçaların atalet momentleri	(kgm ²)
N _{tr}	Tahrik gücü	(kW)
e	Teker düşey eksenini ile teker tepki merkezi arasındaki mesafe	(m)
f	Yuvarlanma direnç katsayısı	
f ₀	Yuvarlanma direnç katsayısı yol kaplaması faktörü	
f _s	Seyir hızı etki katsayısı	
m	Taşıt kütlesi	(kg)
n	Motor devri	(d/d)
t	Süre	(s)

$\ddot{x}$	İvme	(m/s ²)
b _{scf}	Özgöl yakıt tüketimi	(g/kWh)
r _J	Statik teker yarıçapı	(m)
i _{tr}	Çevrim oranı	
α	Eğim açısı	(°)
φ	Eş değer kütle katsayısı	
μ	Kuvvet bağlantı katsayısı	
ρ_h	Havanın özgül kütlesi	(kg/m ³)
ρ_y	Yakıtın özgül kütlesi	(kg/m ³)
η_m	Mekanik verim	



BİLGİSAYAR PROGRAMI AKIŞ DİYAGRAMINDA KULLANILAN SEMBOLLER ve ANLAMLARI

n_{min}	Motorun en küçük çalışma devri
n_{max}	Motorun en büyük çalışma devri
h	Devir sayıları arası adım uzunluğu
KB	Sabit güç kademe sayısı
$x(i)$	Motor devir sayısı
$y(1,j,i)$	Güç
$y(2,j,i)$	Özgül yakıt sarfıyatı
$M(E,j,i)$	Spline fonksiyonu katsayısı
Re	Vites kutusu kademe sayısı
RR	Etkili teker yarıçapı
f_o	Yuvarlanma direnç katsayısı yol kaplaması faktörü
CD	Hava direnç katsayısı
Rh	Hava yoğunluğu
Vk	Kritik hız
Alan	aşır izdüşüm alanı
TKUT	Taşıt kütlesi
RYS	Ralanti yakıt tüketimi
RED(i)	Vites çevrim oranı
IDK(i)	Eşdeğer kütle katsayısı
ZMN	Süre
HIZ	Seyir hızı
IVME	İvme
YOLCU	Yolcu sayısı
YOL	Katedilen mesafe
YAKIT	Tüketilen yakıt miktarı
VITES	Kullanılmakta olan vites kademesi
AYS	Anlık yakıt tüketimi

RYS	Ralantide çalışmada 1 saniyelik süre içerisinde tüketilen yakıt miktarı
TOPKUT	Taşıtın toplam kütlesi
XT	İşletme şartlarına uyan motor hızı
TD	Hareket dirençleri toplamı
NT	Tahrik gücü
NE	Efektif motor gücü
MG	Motorun tam yükte güç değişimi
GK(j)	İşletme şartlarına uyan motor hızındaki güç değerleri
YK(j)	İşletme şartlarına uyan motor hızındaki güç değerlerine karşı gelen özgül yakıt tüketimi değerleri
BSFC	Çalışma şartına uyan özgül yakıt tüketimi
TYS	Toplam yakıt tüketimi
SURE	Süre
AYL	Bir saniyelik sürede alınan yol
ORTHIZ	Ortalama hız
DRKYS	Duraklarda tüketilen yakıt miktarı
YDRKYS	Duraklarda tüketilen yakıtın tüketilen toplam yakıtı oranı
DRKZMN	Duraklarda geçen süre
YDRKZMN	Duraklarda geçen sürenin toplam süreye oranı
DRMYS	Trafik nedeni ile olan durmalarda tüketilen yakıt miktarı
YDMKYS	Trafik nedeni ile olan durmalarda tüketilen yakıtın toplam yakıtı oranı
DRMZMN	Trafik nedeni ile olan durmalarda geçen süre
YDMKZMN	Trafik nedeni ile olan durmalarda geçen sürenin toplam süreye oranı
YYS	Yavaşlamalarda tüketilen yakıt miktarı
YYYS	Yavaşlamalarda tüketilen yakıtın tüketilen toplam yakıtı oranı
YZMN	Yavaşlamalarda geçen süre
YYZMN	Yavaşlamalarda geçen sürenin toplam süreye oranı
YYYL	Yavaşlamalarda katedilen mesafe
YYYL	Yavaşlamalarda katedilen mesafenin toplam mesafeye oranı
SHYS	Sabit hızda seyirde tüketilen yakıt miktarı

YSHYS	Sabit hızda seyirde tüketilen yakıt miktarının tüketilen toplam yakıta oranı
SHZMN	Sabit hızla seyirde geçen süre
YSHZMN	Sabit hızla seyirde geçen sürenin toplam süreye oranı
SHYOL	Sabit hızla seyirde katedilen mesafe
YSHYOL	Sabit hızla seyirde katedilen mesafenin toplam mesafeye oranı
HYS	Hızlanmada tüketilen yakıt miktarı
YHYS	Hızlanmada tüketilen yakıt miktarının tüketilientoplam yakıta oranı
HZMN	Hızlanmada geçen süre
YHZMN	Hızlanmada geçen sürenin toplam süreye oranı
HYOL	Hızlanmada katedilen mesafe
YHYOL	Hızlanmada katedilen mesafenin toplam mesafeye oranı



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.2.1 : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, şehir içi sürüş çevrimi hız- zaman profili.	28
Şekil 3.2.2. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, şehir dışı sürüş çevrimi hız-zaman profili.	29
Şekil 3.2.3. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, eyaletler arası (55 mil) sürüş çevrimi hız-zaman profili.	30
Şekil 3.2.4 : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, eyaletler arası (70 mil) sürüş çevrimi hız-zaman profili.	31
Şekil 3.3.1. : GOST 20306-90 standardına göre şehir içi çevrimi Hız-Yol profili.....	41
Şekil 4.1.1. : Yuvarlanan pnömatik tekerleğin temas yüzeyindeki basınç dağılımları.	46
Şekil 4.1.2: (4.6) numaralı eşitlikte kullanılan f_0 ve f_s katsayılarının lastik basıncına bağlı değişimleri.....	47
Şekil 4.4.1. : Çıkış eğimine bağlı olarak, yokuş direncinin oluşumu.....	51
Şekil 7.1.1 : Ölçümlerde kullanılan Ikarus 260 solo marka aracın boyutları.	72
Şekil 7.1.2. : Motor performansı.	74
Şekil 7.2.1. : Yakıt ölçme cihazı ile donatılmış yakıt sisteminin şematik resmi.	75
Şekil 7.2.2. : Yakıt ölçüm sistemi akış diyagramı.	76
Şekil 7.2.3. : Isı değiştirgeci şematik şekli ve akış prensibi.	78
Şekil 7.2.4. : Debi metre şematik gösterimi.	79
Şekil 7.2.5 : Debimetre çalışma prensibi şematik resmi.	79
Şekil 7.3.1 : Correvit-L sensörü çalışma prensibi şematik şekli	82
Şekil 7.3.2. : Correvit-L sensörü boyutları ve sensör ile ölçüm yapılacak yüzey arasında sağlanması gereken uzaklık değerleri aralığı.	83
Şekil 8.1.1. : Üç şehirler-Eminönü güzergahı, hareket saatlerine göre yakıt tüketimi. ...	93

Şekil 8.1.2. : Eminönü-Üç Şehitler güzergahı, hareket saatlerine göre yakıt tüketimi..	93
Şekil 8.1.3. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı yakıt tüketimi dağılımı.....	95
Şekil 8.1.4. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı yakıt tüketimi dağılımı.....	95
Şekil 8.2.1. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer hareket saatine göre sefer süreleri. .	96
Şekil 8.2.2. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı sefer hareket saatine göre sefer süreleri. .	97
Şekil 8.2.3. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer başlama saatlerine göre sefer süresi dağılımı.....	97
Şekil 8.2.4. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı sefer başlama saatlerine göre sefer süresi dağılımı.....	98
Şekil 8.2.5. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer sürelerine göre yakıt tüketimlerinin değişimi.	100
Şekil 8.2.6. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı sefer sürelerine göre yakıt tüketimlerinin değişimi	100
Şekil 8.3.1. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir hızları.....	102
Şekil 8.3.2. : Eminönü-Üç Şehitler güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir hızları.....	102
Şekil 8.3.3 : Üç Şehitler-Eminönü güzergahı ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.	103
Şekil 8.3.4 : Eminönü-Üç Şehitler güzergahı ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.	103
Şekil 9.1. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri.....	104
Şekil 9.2. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri.....	105
Şekil 9.3. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri.....	105
Şekil 9.4. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri.....	106

Şekil 9.5. 20 nolu sefer için yuvarlanma direnci yüzde değişiminin yüzde yakıt tüketimine etkisi	107
Şekil 9.6. 20 nolu seferde eşdeğer kütle katsayısındaki yüzde değişimin yüzde yakıt tüketimine etkisi.	108
Şekil 9.7 . 20 nolu seferde yolcu sayısının artışının yüzde yakıt tüketimine etkisi	108
Şekil 10.1.1 : Eminönü-Üç şehitler güzergahında 20 nolu sefer için durak atlama ile sağlanacak yakıt tasarrufu.	110
Şekil 10.2.1: Eminönü-Üç şehitler güzergahı, 20 nolu seferin vites seçimine ve üst seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.	112
Şekil 10.2.2. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı, 20 nolu seferin vites seçimine ve ortalama seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.....	112
Şekil 10.2.3 Eminönü-Üç Şehitler güzergahı, 24 nolu seferin vites seçimine ve üst seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.	113
Şekil 10.2.4: Eminönü-Üç Şehitler güzergahı, 24 nolu seferin vites seçimine ve ortalama seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.....	113
Şekil 10.2.5 : Ortalama hız, seyir üst hızı değişimi.	114
Şekil 10.3.1 : Mümkün olan en yüksek vites kademesi seçimi ile sağlanabilecek yakıt tasarrufu.	115

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 : Yakıt tüketimine etki eden faktörlerin etki oranları.	15
Tablo 3.2.1. : SAE J1082 Yakıt Ekonomisi Ölçümü genel özellikleri.	26
Tablo 3.2.2. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, şehir içi sürüş çevrimi, işlem tablosu.	26
Tablo 3.2.3. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, şehir dışı sürüş çevrimi işlem tablosu.	28
Tablo 3.2.4. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, eyaletler arası (55 mil), sürüş çevrimi işlem tablosu.	29
Tablo 3.2.5. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, eyaletler arası (70 mil), sürüş çevrimi işlem tablosu.	31
Tablo 3.3.1: GOST 20306-90 Motorlu Taşıtlar Yakıt ekonomisi testi, ölçüm şartları hata sınırları.	35
Tablo 3.3.2. : GOST 20306-90 standardına göre şehir içi çevrimi işlem tablosu.	40
Tablo 4.1.1: Pnömatik lastikler için, zemine bağlı olarak yuvarlanma direnç katsayısının değişimi.	48
Tablo 4.2.1. : Araç tiplerine göre aerodinamik direnç katsayıları değişimleri.	49
Tablo 4.3.1. : Vites kademelerine bağlı eşdeğer kütle katsayıları.	51
Tablo 5.1. : Örnek fonksiyona ait düğüm noktaları değerleri ve spline fonksiyonu katsayıları	59
Tablo 5.2. : Örnek fonksiyona ve spline fonksiyonuna ait sonuçlar ve mutlak hata değerleri.	59
Tablo 6.1. : Data dosyalarında kaydedilen büyüklükler ve birimleri.	61
Tablo 6.2.a. : Taşıtın işletme şartlarına karşı gelen devir sayısında, spline fonksiyonu tarafından hesaplanan güç değerleri.	63
Tablo 6.2.b. : Taşıtın işletme şartına gelen motor devir sayısında, spline fonksiyonu tarafından hesaplanan yakıt tüketimi değerleri.	63

Tablo 6.2.c. : Taşıtın işletme şartına gelen motor devir sayısında, spline fonksiyonu tarafından hesaplanan güç ve özgül yakıt tüketimi değerlerinin değişimi.	63
Tablo 7.4.1. : Ölçülen değerler ve birimleri.....	89
Tablo 7.4.2. : Eminönü-Üç şehitler güzergahındaki duraklar ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları.	90
Tablo 7.4.3 : Üç şehitler-Eminönü güzergahındaki duraklar ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları.....	90
Tablo 7.4.4. Sefer başlama saatlerine göre seferlerin numaralandırılması.	91
Tablo 7.4.5. Eminönü - Üç Şehitler yönünde sefer başlama saatlerine göre seferlerin numaralandırılması.	91



TEŞEKKÜR

İstanbul Trafikinde Belirlenen Güzergahta Çalıştırılan Belediye Otobüsünün Optimum Yakıt Sarfiyatı Koşullarının Nümerik Yöntemle Etüdü konusunda bana çalışma olanağı veren, çalışmam boyunca beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen hocam Sayın Prof.İrfan YAVAŞLIOL'a teşekkürlerimi, sunarım.

Çalışmamda yer alan ölçüm işlemlerinin gerçekleştirilmesinde, teknik imkanlarından yararlanmama olanak tanıyan Mercedes Türk A.Ş. ve ölçüm işlemlerine katkıda bulunan Geliştirme Bölümü çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Belirlenen güzergahta ölçüm işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için gerekli organizasyonun sağlanmasındaki işbirlikçi tutumlarından dolayı İ.E.T.T. Genel Müdürlüğü'ne, aracın teknik bakımlarında ve güzergahta çalıştırılması konusundaki yardımlarından dolayı Topkapı Garajı Yönetimi ve elemanlarına teşekkür ederim.

Çalışmamda yer alan şekillerin çizimindeki yardımlarından dolayı Mak.Yük.Müh Tarkan SANDALCI'ya teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımда manevi desteklerini eksik etmeyen Sayın Prof.Dr.Raif DURAK ve Y.T.Ü. Otomotiv Anabilim Dalı çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında, beni her zaman destekleyen, zor anlarda sürekli yanımda bulunan aileme ve fikri hür vicdanı hür nesiller yetiştirilmesini sağlayan kişilere teşekkürlerimi sunarım.

Muammer ÖZKAN
Eylül, 1997

ÖZET

Bu çalışmada, şehir içi toplu taşımacılıkta kullanılan bir otobüsün belirlenen güzergahta gün boyunca, farklı trafik yoğunluğunda çalıştırılmasında yol, hız, ivme, zaman, vites kullanım şartı, yolcu sayısı ve yakıt tüketimi gibi temel parametrelerinin gerçek değerleri yapılan ölçümler sonucu belirlenerek bu veriler ile uyuşan, otobüsün motor performans, ağırlık ve güç aktarma sistemi çevrim oranları gibi değerlerinin kullanılması ile her seyir şartına uyan yakıt tüketimini hesaplayacak model oluşturulmuştur. Gerçek değişimle uyum sağladığı gözlenen ve bir saniye aralıklarla sefer boyunca tüketilen yakıt miktarı değişimini veren hesaplama modelinde yakıt tüketimine etki eden üst seyir hızı, vites kademesi seçimi, kararlı hızda seyir, durak sayısı gibi faktörler realiteden uzaklaşmayacak mertebede değiştirilerek sefer içerisinde yakıt tasarrufuna etki yüzdeleri ve elde edilebilir değişimleri optimum mertebelerinin ne olması gerektiği araştırılmıştır.

Buna göre, durak sayısının azaltılmasının yakıt tasarrufuna etki mertebesinin %3-5.8, kararlı üst seyir hızında mümkün olan en yüksek vites ile seyrin yoğun trafik şartlarında yakıt tasarrufuna etki mertebesinin %27-53, açık trafik şartında yakıt tasarrufuna etki mertebesinin %30-55, gerçek sefer şartlarında mümkün olan en yüksek vitesin kullanılmasının yakıt tasarrufuna etki mertebesinin %6.5-12.2, aracın yavaşlama şartında çalıştırılmasında silindirlere püskürtülen yakıtın kesilmesinin yakıt tasarrufuna etki mertebesinin % 9.39 olduğu görülmüştür.

Trafiğin yoğun olmadığı seferlerde elde edilen veriler değerlendirilerek, söz konusu güzergahta yakıt tüketimi yönünden en uygun seyir ve araç kullanım şartları hesaplama modeli ile elde edilip yapılan karşılaştırmalarda sürücünün olumsuz araç kullanım alışkanlıklarının yakıt tüketimine etkileri belirlenmiştir. Trafiğin yoğun olduğu saatlerde yapılan seferlere ait ölçüm sonuçları, aynı güzergahta açık trafik şartının olduğu varsayımı ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu sürücünün olumsuz taşıt kullanım alışkanlığı ile birlikte yoğun trafiğin toplam yakıt tüketimine etki mertebeleri araştırılmıştır.

Aracın yavaşlama ve hızlanma şartlarını arttıran trafik koşulunun yakıt tüketimini etkileyen en önemli etken olduğu görülmüştür. Olumsuz sürücü alışkanlıklarının giderilmesi, tercihli yol uygulamasına geçilerek yoğun trafiğin olumsuz etkilerinden uzaklaşılması, rahatsızlığa yol açmayacak şekilde yakın durakların kaldırılması, yakıt püskürtme sistemine etki edilerek yavaşlama şartında silindirlere püskürtülen yakıtın kesilmesi ve seyir şartlarına en uygun vites kademesinin kullanılması gibi uygulanabilir önlemlerin alınması ile söz konusu güzergahta toplam % 55 mertebesinde yakıt tasarrufunun sağlanacağı görülmektedir.

SUMMARY

In this study, a city bus working on its common route with varying traffic flow was daily observed. The effects of the basic parameters like the road surface conditions, the velocity, the acceleration, the departure time, duration of travel, the use of gear level, the number of the passengers on the fuel consumption were analyzed. By using the parameters such as the bus' weight, motor performance, transmission gear ratio a model computing fuel consumption for all conditions in a daily route were set up. Next, the factors like the maximum speed, the gear step level, driving at a constant velocity and the number of bus-stops were varied step by step to find their effects on the fuel economy and to find the optimum degrees of variances for these factors.

As a result of this study, 3-5.8% fuel saving was obtained by changing the number of bus-stops on the route one at a time. In the rush hours, usage of the highest gear level provided fuel saving between 27-53%. The effect of low traffic load on the fuel saving was 30-55%. The fuel saving at real driving conditions using gears as high as possible was 6.5-12.2%, and fuel saving via cut-off at the time of deceleration was 9.39%.

By investigating the data from the low traffic load, the most suitable driving and vehicle driving conditions were calculated from the point of view of the fuel consumption for the related route. The effect of negative driving habits of drivers on the fuel consumption was found by comparing different situations. The results of the measurements taken during a travel at the rush hour traffic density were compared with free flow traffic condition for the same route. In addition, the results of this comparison was investigated with the negative driving habit to observe the affect of the level of the traffic density on the total fuel consumption.

The traffic forcing the bus to decelerate or to speed up was observed to be the most important factor affecting the fuel consumption. Taking measures such as avoiding the negative driving habits, keeping away from the negative effects of the traffic density by using private city bus route, cutting off the fuel injected to cylinders while decelerating and using the appropriate gear during driving were observed to provide a total of 55% fuel saving.

1. GİRİŞ

1970'lerin başındaki petrol krizi, motorlu taşıt üreticilerini 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 deyinen 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 [33],[35].

Bir taşıtın yakıt tüketiminin tahmini gerek üretici gerekse kullanıcılar açısından son derece önemlidir. Özellikle büyük ticari taşıt filolarına sahip işletmeciler için yakıt masraflarının toplam işletme maliyeti içersindeki payının büyük oranlara varması, bu konunun önemini daha da artırmış ve ticari taşıt filolarına sahip olan firmaların, yakıt ekonomisi tahminleri üzerinde yapılan araştırmalara destek vermelerine neden olmuştur [43].

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.[2]

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 [33]. 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.

1.1 Bilgisayar Simülasyonu ile Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi Üzerine Yapılmış Örnek Çalışmalar

Hazım K. Al-Omishy, Ekhlass M.Fayad, Ramzi 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.

Çalışmada ağırlıkları 7500-14100 (N) arasında değişen taşıtlar kullanılmıştır. Söz konusu parametrelerin yakıt tüketimine etkileri yapılan deneysel çalışmalarla taşıtın seyir hızına bağlı olarak bulunmuş ve sonuçlar ikinci dereceden fonksiyonlarla ifade edilmiştir.

Geliştirilen bilgisayar programında, daha önceleri deneysel çalışmalarda kullanılan bir güzergah simüle edilmiştir. Trafik akışının iki veya üç değişik (hafif, orta ve ağır) taşıt tipini ihtiva ettiği, taşıtların bu güzergaha rastlantısal olarak girdikleri ve iki araç arasındaki boşluk 50 m den az olduğu sürece araç takip teorisine göre hareket ettikleri kabul edilmiştir. Taşıt hızı ve ivmesi araç tiplerine göre yapılan dağılımlarla tespit edilmiştir. Taşıtların birbirlerini geçmeyecekleri varsayılmıştır. Ancak araç hızı arzu edilenden daha düşükse, programda taşıtın hızını arttırmak için, uygun trafik koşulları değerlendirilmiştir. Güzergaha giren araç tipleri ve sayıları trafik akışındaki yüzde dağılımları göz önüne alınarak yapılmıştır.

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.[23]

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.

Jamil I.Ghojel, (1992), çalışmasında açık madenlerde kullanılan ağır hizmet kamyonlarının yakıt sarfiyatlarının hazırlanan bir bilgisayar programı ile simüle edilerek işletme maliyetlerinin azaltılmasını hedeflemiştir.

Aracın ağırlığı ve geometrisine ait bilgiler, motorun yakıt haritası, aksesuar yük sabiti, soğutucu fan yük sabiti, aktarma organları verimleri ve çevrim oranları , yuvarlanma direnç katsayısı, aerodinamik direnç katsayısı, bir seferin hız-zaman profili, güzergahtaki eğimler programa girdi olarak verilmiştir.

Kullanılan veya tasarlanan bir kamyonun , gerçek veya alternatif güzergahlarda kullanılması sonucu oluşacak yakıt tüketimleri , hareket dirençlerinin her biri için gerekli güç, toplam güç gereksinimi, saatlik ve sekiz saatlik bir vardiya için yakıt tüketimleri programdan çıktı olarak alınmıştır.

Çalışmada, her vites kademesindeki mekanik verimlerin, güzergah üzerindeki eğimlerin ve ortam koşullarının sabit olduğu kabul edilmiştir. Tüm dönen elemanların dönme atalet momentleri ve tekerlekteki kaymalar ihmal edilmiştir. İvmelenme ve seyir esnasında motorun belirli bir üst hız sınırının altında , boşaltma ve yavaşlama işlemlerinde 1500 (d/d) hızda çalıştığı varsayılmıştır.

Hazırlanan program, önerilen bir çevrimi kabul etmekle birlikte, elde edilebilir motor gücü ve arazi şartlarını göz önünde bulundurarak alternatif çevrimler oluşturmaktadır. Güzergahları sabit eğimli bölgelere ayırarak, her sabit eğim bölgesi için bir saniye aralıkla seyir hızı, motor hızı ve o anda motordan çekilen güç hesaplanarak, motor haritasından anlık yakıt tüketimini belirlenmiştir. Sonuçta saatlik yakıt tüketimi, her çevrim süresince harcanan yakıt miktarı ve çevrimin toplam süresinden yararlanılarak bulunmuştur.

Bu çalışmanın sonuç kısmında, güzergahın, taşıt kütlesinin, motor çalışma hızı üst sınırının, yuvarlanma ve aerodinamik direnç katsayılarının, aktarma organlarının veriminin, fan ve aksesuar yük sabitlerinin yakıt tüketimine etkileri incelenmiştir [17].

Simüle edilen taşıtların, güzergah üzerindeki seyir hızlarının, motor üst seyir hızı veya doğrudan programa girilen üst seyir hızı değeri ile sınırlandırılması, dolayısı ile taşıtın seyir hızının güzergah üzerindeki trafik akışından bağımsız olarak belirlenmesi, kullanılan çevrimin gerçeğe uyumunu kısıtlanmıştır. Alternatif veya gerçek güzergahların kullanılması ile yapılan simülasyonlarda, kamyonların sabit ivme ile hızlandıkları ve sabit seyir hızlarını korudukları şeklinde esas alınan varsayımlar, önerilen çevrimin gerçek şartlardan uzaklaştırıcı etkenler olarak gözükmemektedir.

Ohta M., Ichikawa T., (1985) tarafından yapılan çalışma, bir laboratuvar tesisinde gerçekleştirilen ölçümlere dayanmakta ve geliştirilmekte olan bir taşıta ait, yakıt ekonomisi sağlayacak bilgilerin elde edilmesini amaçlamaktadır. Test düzeni, tekerlekleri çıkartılarak fren kampanalarına, seyir dirençlerinin etkisini yaratmak amacı ile doğru akım motorları bağlanmış bir taşıt ve ölçüm cihazlarından oluşmaktadır. Taşıta otomatik veya manuel olarak kumanda edilebilmektedir.

Çalışmada girdi olarak, sabit hızda hareket ettiği varsayılan örnek taşıta etki eden hareket dirençlerinin toplamını veren bir eşitlikten elde edilen değerler kullanılmıştır. Taşıtın yavaşlaması ayrı bir eşitlikle ifade edilmiştir. Kullanılacak vites kademesinin

belirlenmesinde taşıtın çalışmasının mümkün olduğu en yüksek vites kademesi seçilmiştir.

Hesaplamalar için gerekli olan katsayılar değişik testler sonucu elde edilen değerlerdir. Hassas sonuç elde etmek amacı ile aktarma organlarının sabit sıcaklıkta kalmasına çalışılmıştır.

Yüksüz durum için güç iletim sistemindeki kayıplar, çok küçük olmaları nedeni ile, tekerlerden kaynaklanan seyir dirençleri ise tekerlerin çıkartılmasından dolayı ihmal edilmişlerdir. Çalışmada taşıtın daha önceden belirlenen hedef hıza mümkün olduğunca yakın çalıştığı, vites büyültme ve küçültme işlemlerinin sonsuz hızda yapıldığı, yan rüzgar ve viraj dirençlerinin olmadığı kabul edilmiştir. Bu çalışmada, şehir içi taşıt kullanımında yakıt ekonomisi açısından önemli bir faktör olan insan faktörü ihmal edilmiştir.

Japonya'da bulunan dört büyük otoyolda yapılan çalışmalar sonucu bu otoyollara ait eğim profilleri çıkartılmış ve eğimin %0.1 değişimi için hedef hızda 180 (km) mesafedeki yakıt tüketimleri belirlenmiştir. Taşıta ait gerçek değerler değiştirilerek yakıt sarfiyatına etkileri irdelenmiştir [33].

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

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.

Otobüs değişkenlerinin yakıt ekonomisi üzerine etkisinin belirlenmesi için otobüsün referans bir test veya sürüş çevrimi üzerinde simüle edilmesi gerekir. Bu çalışmada kullanılan çevrim farklı hız-zaman profilleri ve mesafeleri olan üç değişik fazdan oluşan İleri Dizayn Otobüs Çevrimi (ADB) dir. Çevrimin birinci fazı merkez iş bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu faz 2 mil mesafede ve mil başına 7 durma noktası içermekte ve maksimum seyir hızı 32 (km/h) (20 mph) dır. İkinci faz yol fazıdır. Yol fazı 3.2 (km) (2 mil) uzunluğa ve mil başına 2 durma noktasına sahiptir. Maksimum seyir hız 64 (km/h) (40 mph) dır. Son faz uzak yol fazı olarak adlandırılır ve 6.4 (km) (4 mil) uzunluğundadır. Bu fazda tek durma noktası bulunmakta ve maksimum seyir hız 88 (km/h) (55 mph) dır. Bu fazlar ivmelenme, sabit hız , yavaşlama ve durma bölgelerinden oluşmuştur.

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 [43].

Çalışmada kullanılan, İleri Dizayn Otobüsü seyir çevriminin, sabit ivme ile hızlanma, sabit seyir hızı ve sabit ivme ile yavaşlama bölümlerinden oluşması, tahmin edilen yakıt sarfiyatının, gerçek testlerde elde edilen yakıt sarfiyatına uyumunu, belirtilen şartların gerçek testlerde tam olarak sağlanamaması nedeni ile azaltıcı yönde etki etmiştir. Çalışmanın ana hedeflerinden biri olan, otobüs sistemlerinin yakıt ekonomisine etkileri, aracın , sabit ivme ile hızlanma, sabit seyir hızı ve sabit ivme ile yavaşlama bölümlerindeki toplam çalışma sürelerinden etkilendiğinden, yöntem gerçek seyir şartlarına belirli bir toleransla yaklaşım sağlamaktadır.

İrfan Yavaşlıoğlu, (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 bağı 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 verileri olarak girilmektedir.

Taşıtın seçilen sabit hızda, motorun bu hızı ve gerekli olan gücü sağlayabileceği çalışma aralığında, her vites kademesinde, 100 km mesafeyi katedebilmesi için harcadığı yakıt miktarı, programdan çıktı olarak alınmaktadır. Belirlenen seyir şartlarının sağlanamaması durumunda, program tarafından bir sonraki vites kademesi veya seyir hızı şartına geçilmektedir.

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 [42].

Y.Samim Ünlüsoy (1985), çalışmasında, motorlu taşıtların yakıt sarfiyatlarının hesaplanmasında kullanılmak üzere hazırlanan bilgisayar programını ve örnek taşıt için hesaplanmış sonuçları sunmuştur.

Araç kütlesi, aerodinamik direnç katsayısı, harekete dik kesit alanı, vites çevrim oranları, dönen elemanların eşdeğer kütle sabitleri, diferansiyel çevrim oranı, teker dinamik yarıçapı, yol tipi, toplam motor hacmi, lastik tipi, lastik basıncı ile ilgili bilgiler, programa girdi olarak verilmektedir.

Çalışmada, taşıtın işletme koşulları dört gruba ayrılmıştır. Bunlar, ralantide çalışma, sabit ivme ile hızlanma, sabit hızda seyir ve sabit ivme ile yavaşlama gruplarıdır. Yavaşlama bölümünde, sürücünün kavramaya kumanda ederek, motor ile tahrik teklerlerinin ilişkisini kestiği varsayılarak, motorun ralanti şartında çalıştığı düşünülmüş ve bu şarttaki çalışmalarda tüketilen yakıt miktarı, ralanti şartında tüketilen yakıt miktarına eşit alınmıştır.

Ralanti şartında çalışmada, toplam çalışma süresi, motor devri, motorun ralanti şartında sağladığı güç veya birim zamanda tükettiği yakıt miktarı, sabit seyir hızında çalışma şartında, toplam süre, seyir hızı, kullanılan vites kademesi, hızlanma şartında çalışmada ise ilk hız, son hız, toplam süre değerlerinin programa girilmesi gerekmektedir.

Taşıtın, istenilen seyir şartında hareket etmesi için gerekli tahrik gücünden ve seyir hızından yararlanılarak, program tarafından motor gücü ve devri hesaplanmaktadır. Motorun bu işletme şartına uyan özgül yakıt sarfiyatının değeri motor haritasından okunarak programa girilmesi ile taşıtın belirlenen şartlarda seyri esnasında harcadığı yakıt miktarı hesaplanmaktadır [39].

Hesaplanan motor işletme şartlarına uyan özgül yakıt sarfiyatı değerinin, programa dışardan girdi olarak verilmesi, programın değişik işletme şartlarında çalışacağı seyir koşullarında yöntemin kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır.



2.YAKIT TÜKETİMİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER

2.1.Taşıt Ağırlığı

Taşıt ağırlığının artması, seyir anında taşıta etki eden yuvarlanma, yokuş ve ivme dirençlerini fazlalaştırır. Belirli seyir şartında, daha büyük ivme direncinin karşılanabilmesi için daha büyük tahrik gücüne gereksinim duyulur. Daha önce deyinildiği gibi, motor gücünün artması, katedilen km başına harcanan yakıt miktarını arttırmaktadır. Daha ağır olan taşıtın düşük güçlü motor ile tahrik edilmesi ise, taşıtın seyir performansını olumsuz etkileyecektir. Taşıtın ulaşabileceği maksimum seyir hızı, ivmelenme ve yokuş tırmanma yeteneği belirli güçteki bir motorla daha ağır bir taşıtın tahrik edilmesi durumunda bozulacaktır. Taşıt ağırlığının azaltılmasının, yakıt tasarrufunda etkinliği fazla olduğundan, günümüz taşıtları eskilerle karşılaştırıldığında, boyutlarının küçülmesi ile konstrüksiyonda daha hafif yapıya yönelinmesi ve yoğunluğu düşük malzemelerin kullanılmaya başlanması göze çarpmaktadır. Taşıt ağırlığında, değişik yöntemler sonucu yapılan azaltma, bir yandan seyir dirençlerinin azalması ile harcanan yakıt miktarının azalmasına neden olurken diğer yandan taşıtın taşıma kapasitesinin artması nedeni ile yakıt ekonomisini de arttırmaktadır [40], [12].

2.2.Lastikler

Lastik hava basıncı, lastiklerde meydana gelen deformasyonu ve dolayısı ile seyir anında taşıta etki eden yuvarlanma direncinin mertebesini belirler. Lastik hava basıncının azalması, yuvarlanma direncini artırır ve lastiğin yük taşıma kabiliyetini azaltır. Yuvarlanma direncinin artması, belirli seyir şartında motordan daha fazla güç çekilmesi anlamına geleceğinden yakıt tüketimini olumsuz etkiler. Lastik hava basıncı arttıkça lastikteki deformasyon azalacağından, seyir halinde yol deformasyonu nedeni ile oluşan darbelerin gövdeye geçme eğilimi artar. Bu durum, hem taşıt konforunu azaltır hem de taşıtın değişik aksamlarında zorlanma ve yıpranmaya yol açar. Taşıtın ağırlığına bağlı olarak değişen, optimum lastik basıncının üstüne çıkılması halinde, yukarıda deyinilen

olumsuzlukların yanı sıra yakıt tüketiminde sağlanan kazanç gittikçe önemsizleşmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalara göre yuvarlanma direnci yakıt tüketimine %20 oranında etki etmektedir. Yuvarlanma direncinde %5 mertebesindeki bir azalma, yakıt tüketimini yaklaşık %1 azaltmaktadır. Radyal lastiklerin yuvarlanma dirençleri, çapraz kuşaklı lastiklerden % 6÷12 arasında daha azdır [12],[4].

2.3.Taşıtın Aerodinamik Formu

Taşıta etki eden rüzgar direnci, prensip olarak, hareket anında taşıtın ön ve arka yüzeyleri arasındaki basınç farkıyla, taşıt yüzeyinin hava ile sürtünmesinden ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, rüzgar direncinin büyüklüğüne etki eden önemli parametrelerden biri taşıtın gövdesinin şekillendirilmesidir. Rüzgar direncinin azaltılması için, taşıtın harekete dik iz düşüm alanı, aerodinamik direnç katsayısı ve seyir hızının düşük değerlerde olması gerekmektedir. Şehir içi taşıt kullanımında genel olarak seyir hızlarının düşük olması nedeni ile rüzgar direncinin yakıt tüketimine etkisi fazla değildir. Buna karşın , rüzgar direnci nedeni ile motordan çekilen güç seyir hızının kübü ile arttığından, şehir dışı yollardaki seyir halinde rüzgar direncinin yakıt tüketimine etkisi önemli mertebelere ulaşmaktadır. Rüzgar direncindeki %10 mertebelerindeki bir azalma, yaklaşık %5 yakıt tasarrufu sağlamaktadır [25],[12].

2.4.Taşıt Kullanım Karakteristiği

Binek taşıtlarının günlük kullanımlarında, kullanım süresinin önemli bir kısmı genellikle kısa mesafeli seyirlerde ve ısınma periyodunda geçer. Bu kilometre başına harcanan yakıt miktarının artmasına neden olur. Motor ve transmisyon sistemi rejim sıcaklığına ulaştıktan sonra yakıt tüketimi kararlı bir düzeyde kalır. Motorun ısınma periyodunda tükettiği yakıtın katedilen kilometre başına düşen miktarı, seyir mesafesi arttıkça azalır [40],[12] .

Şehir içi araç kullanımı ile şehir dışı araç kullanımı arasındaki fark, şehir içi seyirlerde ortalama hızın daha düşük olması ve sık duruş kalkışlardır. Sükunetten harekete geçen taşıta, kararlı seyir koşulunda olmayan ivme direnci etki eder. İvme değeri arttıkça, bunun karşılanması için motordan çekilen güçte artar. Şehir içi kullanımlarda, aracın durduğu sürelerde tüketilen yakıt, litre başına katedilen yolu kısaltır [12],[36].

Taşıt kullanımında sürücü alışkanlıklarının da önemli bir etkisi vardır. Yakıt tüketimini olumsuz etkileyen bu alışkanlıkları şu ana başlıklar altında sıralayabiliriz.

- Ekonomik seyir hızı mertebesinin üstünde seyretmek.
- Kararlı hızda seyretme alışkanlığının olmaması.
- Hızlanmaların büyük ivmeler ile gerçekleştirilmesi.
- Motorun ısıtmak amacıyla uzun süre boşa çalıştırılması.
- Uzun süre beklenmesi gereken hallerde motorun durdurulmaması.
- Motordan güç çeken aksesuarların gereksiz yere çalıştırılması.

Taşıtın yakıt tüketimini etkileyen motor işletme şartı ve uygun vites kademesinin seçimi , taşıtı kullananın bilgisine ve inisiyatifine bağlıdır [7], [8], [35].

2.5.Güç İletim Sistemi

Güç iletim sistemi, motor gücünün tahrik tekerlerine iletilmesini sağlar. Güç iletiminde, motorla tahrik tekerleri arasındaki yol ne kadar kısalırsa, sistemin ataleti o kadar azalır ve mekanik verimi artar. Güç iletim sisteminin ataletinin fazla olması ivme direncini arttırır. Bunun sonucu motordan çekilen güç ve sarfedilen yakıt artar. Belirli motor gücü için ise, taşıtın ivme yeteneği azalır. Transmisyon sistemi ile ilgili yakıt tüketimini etkileyen bir diğer konu, motor hareketini vites kutusuna aktaran kavramanın özelliğidir. Sürtünmeli kavramalarda, bağlanmış pozisyonda kayma olmadığından güç iletimi kayıpsızdır. Hidrolik kavrama ve tork konverterlerde ise %5 mertebelerindeki kayma yakıt tüketimini olumsuz etkilemektedir. Günümüzde kullanılan kilitli hidrodinamik tork konverterleri ile bu olumsuzluk giderilmeye çalışılmaktadır.

Güç iletim sistemi çevrim oranlarının da yakıt tüketimi üzerine önemli etkisi vardır. Elektronik kontrol sistemi ile vites değiştirme sisteminin hassas olarak belirlenmesi, yakıt tüketiminin azaltılmasına etki etmektedir. Geliştirilme safhasında olan sonsuz kademeli vites transmisyonlar (CVT) yakıt tasarrufu sağlamak için uygun imkanlar sunmaktadır [24],[38].

Tablo 2.1 Yakıt tüketimine etki eden faktörlerin etki oranları.[9]

Yakıt tüketimine etki eden faktörler	Etki yüzdesi
Taşıt ağırlığı	%10...15
Radyal lastikler	%7.....12
Aerodinamik yapı	%7.....10
Kullanım karakteristiği	%7.....9
Güç iletim sistemi	%10...14

3.YAKIT TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN ULUSAL TEST STANDARTLARI

3.1. SAE J1264 Yakıt Tüketimi Test Prosedürü

3.1.1. Amaç : Bu test, araç üzerinde kullanılan eleman ve sistemlerin gerekli minimum yakıt ihtiyaçları belirler.

Bu elemanlar, bir kamyon dan diğerine değişebilir. Sonuçlar, elemanın bağıl yakıt verimi veya yakıt ekonomisini yüzde geliştirme faktörü olarak ifade edilir. Bu faktörler aracın özel eleman veya sistemle çalıştığı ve çalışmadığı durumlar için belirlenir. Bu test tekniğinin doğruluk payı % 71÷72 dir. Doğruluk payının mertebesi yakıt ölçüm metoduna bağlıdır.

3.1.2. Tanıtım : Test altındaki taşıtın tanımlanması için gerekli bilgiler kaydedilir.

3.1.3. Tanımlar :

3.1.3.1. Test çevrimi : Test çevrimi, iki kamyonla yapılan, iki adet dairesel turdan oluşur. Kullanılan elemanlar veya sistemler, birinci veya ikinci test turlarında bir araçtan diğerine yerleştirilebilir.

3.1.3.2. Test turu : Bir test turu, test çevriminin yarısı olup, iki araçtan birinde elemanlar veya sistemler bulunur. Bir test turu, her zaman belirli bir noktada başlar ve biter.

3.1.3.3. Test ayağı : Tek uzun yol test çevrimi esnasında, bir test turunun yarısı bir test ayağıdır.

3.1.3.4. A ve B taşıtları : Test amacı ile kullanılan taşıtlar bazen Taşıt A ve Taşıt B olarak ifade edilirler.

3.1.4. Tavsiye edilen, filo test hazırlığı :

3.1.4.1. Test rotası seçimi : Test düzenlenirken, her test ayağının 50 (km) den az olmamasına dikkat edilir. Seçilen test rotası, taşına bilir yakıt tanklarının kapasiteleri göz önünde tutularak belirlenmelidir. Taşıtların her ikisinde yasal maksimum hızda gidebilmelidir. Seçilen hız, filo hız ortalamasından farklı olmamalıdır.

3.1.4.3. Test özellikleri ve bakım : Test için iki taşıt seçilir. Filo testlerinde olduğu gibi bu taşıtlar aynı özelliklerde ve benzer mekanik şartlara sahip olmalıdırlar.

3.1.4.4. Taşıt Yükleri : Test periyotları için yük ağırlıkları seçilmelidir.

3.1.4.5. Test bileşeni : Test edilecek sistem veya eleman taşıt A içindir.

3.1.4.6. Taşıt ölçüm cihazları ihtiyacı : Test esnasında yakıt ölçümü için, taşınabilir yakıt tankları kullanılacaksa, skala maksimum 0.1 (kg)' da kalibre edilmelidir.

3.1.4.7. Sürücü seçimi : Filo sürücü kayıtları göz önünde bulundurularak seçilen sürücüler, belli taşıtlar için atanırlar ve test süresince aynı aracı kullanırlar.

3.1.4.8. Taşıt tayini : Taşıt ve sürücü kombinasyonları A ve B taşıtları olarak atanır.

3.1.5. Tavsiye edilen test prosedürü :

3.1.5.1. Taşıt A ve B aynı başlangıç ve ısınma prosedürünü takip eder.

3.1.5.2. Taşıt A ve B birlikte aynı noktada yakıt alır. İki taşıtta aynı yakıt noktasında aynı yakıt dağıtıcı ile doldurulur. Ağırlık metodu kullanılıyorsa , tanklar kapatılır ve tartılır. Tartı sonuçları kaydedilir.

3.1.5.3. Bir test turunun her ayağında, önce, hava, yol, trafik şartları, rüzgar hızı ve doğrultusu kaydedilir.

3.1.5.3.1. Rüzgar hızı, ucuz bir deniz tipi rüzgar indikatörü ile tespit edilebilir. Rüzgar doğrultusunda başlangıç ve bitiş noktalarına karar verilebilir. Yada yerel meteoroloji İstasyonuna başvuruyla bilinir.

3.1.5.4. A ve B taşıtları başlangıç noktalarına hareket ederler ve park edip motorlarını durdururlar. Yakıt ölçüm cihazı okunur ve kaydedilir.

3.1.5.5. A ve B taşıtları, motorları çalışırken aynı anda zaman kaydedilmeye başlar. Taşıtlar, A taşıtı önde olmak üzere test ayağında hareket ederler. A taşıtı seçilmiş üst test hızına ulaşırken, B taşıtı daha az bir ivme ile seçilen üst test hızına ulaştığında, aralarındaki mesafe $180 \div 230$ (m) olacak şekilde hızlanır.

3.1.5.6. Test ayağı üzerinde daha önceden karar verilmiş bir noktada, toplam test ayağının yarısında, A taşıtı hızını 8 (km/h) düşürerek, B taşıtının öne geçmesine izin verir. B taşıtı geçiş esnasında, hızını 8 (km/h) arttırabilir ancak daha sonra hızını seçilen test üst

hızına düşürür. A taşıtı ise iki taşıt arasındaki mesafe 180÷230 (m) olacak şekilde hızlanır.

3.1.5.7. Bu test ayağının sonunda A ve B taşıtları, önceden karar verilmiş bir dönüş noktasında dururlar. Test sonunda motor 1 dakika boşta çalıştırıldıktan sonra durdurulur. Kapatma süresi kaydedilir. Yakıt ölçüm sonucu okunur ve kaydedilir. Hava, yol, trafik şartları, rüzgar hızı ve doğrultusu kaydedilir.

3.1.5.8. A ve B taşıtları geri dönüp önceden belirlenen başlangıç noktasına gelip test ayağı için dururlar.

3.1.5.9. İki taşıt, taşıt B önde olacak şekilde test ayağına başlarlar ve zaman kaydedilir.

3.1.5.10. Test ayağının orta noktasında, A taşıtı yukarıda anlatılan şekilde B taşıtını geçer. İki taşıt önceden belirlenmiş bitiş noktasına bu şekilde ilerlerler. Test turunun bitiminde, motorlar bir dakika boşta çalıştırıldıktan sonra durdurulur. Yakıt ölçüm cihazı okunur ve kaydedilir. A ve B taşıtlarının yakıt tankları tartılır ve kaydedildikten sonra tekrar doldurulur ve tartılır.

3.1.5.11. Bir test çevrimi iki dairesel test turundan oluşur. Test edilen modifikasyon veya donanım, bir araçtan diğerine aktarılır. 1.5.2. ve 1.5.10 arasındaki maddeler tekrar edilirler.

3.1.5.12. A ve B taşıtlarının sürücüleri ile seyir değerlendirilmesi yapılır.

3.1.6. Prosedürün hesabı :

3.1.6.1. A taşıtı tarafından test turlarında tüketilen yakıt miktarları toplanır.

3.1.6.2. B taşıtı tarafından test turlarında tüketilen yakıt miktarları toplanır.

3.1.6.3. 1.6.1 ve 1.6.2. paragraflarında belirtilen işlemler sonucunda, 1.6.1 paragrafında belirtilen işlemin sonucu, 1.6.2. paragrafında belirtilen işlemin sonucundan daha küçük ise test edilen sistem veya eleman yakıt ekonomisi sağlamaktadır.

3.1.6.4. Düzenli olarak debi ölçer kullanılarak yapılan testler, test deneyimine dayanarak $\pm\%2$ doğruluk payına sahiptir.

3.1.7. Dikkat edilecek hususlar :

- 3.1.7.1. Testte kullanılan bütün yakıt tankları aynı sıklıkta üzerinde tartılmalıdır. Yakıt tanklarını dış kısımları iyice temizlenmelidir. Test çevrimi sonundaki ağırlık farkları hacimsel ifadelerle dönüştürülür. Tanklarda iki bağlantı hortumu kullanılması tavsiye edilir.
- 3.1.7.2. Bileşenlerin veya sistemlerin, yakıt ekonomisini artırma yüzdeleri belirlenirken, yakıt kullanımı, yuvarlanma direncinin etkisi, aerodinamik direnç ve diğer kayıplar gösterilir. Bağıl rüzgar hızındaki küçük değişimler, sonuçta büyük farklılıklar yaratabilir.
- 3.1.7.3. Bütün test koşulları, değişik testlerde aynı sonucu alabilmek için aynı şartlara sahip olmalıdırlar. Pratikte, kesin olan değişmez bir koşul yaratmak mümkün değildir. Bu test metodu ile belirli bir araç sınıfında, test edilen elemanlar veya sistemler için kesin bir değerlendirilme yapılması tavsiye edilmez. Değişik şartlar altında, bir sistem veya tek bir bileşen için çok yönlü testlerin yapılması tavsiye edilir. Çok yönlü testler aşağıda belirtilen şartları içerirler.
- 3.1.7.3.1. Ortalama amaçlar için iki veya daha çok test.
- 3.1.7.3.2. Değişik üst test hızlarında gerçekleştirilen iki veya daha çok test.
- 3.1.7.3.3. Değişik rüzgar hızlarında iki veya daha çok test.
- 3.1.7.3.4. Değişik ortam sıcaklığı şartlarında iki veya daha çok test.
- 3.1.7.4. Bu test prosedürü, değiştirilmesi için önemli zamana gerek olan motor, transmisyon, akslar gibi parçalar için Tip II servis test prosedürünü tavsiye eder.
- 3.1.7.5. Testten önce A ve B taşıtlarının sürücülerinin, aracı, güzergah üzerinde, iki defa sürmeleri tavsiye edilir. Sollama manevraları, başlama, bitiş pratiği test sonuçlarında kesin doğruluk derecesi elde edilmesini sağlar.
- 3.1.7.6. Test farklılıklarını minimuma indirebilmek için, testte kullanılan iki taşıtın benzer mekanik koşullarda olmaları gerekir.
- 3.1.7.6.1. Aynı tekerlek tipi, boyutları, basıncı.
- 3.1.7.6.2. Aynı motor yağı numarası ve kalitesi.
- 3.1.7.6.3. Aynı transmisyon yağı numarası ve kalitesi.
- 3.1.7.6.4. Aynı diferansiyel yağı numarası ve kalitesi.
- 3.1.7.6.5. Aynı teker göbek bağlantısı yağı numarası ve kalitesi.
- 3.1.7.6.6. Her taşıt ve römork filo ihtiyacına göre yağlanmalıdır.
- 3.1.7.6.7. Testten önce her motor standart kontrolden geçirilmelidir.

3.1.7.6.8. Soğutucu sıcaklığının iki taşıtta da aynı olması için iki taşıtta da aynı sıcaklık kontrol cihazları bulunmalı.

3.1.7.6.9. Yeni hava ve yağ filtreleri kullanılmalı.

3.1.7.6.10. Seçilen test taşıtları en az 2000 mil sürülmüş olmalı ve mümkünse katettikleri mesafeler arasındaki fark $\pm\%10$ 'u aşmamalı.

3.1.7.6.11. Taşıtlar temiz olmalı.

3.1.7.6.12. Aynı aks yükünün sağlanması için 5.lastik aynı noktaya konmalı.

3.1.7.6.13.Camlar her araçta aynı şekilde açılır ve kapanır.

3.1.7.6.14.Elektrik yükü mümkün olduğunca aynı olmalıdır.(Hava şartlandırma cihazı kapalı, ışıklar açık)

3.1.7.6.15. Römorklar aynı model ve yapım olmalıdır.

3.1.7.6.16. Araç teker hizaları kontrol edilmiş ve aynı olmalıdır.

3.1.7.6.17. Aks ağırlıkları her iki taşıtta da aynı olmalıdır.

3.1.7.6.18. Toplam taşıt ağırlığı farkı %5'ten fazla olmamalıdır.

3.1.7.7. Her test turunun sonunda, her iki taşıttaki fonksiyonel değişiklikler kontrol edilir.

Tipik kontroller arasında:

3.1.7.7.1. Yağ basıncı.

3.1.7.7.2. Soğutucu sıcaklığı.

3.1.7.7.3. Egzoz gazı sıcaklığı.

3.1.7.7.4. Motor hava filtresi.

3.1.7.7.5. Ampermetre.

3.1.7.7.6. Lastik basınçları.

3.1.7.7.7. Frenler.

3.1.7.7.8. Egzoz dumanı.

3.1.7.7.9. Seçilen seyir hızını elde edebilme kabiliyeti. A ve B taşıtlarının sürücüleri ile görünen değişiklikler hakkında konuşulmalıdır. Eğer herhangi bir test ayağı sırasında değişiklikler meydana gelirse, test iptal edilir ve problemin giderilmesinden sonra teste devam edilir.

3.1.7.8. Gerçek filo şartlarında, sonuç alabilmek için, tipik filo şartları yaratılır. Bunlar yük ağırlığı, rota, taşıt hızı, hava ve rüzgar koşulları, sürücüleri dir. Örneğin bir filo

genelde, ülkenin belirli bir kesiminde çalışıyorsa ve bu bölgede bazı zamanlar yanal rüzgarlar mevcut ise, testler aynı tür rüzgarların var olduğu zamanlarda gerçekleştirilmelidir. Böylece benzer sonuçlar elde edilebilir.

3.1.7.9. A ve B taşıtlarının, odometre ve ölçümlerinin doğruluğu test sırasında belirlenmelidir. Eğer A ve B taşıtlarındaki, odometreler farklı değerler okursa, okunan mesafelerin ortalamasının alınması tavsiye edilir. Elde edilen bu değer hesaplamalarda kullanılır. Hız göstergesi ve odometrelerin bilinen doğruluğu bu amaç için kullanılır. Her kamyonunda bu amacı kaydedebilmek için okuyucular bulunur.

3.1.7.10. Önceden seçilmiş, test güzergahı üzerinde sapmalar oluşursa, ikinci test turunda aynı sapmalarla yapılmalıdır. Eğer sapmalar ilk olarak ikinci turda meydana gelirse, üçüncü bir test turunda aynı sapmalarla yapılmalıdır. Böylece karşılaştırabilmek için bir çift test elde edilmiş olur [13].

3.2. SAE J1082 Yakıt Ekonomisi Ölçümü

3.2.1. Amaç : Bu SAE standardı taşıtlarda yakıt ekonomisi ölçümü için test prosedürünü belirler.

3.2.2. Faaliyet alanı : Bu prosedür içerisine şehir içi, dışı ve eyaletler arasındaki yollarda kullanılan taşıtlar girer. Bu prosedür, yollarda veya ısınma şartlarına da bağlı yakıt ekonomisinin belirlenmesine uygundur.

3.2.3. Tanımlar :

3.2.3.1. Sürüş tanımları.

3.2.3.1.1. Şehir içi sürüş : Şehir iş merkezi bölgelerindeki sürüş şartları modeli.

3.2.3.1.2. Şehir dışı sürüş : Şehir merkezinden uzak bölgelerdeki sürüş şartları modeli.

3.2.3.1.3. Eyaletler arası sürüş : Transit yollardaki sürüş şartları modeli.

3.2.3.2. Test taşıtı : Test için hazırlanmış binek taşıtı veya hafif kamyon.

3.2.3.3. Test taşıtı ağırlığı : Yüksüz taşıt ağırlığı + 136 (kg)

3.2.3.3.1. Test taşıtı ağırlığı : Taşıtın çalışması için gerekli tüm sıvıların tam kapasite ile dolu oldukları ve taşıt parçalarının imalat ağırlıkları ile belirli durum.

3.2.3.3.2. Sürücü, yolcu ve balast ağırlığı : 136 8KG9 olup, içerisinde taşıt parçalarının imalat ağırlıkları ve balast ağırlıkları vardır.

3.2.3.4. Gözlenebilen ekonomi : Gözlenebilen ekonomi, sürüş sırasında ölçülen yakıt ekonomisidir. Bu katedilen mesafenin tüketilen yakıtı oranıdır. Ekonomi, litre başına kilometre olarak ifade edilir.

3.2.3.5. Düzeltilmiş ekonomi :Düzeltilmiş ekonomi, gözlenebilen ekonominin düzeltme katsayısı ile çarpılmasıyla elde edilir. Düzeltilmiş yakıt ekonomisi, litre başına kilometre olarak ifade edilir.

3.2.3.6. Düzeltme faktörleri : Standart koşullardaki (15°C ve 760 mmHg) yakıt özellikleri.

3.2.3.7. Test tekrarlanabilirlik prensibi :

3.2.3.7.1. Kopya testler için test bilgisinin tekrarlama bilirliliği bu prensipte açıklanmıştır. Standart sapma %1.9'dan fazla olmamalıdır.

$$\text{Doğru ortalama} = \text{Gözlenenortalama} \pm \left(\frac{0.031}{\sqrt{n}} \cdot \text{Gözlenenortalama} \right) \text{ dır.} \quad (3.1)$$

3.2.3.7.2. Kopya testler için %95 değişim hükmü :

R. %95 değişimi

Q: Standart tablolardan alınan kritik değer

Gözlenen değer n adet test için belirlenir.

3.2.4. Cihazlarla Ölçüm : Bütün ölçüm cihazları kalibre edilmiş olmalıdır.

3.2.4.1. Yakıt : Yakıt ölçüm cihazı, yakıt sistemine uygun olmalıdır. Sürüş esnasında tüketilen yakıtı %0.5 hassasiyetle ölçebilmelidir.

3.2.4.2. Hız : Hız göstergesi, taşıt hızını (km/h) cinsinden, 1 (km/h) hassasiyetle okuyabilmelidir.

3.2.4.3. İvme : İvme ölçüm cihazı, hem pozitif hem de negatif ivmeleri gösterebilmelidir. İvmeyi (m/s^2) cinsinden, $0.2 (m/s^2)$ hassasiyetle ölçebilmelidir.

3.2.4.4. Zaman : Zaman ölçüm cihazı, $0.1 (s)$ aralıkla ölçüm yapabilmeli ve sapması 1 dakika içerisinde $0.1 (s)$ 'den az olmalıdır.

3.2.4.5. Sıcaklık : Sıcaklık göstergesi, $1(^{\circ}C)$ civarındaki sıcaklığı ölçebilmelidir. Hassasiyeti $1^{\circ}C$ olmalıdır. Sıcaklık müşiri, yan ısı kaynaklarından korunmalıdır.

3.2.4.6. Atmosferik basınç : Kadranlı veya cıvalı barometre kullanılmalıdır. Bu gereç 0.1 mmHg hassasiyette olmalıdır.

3.2.4.7. Rüzgar : Rüzgar hızı $3 (km/h)$ lik bir hassasiyetle ölçülmeli ve yönü belirtilmelidir.

3.2.4.8. Mesafe : Mesafe ölçüm cihazı $5 (m)$ lik bir mesafeyi gösterebilmelidir. Hassasiyeti $1 (km)$ 'de $6 (m)$ olmalıdır.

3.2.4.9. Taşıt Ağırlığı : Taşıt ağırlığı, hassasiyeti ± 0.5 olan bir cihazla ölçülmelidir.

3.2.5. Test Gereçleri:

3.2.5.1. Test Taşıtı: Test taşıtı tamamen test taşıt özellik ve hazırlama listesi üzerinden tanımlanır. (Test taşıtı normal olarak, taşıtın imalat yapısı için bir göstergedir.)

3.2.5.2. Test Yakıtı: Servis istasyon yakıtı test amacına uygun olmalıdır. Damıtma, spesifik yer çekimi ve buhar basıncı kaydedilmelidir.

3.2.5.3. Yağlayıcı Maddeler: Kullanılan yağlayıcılar üreticinin tavsiyesine uygun olmalıdır.

3.2.6. Test Şartları

3.2.6.1. Çevre Sıcaklığı: Testler $-1(^{\circ}C)$ ($30 F$) ve $32 (^{\circ}C)$ ($90 F$) arasında yapılmalıdır.

3.2.6.2. Rüzgar Hızı: Testler ortalama rüzgar hızlarında 15 mil/h ($24km/h$) veya daha şiddetli rüzgarlar için 20 mil/h ($32 km/h$) da yapılır.

3.2.6.3. Yol Koşulları: Yollar kuru, temiz pürüzsüz olmalıdır. Başlama ve bitiş noktaları arasındaki yükseklik farkı en fazla $3 (m)$ ($10 ft$) veya daha az olmalıdır.

3.2.6.4. Yol kenarındaki işaretlerin hız değişimini nasıl yapılması gerektiğinin gösterilmesi tavsiye edilir.

3.2.7. Test Taşıtı Hazırlanması

3.2.7.1.Kullanım; Testten önce taşıt minimum 3200 (km) (2000 mil) kullanılmış olmalıdır. En azından 1600 (km) (1000mil), 64 (km/h) (40 mil/h) ve maksimum yasal uzun yol hızları arasında sürülmelidir. Lastiklerin hepsi testten önce 160 (km) (100 mil) kadar kullanılmalıdır.

3.2.7.2.Muayene: Üretici şartnamesine uygun olarak taşıt gerektiğinde muayene edilmelidir.

3.2.7.3.Aletli iş görme: Yakıt ölçme gereci ve diğer aletler taşıt hareketini veya hareket karakterini engellemeyecek şekilde düzenlenmelidir.

3.2.7.4.Test Ağırlığı: Taşıt ağırlığı test ağırlığını koruyacak şekilde ayarlanmalıdır.

3.2.7.5.Lastik Basıncı; Soğuk lastik basıncı üretici tarafından taşıt test ağırlığı için minimum alınmalıdır.

3.2.8.Test Prosedürü:

3.2.8.1.Isınma: İlk sürüşünü yapmadan önce taşıt minimum 32 (km) (20 mil), yaklaşık olarak 88 (km/h) (55 mil/h) veya maksimum yasal uzun yol hızında motoru stabilize etmek ve uygun sıcaklığa getirmek için sürülmelidir.

3.2.8.2.Taşıt kontrolleri

3.2.8.2.1.Hava şartlandırıcı kompresörler ve diğer aksesuarların güç tüketimi taşıt için gerekli olmadığı zaman kesilmelidir.

3.2.8.2.2.Şehirdışı ve Eyaletler arası sürüşlerde yakıt tüketimi yapılacaksa taşıtın camları kapalı tutulmalıdır.

3.2.8.3.Sürüş Programı

3.2.8.3.1.Genel Sürüş Eğitimi

3.2.8.3.1.1. Sürüş programları tarafından belirtilen ivme değerlerine ulaşamayan taşıtlar belirtilen hıza ulaşana kadar maksimum ivme ile sürüleceklerdir.

3.2.8.3.1.2. Otomatik transmisyonlu taşıtlar sürüş konumundaki transmisyonla sürülmelidir.

3.2.8.3.1.3. Manuel transmisyonla donatılmış taşıtlar aşağıdaki gibi çalıştırılır. Debriyaj bağlantısı kesilir, vites geçirilir. Yavaşlama viteste yapılır ve debriyaja, 24 (km/h)

(15 mph) te basılarak vites boşa alınır. Bütün operasyon mümkün olan en yüksek vitede yapılır. Gerekli ivme vites düşürülerek, motordan yararlanarak elde edilir. Vites değiştirme motorun zorlanmasına meydan vermeyecek şekilde yapılır. Özel vites hızları bilgi formuna not alınmalıdır.

3.2.8.3.1.4. 3-kademeli manuel transmisyonlu taşıtlarda vites 24 (km/h) (15 mph) hızda ve (2-3) 40 (km/h) (25 mph) hızda veya spesifik normal hıza ulaştığında değiştirilmelidir.

3.2.8.3.1.5. 4-kademe manuel transmisyonlu taşıtlarda, vites kamyon tipi transmisyonlar hariç (1-2) 24 (km/h) (15 mph) (2-3), 40 (km/h) (60 mph) hızda değiştirilmelidir.

3.2.8.3.1.6. Kamyon tipi manuel transmisyonuna sahip taşıtlar en yavaş hızı sağlayan (takviye) vitesine sahiptir.

3.2.8.3.1.7. 5-hız manuel transmisyonlu taşıtlarda vites, (1-2) 24 (km/h) (15 mph) hızda, (2-3) 40 (km/h) (25 mph) hızda, (3-4) 64 (km/h) (40 mph) hızda değiştirilmelidir. Vites yükseltirken üretici tavsiye hızına ulaşılmalıdır.

3.2.8.3.1.8. Overdrive transmisyonuna sahip taşıtlarda ki bunlarda overdrive ünitesi otomatik olarak birbirine geçer, overdrive ünitesini kilitlememesi için hareket şalteri ile sürüş yapılmasına dikkat edilmeli

3.2.8.3.1.9. Otomatik transmisyonlu taşıtlarda program hızına ulaşmak için fren yapılır. Manuel transmisyonlu taşıtlarda ise vites düşürülmelidir.

3.2.8.3.2. Genel Çevrim Eğitimi

3.2.8.3.2.1. Şehir içi çevrimi normalde 3.2 (km) de (2 mil) geçilir. Şehir dışı ve eyaletler arası çevrim ya kapalı izde yada düz yolda geçilir. 3.2 (km) (2 mil) den daha az uzunluktaki düz yollardaki testler için dönüşler normal duruş aralıklarında yapılmalıdır. Düz yoldaki testte, ters yönde esen rüzgar etkilerini azaltarak başarılı çevrimler yapabilmelidir.

3.2.8.3.2.2. Belirtildiği gibi eyaletler arası hızlanma ve yavaşlamayı yerine getirilir. Şehir içi ve dışı hızlanma ve yavaşlama $\pm 0.3 \text{ (m/s}^2\text{)}$ (1 ft/s^2) olmalıdır. Taşıt hızı da $\pm 1.6 \text{ (km/h)}$ (1 mph) da korunmalıdır.

3.2.8.3.2.3. Sürüş çevrimi manevraları belirtilen noktalarda başlatılır.

3.2.8.3.2.4. Eyaletler arası programda yakıt sıcaklığı bilgi formuna işlenmelidir.

3.2.8.3.2.5. Her ters çevrim için hava bilgisi kayıt edilir.

3.2.8.3.2.6.Çevre koşulları gibi tekrarlanabilirlik koşullar birkaç çevrimde aynı kalmalıdır.

3.2.8.3.2.7.Her programda tüketilen yakıt, yakıt ölçüm cihazı tarafından gösterilen, en azından %2'lik bir hata oranıyla iki testin ortalaması olmalıdır. Eğer ölçülen yakıt değerler %2 lik bir hata oranına sahip değilse, yakıt ekonomisini hesaplamadan önce bu kritere rastlanana kadar testler yapılır.

3.2.8.3.2.8.Sürüş çevrimleri ısınmış taşıtlarda idare edilir.

3.2.8.4 Genel çevrim özellikleri :

Tablo 3.2.1. : SAE J1082 Yakıt Ekonomisi Ölçümü genel özellikleri.

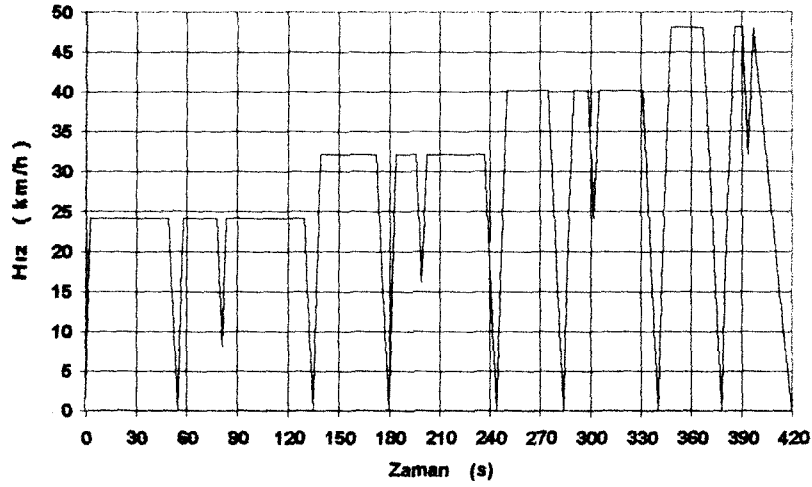
	Ortalama Hız		Nominal Test Süresi	Test Mesafesi		Durma Süresi	Durma Sayısı
	(km/h)	(mph)	(s)	(km)	(mil)	(s)	(Adet)
Şehir içi	25.1	15.6	463	3.2	2.0	60	8
Şehir dışı	66.1	41.1	455	8.3	5.2	14	2
55 mph	88.5	55.0	308	7.5	4.7	-	-
70 mph	112.6	70.0	242	7.5	4.7	-	-

3.2.8.4.1. Şehir içi sürüş çevrimi :

Tablo 3.2.2. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, şehir içi sürüş çevrimi, işlem tablosu.

Mesafe		İşlem
(Mil)	(Km/h)	
0.0	0.0	Yakıt ve zaman ölçümü başlangıcı, başla, 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma ve 15 (mph) (24 km/h) sabit hızda 0.2 mil'e (0.32 km) ilerleme.
0.2	0.32	4 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile yavaşlama ve durma. 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma ve 15 (mph) (24 km/h) sabit hızda 0.3 mil'e (0.48 km) ilerleme.
0.3	0.48	5 (mph)'e 4 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile yavaşlama, 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma. 15 (mph) (24 km/h) sabit hızda, 0.5 mil'e (0.8 km) ilerleme.

0.5	0.8	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile yavaşlama ve durma. 15 (s)'de yakıt sıcaklık ölçümü. 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 20 (mph)'e (32 km/h) hızlanma. 20 (mph) (32 km/h) sabit hızda 0.7 mil'e (1.13 km) sabit hızda ilerleme.
0.7	1.13	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile yavaşlama ve durma. 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 20 (mph)'e (32 km/h) hızlanma. 20 (mph) (32 km/h) sabit hızda 0.8 mil'e (1.29 km) ilerleme.
0.8	1.29	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile 10 (mpg)'e (16 km/h) yavaşlama. 5 (ft/s ²) (1.5 m/s ²) ivme ile 20 (mpg)'e (32 km/h) hızlanma ve 20 (mpg)'e (32 km/h) sabit hız ile 1.0 mil'e (1.61 km) ilerleme.
1.2	1.93	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme yavaşlama ve durma. 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma. 5 (ft/s ²) (1.5 m/s ²) ivme ile 25 (mpg)'e (40 km/h) hızlanma. 25 (mpg) (40 km/h) sabit hızda 1.2 mil'e (2.09 km) ilerleme.
1.3	2.09	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) yavaşlama. 5 (ft/s ²) (1.5 m/s ²) ivme ile 25 (mpg)'e (40 km/h) hızlanma. 25 (mpg) (40 km/h) sabit hızla 1.5 mil'e (2.41 km) ilerleme.
1.5	2.41	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile yavaşlama ve durma. 15 (s)'de yakıt sıcaklık ölçümü. 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma. 5 (ft/s ²) (1.5 m/s ²) ivme ile 30 (mpg)'e (48 km/h) hızlanma. 30 (mpg) (48 km/h) sabit hızda 1.7 mil'e (2.74 km) ilerleme.
1.7	2.74	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile yavaşlama ve durma. 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma. 5 (ft/s ²) (1.5 m/s ²) ivme ile 30 (mpg)'e (48 km/h) hızlanma. 30 (mpg) (48 km/h) sabit hızda 1.8 mil'e (2.9 km) ilerleme.
1.8	2.9	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile 20 (mpg)'e (32 km/h) yavaşlama. 5 (ft/s ²) (1.5 m/s ²) ivme ile 30 (mpg)'e (48 km/h) hızlanma. 30 (mpg) (48 km/h) sabit hızla ilerleme.
2.0	3.22	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile 2.0 mil'de (3.22 km) durmak için frenlemeye başlama. Yakıt ve zaman ölçümü bitimi. Tüketilen yakıt miktarı, zaman ve yakıt sıcaklığı kaydedilmesi.
0.0	0.0	Çevrimin tekrar kontrolü.



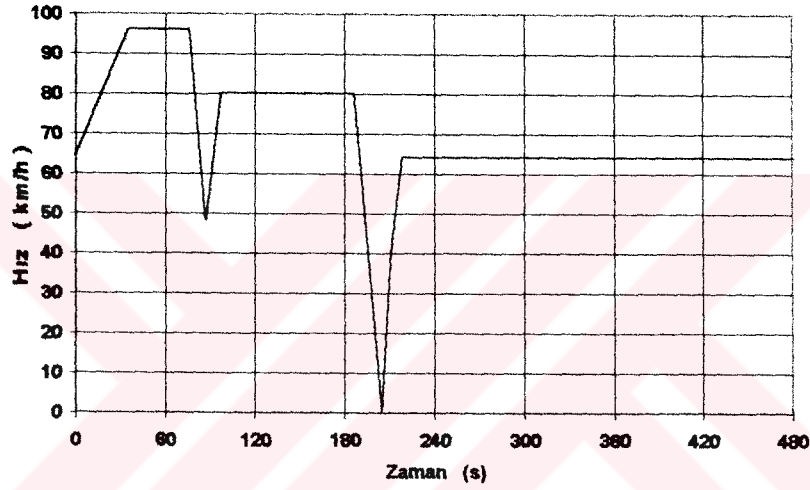
Şekil 3.2.1 : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, şehir içi sürüş çevrimi hız- zaman profili.

3.2.8.4.2. Şehir dışı sürüş çevrimi :

Tablo 3.2.3. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, şehir dışı sürüş çevrimi işlem tablosu.

Mesafe		İşlem
(Mil)	(Km)	
0.0	0.0	40 (mph) (64 km/h) hızla başlama çizgisine yaklaşma.Çizgide yakıt ve zaman ölçümünün başlaması. 3 (ft/s ²) (0.9 m/s ²) ile 60 (mph) (60 km/h) hıza ulaşma.0.7 (mil) 1.13 (km) sabit hızda ilerleme.
0.7	1.13	4 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 30 (mph) (48 km/h) hıza yavaşlama. 3 (ft/s ²) (0.9.m/s ²) ivme ile 50 (mph)'e (80 km/h) hızlanma. 50 (mph) (80 km/h) sabit hızda 2 (mil) e (3.22km) ilerleme.
2	3.22	4 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile yavaşlama ve durma. 7 (s) de yakıt ve sıcaklığı kaydet. . 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma. . 5 (ft/s ²) (1.5 m/s ²) ivme ile 25 (mph)'e (40 km/h) hızlanma.3 (ft/s ²) (0.9 m/s ²) ivme ile40 (mph)'e (64 km/h) hızlanma. 40 (mph) (64 km/h) hızda 2.6 (mil) (4.18 km) ye ilerleme.
2.6	4.18	3 (ft/s ²) (0.9.m/s ²) ivme ile 50 (mph)'e (80 km/h) hızlanma . 50 (mph)'e (80 km/h) hızda 3.3 (mil) 5.31(km)'ye ilerleme.

3.3	5.31	4 (ft/s ²) (1.2 m/s ²) ivme ile yavaşlama ve durma. 7 (s) de yakıt ve sıcaklığı kaydet. 7 (ft/s ²) (2.1 m/s ²) ivme ile 15 (mph)'e (24 km/h) hızlanma. 3 (ft/s ²) (0.9 m/s ²) ivme ile 40 (mph)'e (64 km/h) hızlanma. 40 (mph) (64 km/h) sabit hızda 5.2 mil'e (8.37 km) ilerleme.
5.2	8.37	5.2 mil'e (8.37 km) de 40 (mph) (64 km/h) hızda ölçümleri durdur. Tüketilen yakıt miktarını, geçen süreyi ve yakıt sıcaklığını kaydet.
0.0	0.0	Çevrimin tekrar kontrolü.



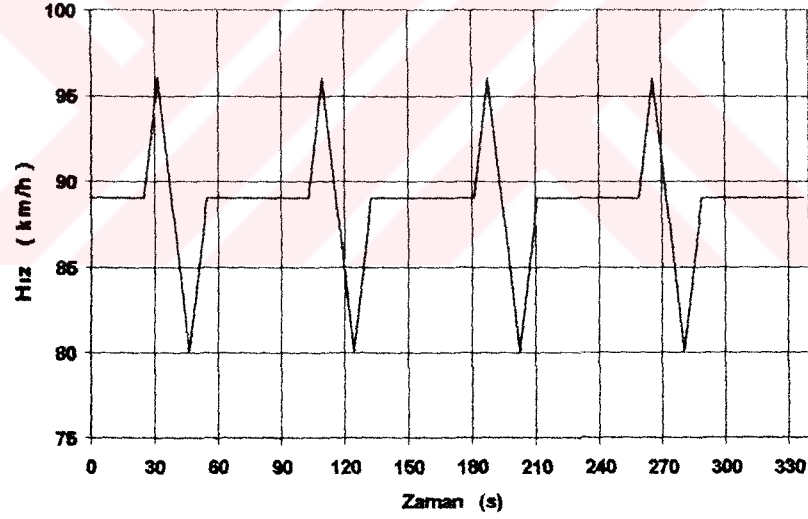
Şekil 3.2.2. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, şehir dışı sürüş çevrimi hız-zaman profili.

3.2.8.3.3. Eyaletler arası çevrim (55 mph):

Tablo 3.2.4. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, eyaletler arası (55 mil), sürüş çevrimi işlem tablosu.

		İşlem
(Mil)	(Km)	
0.0	0.0	55 (mph) (89 km/h) sabit hızda başlama çizgisine yaklaşma. Başlama çizgisi üzerinde yakıt ve zaman ölçümü başlangıcı. 55 (mph) (88 km/h) sabit hız ile 0.2 mil'e ilerleme.

0.2	0.32	1 (ft/s ²) (0.3 m/s ²) ivme ile 60 (mph)'e (96 km/h) hızlanma. 1 (ft/s ²) (0.3 m/s ²) ivme ile 50 (mph)'e (80 km/h)'e yavaşlama. 1 (ft/s ²) (0.3 m/s ²) ivme ile 55 (mph)'e (89 km/h) hızlanma. 55 (mph)'e (88 km/h) sabit hızda 1.2 mil'e ilerleme hızlanma.
1.2	1.93	0.2 milde başlayan operasyonun hızlanma ve yavaşlamalarını tekrarla. 2.2 mil'e ilerle
2.2	3.54	0.2 milde başlayan operasyonun hızlanma ve yavaşlamalarını tekrarla. 3.2 mil'e ilerle
3.2	5.15	0.2 milde başlayan operasyonun hızlanma ve yavaşlamalarını tekrarla. 4.7 mil'e ilerle
4.7	7.56	4.7 mil'de 55 (mpg) (89 km/h) sabit hızda, yakıt ve zaman ölçümünü durdurulması. Tüketilen yakıt miktarı, zaman ve yakıt sıcaklığı kaydedilmesi.
0.0	0.0	Çevrimin tekrar kontrolü

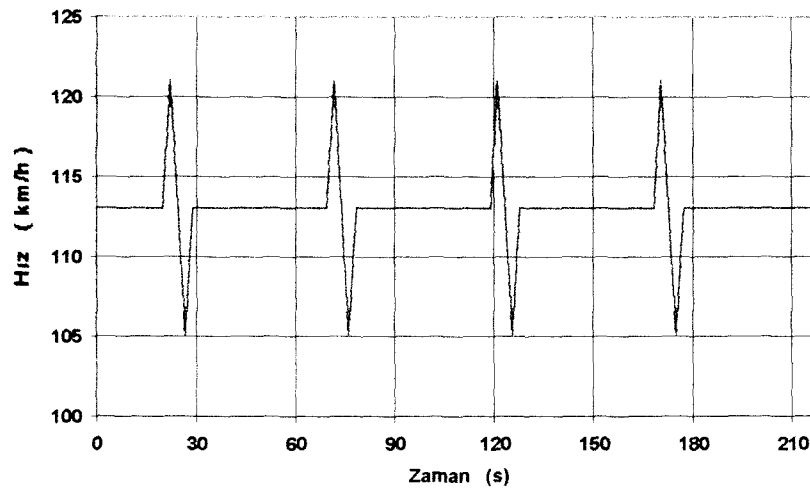


Şekil 3.2.3. : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, eyaletler arası (55 mil) sürüş çevrimi hız-zaman profili.

3.2.8.3.4. Eyaletler arası çevrim (70 mph):

Tablo 3.2.5 SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm Prosedürü, eyaletler arası (70 mil), sürüş çevrimi işlem tablosu.

Mesafe		İşlem
(Mil)	(Km)	
0.0	0.0	70 (mph) (112 km/h) sabit hızda başlama çizgisine yaklaşma. Başlama çizgisi üzerinde yakıt ve zaman ölçümü başlangıcı. 70 (mph) (112 km/h) sabit hız ile 0.2 mil'e ilerleme.
0.2	0.32	1 (ft/s ²) (0.3 m/s ²) ivme ile 75 (mph)'e (120 km/h) hızlanma. 1 (ft/s ²) (0.3 m/s ²) ivme ile 65 (mph)'e (104 km/h)'e yavaşlama. 1 (ft/s ²) (0.3 m/s ²) ivme ile 70 (mph)'e (112 km/h) hızlanma. 70 (mph)'e (112 km/h) sabit hızda 1.2 mil'e ilerleme hızlanma.
1.2	1.93	0.2 milde başlayan operasyonun hızlanma ve yavaşlamalarını tekrarla. 2.2 mil'e ilerle
2.2	3.54	0.2 milde başlayan operasyonun hızlanma ve yavaşlamalarını tekrarla. 3.2 mil'e ilerle
3.2	5.15	0.2 milde başlayan operasyonun hızlanma ve yavaşlamalarını tekrarla. 4.7 mil'e ilerle
4.7	7.56	4.7 mil'de 70 (mpg) (112 km/h) sabit hızda, yakıt ve zaman ölçümünü durdurulması. Tüketilen yakıt miktarı, zaman ve yakıt sıcaklığı kaydedilmesi.
0.0	0.0	Çevrimin tekrar kontrolü



Şekil 3.2.4 : SAE J1082 Yakıt ekonomisi ölçüm prosedürü, eyaletler arası (70 mil) sürüş çevrimi hız-zaman profili [14].

3.3.DIN 70030 2.Bölüm, Kamyon ve Otobüsler için Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi

3.3.1. Kullanım alanı ve amacı : Bu ölçümle DIN 70010'a göre kamyon ve otobüslerin yakıt tüketimleri belirlenmektedir. Ölçümlerde elde edilen sonuçlar, yeniden ölçülecek olursa birbirleriyle uyumlu sonuçlar ortaya çıkar.

3.3.2. Taşıt : Yakıt tüketimi belirlenecek araca ait yakıt ve ateşleme sistemlerini ayarları belirtilen uygulamalara uymalıdır. Lastik basıncı, motor ve aktarma organları yağı üreticinin belirlediği değerlere uymalıdır. Motor sıcak olmalı ve ölçümlerde rejim sıcaklığına erişmiş olmalıdır.

3.3.3 Yükleme : Taşıt ölçüm esnasında, tam yük ile yüksüz durum arasındaki farkın yarısı kadar yükle yüklenir.

3.3.4.Deney pisti : Taşıt, uzunluğu 10 (km) olan düz ve kuru pistte (maksimum eğim %1.5) bir kez gidip gelmelidir. Gidiş ve geliş aralıksız olarak gerçekleştirilmelidir. Katedilen yolun kesin uzunluğu, aracın hızlanması için kullanılan mesafe hesaba katılmadan, pist üzerinde yapılan işaretlemelerle hesaplanır.

3.3.5. Hava şartları : Ortam rüzgarsız en fazla 3 (m/s), hava basıncı 0.991÷1.017 (bar) arasında, hava sıcaklığı 10÷30 (°C) arasında olmalıdır.

3.3.6. Test hızı : Yol boyunca aracın test hızı mümkün olduğunca sabit DIN 70020'nin 3.bölümünde belirtilen azami hızın 3/4'ü veya Trafik Denetleme Kurumunun verdiği hız limiti test hızının da sınırıdır.

3.3.7. Yakıt araç üretici tarafından belirtilen yakıt olup, ticari amaç ile kullanılmalıdır.

3.3.8. Yakıt Tüketimi :

3.3.8.1. Yakıt tüketiminin ölçümü : Test pistinde tüketilen yakıt hacmi ölçülmektedir. Tüketim ölçümü için, yolun başlangıç noktasında açılan ve bitiş noktasında kapanan bir

cihaz kullanılmalıdır. Ölçüm hassasiyeti %2 olmalıdır.

3.3.8.2. Sonuçların belirlenmesi : Trafiğin etkilerinden dolayı, deney sonuçları %10 artmaktadır.

$$k = 1.1 \frac{K}{S} \cdot 100 \text{ (l/100km)} \quad (3.2)$$

K : Tüketilen yakıt miktarı (litre)

S : Katedilen yol uzunluğu (km)

1.1 : Trafik etkilerini değerlendirmek amacı ile uygun görülen değer.

Ölçülen yakıt tüketimi değerinin, virgülden sonraki ikinci hanesi yuvarlatılır.

3.3.8.3.1. Yakıt tüketiminin ifade edilmesi : 7.8.1. ve 7.8.2. bölümündeki şartlara uygun ve deneme hızı 80 (km/h) ölçülen bir aracın 100 km deki yakıt tüketimi, 80 (km/h), 9.7 (l/100km) olarak belirtilir.

3.3.8.3.2. Norm'un adlandırılması :

Deneme hızı 80 (km/h) ölçülen bir aracın 100 km deki yakıt tüketimi,

DIN 70030'un 2.bölümüne göre şu şekilde yazılmaktadır.

Tüketim DIN 70030-2-9.7-80

Kullanılan yakıt motorin ise tüketimin belirlenmesi DIN 51601'e göre yapılmaktadır. Yaz (SOK)veya kış (WOK) durumu belirtilmelidir.

Örnek : Tüketim DIN 70030-2-9.7-80 SOK

3.3.9. Kontrol :Yakıt tüketimi testi tekrarlarında, farklı deneme şartları nedeniyle, "k" değerinde, kaçınılması mümkün olmayan maksimum değeri %5 olan sapmalar vardır.

3.4.Gost 20306-90 Motorlu Taşıtlar Yakıt Ekonomisi Test Metodu

Bu standartlar, yol dışı taşıtlar hariç bütün motorlu taşıtlara uygundur. Bu standartlara olan ihtiyaç bir zorunluluktur.

3.4.1.Aşağıdaki parametreler ve karakteristikler, motorlu taşıtların yakıt ekonomileri için tanımlanır.

3.4.1.1. Yakıt tüketimi kontrolü.

3.4.1.2. Yol şartlarında, uzun yol çevriminde yakıt tüketimi.

3.4.1.3. Yol şartlarında, şehir çevriminde yakıt tüketimi.

3.4.1.4. Bir duruştaki sürüşte yakıt karakteristiği.

3.4.1.5. Sabit hızda sürüşte yakıt tüketimi karakteristiği.

3.4.1.6. Yokuşlu bir uzun yolda yakıt-hız karakteristiği.

Testlere göre ve taşıt tipine göre parametrelerin ve karakteristikliklerin uygulanabilirlikleri test programına bağlı olarak belirtilir.

3.4.2.Genel ihtiyaçlar :

3.4.2.1. Test cihazlarına ihtiyaç.

3.4.2.1.1. Test edilecek motorlu taşıtın, çalışması için gerekli tüm sıvılar tam olarak doldurulmuş, lastikleri üretici firma tarafından belirtilen ölçülerde ve en az 3000 (km) kullanılmış olmalıdır.

3.4.2.1.2. Lastikler hasarsız ve kaplaması %50'den az olmamalıdır. Lastik basıncı üretici firma tarafından belirtilen değerde olmalıdır.

3.4.2.1.3. Test boyunca, aracın pencereleri ve havalandırmaları kapalı konumda olmalıdır. Taşıtta bulunması halinde, ilave dingil kalkık pozisyonunda olmalıdır.

3.4.2.1.4. Otomatik kontrole sahip olmayan, yakıt sistemi ve hava ısıtıcı üniteleri mutlaka yaz konumunda olmalıdır. Isıtma ve hava şartlandırma sistemleri kapalı olmalıdır. Bu sistemler, kışın uygulanan mukayeseli testlerde kullanılabilirler.

3.4.2.2. Yükleme :

3.4.2.2.1. Test boyunca, taşıt için izin verilen tam yük miktarı kullanılmalıdır.

3.4.2.2.2. Yüklemelede, binek taşıtları ve otobüsler için nemden etkilenmeyen insan modelleri veya balastlar (kum dolu çuvallar) kullanılmalıdır. Eğer atmosferik şartlardan yeterince izole edilmiş ise higroskopik modellerde kullanılabilir.

3.4.2.3. Test için tasarlanmış yollar (test yolları)

3.4.2.3.1. Test yolları, düz asfalt kaplı, kuru ve temiz olmalıdır. Yoldaki eğim %0.57 den fazla, başlangıç ve en yüksek nokta ile en düşük nokta arasındaki fark 50 metreden fazla ve dever açısı %3'ten fazla olmamalıdır. Testlerde kullanılan yollar benzer kaplamalara ve uzunluklara sahip olmalıdır.

3.4.2.3.2. Test yolu deniz seviyesinden en fazla 1000 (m) yükseklikte bulunmalı ve uzunluğu 13-15 (km) arasında olmalıdır. Test yolu başlangıç ve bitiş noktaları deniz seviyesine göre aynı yükseklikte olmalıdır.

3.4.2.4. Ölçüm cihazları :

3.4.2.4.1. Yol testinde kullanılan ölçüm cihazları.

3.4.2.4.1.1. Yol testinde kullanılan ölçüm cihazları taşınabilir olmalıdır. Kullanılması kolay ve titreşimlere karşı dayanıklı olmalıdır. Gerekli yakıt akışını sağlayabilmeli dir. $\pm 40^{\circ}\text{C}$ arasında doğru ölçüm yapabilmelidir.

3.4.2.4.1.2. Ölçüm cihazlarındaki hata payları aşağıdaki değerleri aşamaz.

Tablo 3.3.1: GOST 20306-90 Motorlu Taşıtlar Yakıt ekonomisi testi, ölçüm şartları hata sınırları.

Parametre	En büyük hata oranı
Yakıt tüketimi	%1
Uzunluk ve zaman	%0.5
Hız	%1
Motor devri	%1
Rüzgar hızı	%0.5
Hava ve yakıt sıcaklığı	1°C
Atmosfer basıncı	2 mmHg
Bağıl nem	%7
Taşıt kütlesi	%0.3

3.4.2.4.1.3. Ölçüm cihazları motorlu taşıtlara göre düzenlenmiş olmalıdır.

3.4.2.5. Atmosferik şartlar :

3.4.2.5.1. Test süresince aşağıda belirtilen şartlar sağlanmalıdır.

-Rüzgar hız 3 (m/s) den yüksek olmamalı. (Ani rüzgar hızı en fazla 5 m/s)

-Zeminde su , kar veya buz olmamalıdır.

-Hava basıncı 638 (mmHG) den az olmamalıdır.

-Bağıl nem %95'ten yüksek olmamalıdır.

-Hava sıcaklığı +3 (°C) den yüksek olmalıdır.

3.4.2.5.1.1. Ek 4'te sonuç değerlendirmelerinde testlerin +3 (°C) nin altında yapılmasına izin verilmiştir.

3.4.2.5.3. Havanın yoğunluğu (d_1), (kg/m^3) cinsinden aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$d_1 = d_0 \cdot \left(\frac{H_1}{H_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T_1} \right) \quad (3.3)$$

d_0 : Normal atmosferik durumda hava yoğunluğu, $1.189 (\text{kg/m}^3)$

H_1 : Test esnasındaki atmosfer basıncı, (Pa)

T_1 : Test esnasındaki sıcaklık, (K)

d_1 , d_0 'dan %7.5 ten daha büyük olamaz.

Normal (standart) atmosferik şartlar :

Atmosfer basıncı $H_0 = 10^5$ (Pa)

Sıcaklık $T_0 = 293$ (K)

3.4.3. Test metotları :

3.4.3.1. Genel durum

3.4.3.1.1. 1.1., 1.5. ve 1.6. parametreleri için testten önce, taşıtın organları ve üniteleri 50 (km) boyunca ve taşıtın maksimum hızının en az 2/3'ü kadar hızda ısındırılmalıdır.

Test boyunca bir taşıtın mecburi duruşu olduğu takdirde, organlar ve üniteler de sıcaklık azalır, biraz daha sürüş ile sıcaklık dengesini yeniden yaratmak gereklidir. 1.2. ve 1.3.

parametreleri için testten önce taşıtın organları ve ünitelerinin rejim sıcaklığına ulaştırılması, en az 30 (km) ve maksimum hızın $2/3$ ' ü ile seyir sayesinde sağlanır.

3.4.3.1.2. Testten önce, taşıt hareket dirençlerinin artıp, artmadığı 50 km/h hızla boş giderken ölçüm yapılarak kontrol edilir.

Değerler teknik dökümantasyonlarda belirtilenden daha az değil ise, sonuçlar göz önünde tutulur.

3.4.3.1.3. Test sürüşleri sadece tek bir yönde değil, zıt yönde de uygulanmalıdır. Bu uygulamalar her iki yönde en az iki kez olmalıdır. Daire şeklindeki yollarda tek yönde sürüşe izin verilmiştir.

Her iki yönde, test yolunda harcanan zamanı ve tüketilen yakıt miktarını tespit etmek gereklidir. Sonuçlar bir protokolde karara bağlanmalıdır. Ölçümler iki sürüş arasında % 5' ten daha fazla farklar olduğu takdirde mutlaka tekrar edilmelidir. Ölçüm sonuçları mutlaka kabul edilmiş sürüş ortalamalarını vermelidir.

3.4.3.1.4. Testlerde, aşağıdaki gerekliliklerin tümü olduğunda uygulanabilir.

-Duruştan hızlanma rejimi, vites kullanmak suretiyle tam gaz şartında uygulanmalıdır.

-Sabit hızda giderken, verilen değerden sapma 1 (km/h)'i aşmamalıdır.

-Eğer sürüş, operasyon haritasına göre sıfır olmayan bir hızda başlamalıysa, o hızla mutlaka test yolundan önce ulaşılmalıdır.

-Sabit hızda sürüş mümkün olduğunca yüksek viteslerde uygulanmalıdır ki minimum sabit hız geçerli olan hızı aşmasın ve krank milinin devir sayısı, bu hızda minimum 200 (d/d) aşmalıdır. Araç, 40 (km/h) den yüksek hızlar için daha yüksek bir vites geçirilir.

-Düzenli zaman aralıklarında hızlanma en düşük vitede başlamalıdır. Nominal hız, hızlanmanın başladığı süratten 10 (km/h) ten az olmamalıdır.

Çok vitesli transmisyonlarda, en yüksek vites kullanılmalıdır.

Otomatik transmisyonlarda vites kolu "Drive" pozisyonunda olmalıdır. Vites değiştirirken, verilen rejimden sapmalar test protokolunda belirtilmelidir.

Eğer hızlanma derecesi böyle bir taşıtın, verilen yolda, verilen hızla ulaşamayacağı kadar yüksek ise, sürüş devam ettirilmeli ve gelecek bölümdeki tabloda verilen hızlara ulaşılmalıdır.

Motorun yavaşlama rejimi, verilen hız aralıklarında ve verilen yol üzerinde serbest bırakılmış gaz pedalı ve taşıt viteste iken uygulanmalıdır. Eğer verilen hıza daha kısa bir mesafede ulaşılmışsa sürüş aynı hızda sürdürülmeli; eğer verilen mesafede ulaşılamamışsa, servis freni kullanılmalıdır.

Servis freni, bu frenin kullanılabileceği bir viteste iken, düzenlenmiş mesafe üzerinde uygulanmalıdır. (Mesafenin uzunluğu ortalama 1 (m/s) yavaşlama hızı için belirlenmiştir)

Yavaşlamada, durmaya kadar, sürekli vites düşürülmeli ve o vitesteki en düşük hıza ulaşmaya kadar beklenmelidir.

Yakıt tüketimi ve sürüş zamanı ölçümleri test yolunun sınır çizgilerine gelindiği ana kadar yapılmalıdır. Sonuçlar protokolde göz önüne alınmalıdır.

3.4.4. Test sonuç belgesi

3.4.4.1. Testlerin başlangıcındaki ve sonundaki bütün testlerin sonuçları ve meteorolojik ölçümler mutlaka protokole konulmalıdır. Sonuç belgesi ve protokolün hazırlanışı testlerin bitişinden itibaren derhal düzenlenmelidir.

3.4.4.2. Taşıtın ortalama hareket hızı (V_{av}) (km/h), ve ortalama yakıt tüketimi (Q_s) (L/100 km), yol testi sonucunda aşağıdaki formülle hesaplanmalıdır.

$$V_{av} = 3,6 \cdot \frac{S}{T} \quad (3.4)$$

$$Q_s = 100 \cdot \frac{Q}{S} \text{ veya } Q_s = \frac{100 \cdot m_t}{\gamma_t \cdot S} \quad (3.5)$$

Burada ;

S : Test yolunun uzunluğu, (m)

T : Test yolu boyunca harcanan ortalama zaman, (s)

Q: Toplam (kesin) yakıt tüketimi, test süresince geçerli olan, (cm^3);

m_t : Yakıtın kütlesi, (g)

γ_t : Yakıtın 20 °C' teki yoğunluğu (g/cm^3)

3.4.4.3. Verilen hızlarda yakıt tüketimi test süresince geçerli olan ortalama yakıt tüketimi değerleri ile arasındaki lineer interpolasyon ile veya verilen hızın ordinatı ile, sabit hareketteki yakıt karakteristik eğrisinin kesişme noktası ile belirlenir.

3.4.4.4. Tam kütlesi 3.500 (kg) dan fazla olan bir MT'nin yakıt tüketimi kontrolü (test) - (1.1.) parametresi geçerli olan verilen hızlardaki yakıt tüketimlerinin aritmetik ortalaması ile belirlenir.

3.4.4.5. Bir şehir otobüsü için şehir çevriminde (c.c) yakıt tüketimi (parametre 1.3.) şöyle hesaplanır. İlk olarak, 6 çevrim için ortalama hızlar V_{avi} (km/h) ve yakıt tüketimi Q_{si} (L/100km) hesaplanır. Şehir çevriminde ortalama hareket hızı $V_{av(cc)}$, (km/h) cinsinden ve ortalama yakıt tüketimi $Q_s(cc)$, (L/100 km) cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_{av(cc)} = \frac{100}{\sum_{i=1}^6 \delta_i \cdot N_{avi}} \quad (3.6)$$

$$Q_s(cc) = \frac{\sum_{i=1}^6 \delta_i \cdot Q_{si}}{100} \quad (3.7)$$

Burada ;

δ_i : Bağlı ağırlık katsayısı.

Q_{si} : i. Çevrimdeki yakıt tüketimi

Bağlı ağırlık katsayıları :

$\delta_1=2.9$; $\delta_2=6.2$; $\delta_3=14.3$; $\delta_4=21.4$; $\delta_5=21.3$; $\delta_6=33.9$ olarak alınmalıdır.

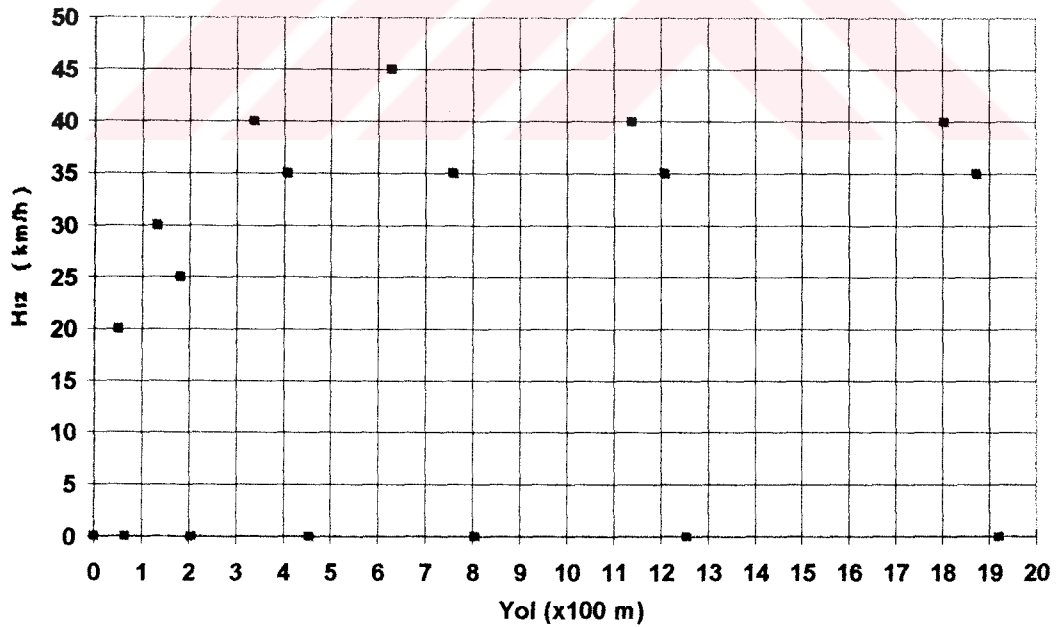
3.4.4.6. Testler +3 (°C) ortam sıcaklığının altında yapılırsa, sonuçlar normal şartlara indirgenmelidir.

Otobüsler için şehir içi çevrimi :

Tablo 3.3.2. : GOST 20306-90 standardına göre şehir içi çevrimi işlem tablosu.

İşlem no	Mesafe (m)	İşlem
1	0	Otobüs başlama noktasında. Yakıt ve zaman ölçüm cihazları, hareket ile çalıştırılır ve hız 20 (km/h)'e çıkartılarak 51.metre'ye ilerleme.
2	51	Servis freni kullanılarak 65.metrede tam durma sağlanacak şekilde yavaşlama.
3	65	30 (km/h)'e hızlanılır ve 131.metreye ilerleme.
4	131	Motor freni kullanılarak 25 (km/h) hıza yavaşlama. Bu hızda 181. metreye ilerleme. Eğer bu hıza, 181.metreden önce ulaşırsa hareket 408. metreye kadar sabit hızda devam eder. Motor freni ile belirtilen hıza inilemiyorsa yavaşlatıcılar veya servis freni kullanılabilir.
5	181	205. metrede tam durma sağlayacak şekilde servis freni ile yavaşlama. Cihazlardan alınan ölçüm değerlerinin işlenmesi.
6	205	40 (km/h)'e kadar hızlanma ve 338.metre'ye kadar sabit hızda ilerleme.
7	338	Motor freni ile 35 (km/h) hıza kadar yavaşlama. Eğer bu hıza , 408. metreden önce ulaşırsa hareket 408. metreye kadar sabit hızda devam eder. Motor freni ile belirtilen hıza inilemiyorsa yavaşlatıcılar veya servis freni kullanılabilir.
8	408	455. metrede tam durma sağlayacak şekilde servis freni ile yavaşlama. Cihazlardan alınan ölçüm değerlerinin işlenmesi.
9	455	45 (km/h)'e kadar hızlanma ve 628.metre'ye kadar sabit hızda ilerleme
10	628	Motor freni ile 35 (km/h) hıza kadar yavaşlama. Eğer bu hıza , 408. metreden önce ulaşırsa hareket 758. metreye kadar sabit hızda devam eder. Motor freni ile belirtilen hıza inilemiyorsa yavaşlatıcılar veya servis freni kullanılabilir.
11	758	805. metrede tam durma sağlayacak şekilde servis freni ile yavaşlama. Cihazlardan alınan ölçüm değerlerinin işlenmesi.
12	805	45 (km/h)'e kadar hızlanma, motor freni ile 35 (km/h) hıza kadar yavaşlama, 40 (km/h)'e kadar hızlanma ve sabit hızla 1138.metre'ye ilerleme.

13	1138	Motor freni ile 35 (km/h) hıza kadar yavaşlama. Eğer bu hıza , 1208. metreden önce ulaşırsa hareket 1208. metreye kadar sabit hızda devam eder. Motor freni ile belirtilen hıza inilemiyorsa yavaşlatıcılar veya servis freni kullanılabilir.
14	1208	1255. metrede tam durma sağlayacak şekilde servis freni ile yavaşlama. Cihazlardan alınan ölçüm değerlerinin işlenmesi.
15	1255	45 (km/h)'e kadar hızlanma, motor freni ile 30 (km/h) hıza kadar yavaşlama, 40 (km/h)'e kadar hızlanma ve sabit hızda 1803. metre'ye kadar ilerleme.
16	1803	Motor freni ile 35 (km/h) hıza kadar yavaşlama. . Eğer bu hıza , 1873. metreden önce ulaşırsa hareket 1873. metreye kadar sabit hızda devam eder. Motor freni ile belirtilen hıza inilemiyorsa yavaşlatıcılar veya servis freni kullanılabilir.
17	1873	1920. metrede tam durma sağlayacak şekilde servis freni ile yavaşlama. Cihazlardan alınan ölçüm değerlerinin işlenmesi.



Şekil 3.3.1. : GOST 20306-90 standardına göre şehir içi çevrimi Hız-Yol profili.

3.5. TS 1984 Karayolu Motorlu Taşıtlarında Yakıt Tüketimi Tayini

3.5.1 Konu, tarifler, kapsam.

3.5.1.1. Konu : Bu standart kara yolu motorlu taşıtlarında yakıt tüketimini tayin eder.

3.5.1.2. Tarifler :

3.5.1.2.1. Karayolu motorlu taşıtı : Karayolu motorlu taşıtı, karayolunda insan, hayvan ve eşya taşımaya yarayan; makine gücüyle hareket eden araçtır.

3.5.1.2.2. Çekici araç : Çekici araç, başka araçları veya bu araçlarla birlikte üzerindeki yükü çekmek üzere yapılıp, gerektiğinde yalnız başına kullanılabilen motorlu araçtır.

3.5.1.2.3. En yüksek hız (km/h) : En yüksek hız, bir taşıtın kusursuz çalışma koşulu ile 1 (km) uzunluktaki yolunsonunda ulaşabildiği en yüksek, sürekli hızdır.

3.5.1.2.4. Net ağırlık : Net ağırlık, Karayolu Trafik Tüzüğüne göre trafik emniyeti bakımından bir taşıtın trafiğe çıkabilmesi için gerekli yedek parça, donanım ve akaryakıtı ile birlikte yüksüz ağırlığıdır.

3.5.1.2.5. En büyük yüklü ağırlık : En büyük yüklü ağırlık, bir taşıtın net ağırlığı ile taşıyabileceği en büyük ağırlık ve en fazla yolcu ağırlığı toplamıdır.

3.5.1.3. Kapsam : Bu standart çekici araçlar dışındaki taşıtlarda yakıt tüketimini tayinini kapsar.

3.5.2. Yakıt tüketimi tayini :

3.5.2.1. Deney koşulları :

3.5.2.1.1. Taşıt : Yakıt tüketimi deneyi yapılacak taşıtın, ateşleme, yakıt, soğutma ve yağlama sistemleri, lastik hava basınçları, taşıt yapımcısının yönergesine uygun olarak hazırlanmış olmalıdır.

3.5.2.1.2. Yükleme : Taşıt deney sırasında, taşıyabileceği en büyük ağırlığın yarısına eşit bir ağırlık ve motosikletler ise yaklaşık 75 (kg) ağırlığında bir şoför ile yüklenmiş olmalıdır.

3.5.2.1.3. Deney yolu : Deney yolu olarak yaklaşık 10 (km) uzunluğunda, gidiş ve geliş elverişli, düz, kuru, beton asfalt bir yol kullanılmalıdır. Bu yolda, eğimleri en çok %1.5 olan kısa yokuş ve inişler bulunabilir. Gidiş ve geliş, kesintisiz birbiri ardına yapılmalıdır.

Gidilen yolun gerçek uzunluğu, yol boyundaki kilometre levhalarından yararlanarak tayin edilir.

3.5.2.1.4. Hava koşulları : Hava kuru, atmosfer basıncı 745÷765 (mmHg), sıcaklık 10÷30 (°C) arasında, rüzgar hızı en çok 3 (m/s) olmalıdır.

3.5.2.1.5. Deney hızı :Deney hızı, deney yolu boyunca en yüksek hızın 3/4'üne eşit olmalı, ancak bu hız Karayolları Trafik Tüzüğü'nde belirtilen en yüksek hız değerini aşmamalıdır.

3.5.2.1.6. Yakıt : Yakıt, yapımının talimatının ön gördüğü, ticari bakımdan kullanılması kabul edilen yakıttır.

3.5.2.1.7. Ölçü aletlerinin duyarlılığı : Ölçü aletlerinin duyarlılığı $\pm\%1$ olmalıdır.

3.5.2.2. Deney : Taşıta, ölçme yapılacak uzaklık içinde, yakıt tüketimi tayini için, yakıt tüketimini tam olarak ölçebilecek bir cihaz bağlanır. Deney başlamadan önce cihazlardaki yakıt miktarı saptanır. Taşıt deney yolu üzerinde madde 5.2.1.5.'de sözü geçen hıza ulaştığı anda, yakıt ölçme cihazına kumanda edilerek, yakıtın cihazdan tüketilmesi sağlanır. Deney yolu üzerindeki, yaklaşık olarak 10 (km) gidildikten sonra, cihaza kumanda edilerek, cihazdan yakıt tüketimi durdurulur. İşlem dönüşte aynen uygulanır. Deneyin yapıldığı, gidiş ve dönüş yolunun gerçek uzunluğu ile bu yol boyunca yakıt ölçme cihazından tüketilen yakıt miktarı saptanır. Yakıt tüketimi aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$a = 1.1 \frac{A}{L} \cdot 100 \text{ (litre/100 km)} \quad (3.8)$$

Burada;

a : Yakıt tüketimi, (litre/100 km)

A : Tüketilen yakıt miktarı, (litre)

L : gidilen yol uzunluğu, (km)

1.1 : Düzeltme katsayısıdır.

Not : Tayin edilen, (a) yakıt tüketimi, virgülden sonra, birinci ondalığa kadar yuvarlatılır.



3.5.2.2.1. Deney sonucunun gösterilmesi : deney sonuçları aşağıdaki gibi gösterilir.

90 km/h deney hızında yakıt tüketimi :

TS 1984'e göre yakıt tüketimi ; 9.7 litre/100 km (90 km/h)

3.5.2.2.2. Deney toleransı : Deney sonucunda, yakıt tüketimi için kabul edilen tolerans $\pm 5\%$ dir.

3.5.2.2.3. Deney raporu : Deney raporunda, en az aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır.

- Deneyin yapıldığı laboratuvarın, deneyi yapanın ve raporu imzalayan yetkilinin adları,
- Deney tarihi,
- Numunenin tanıtılması,
- Deneyde uygulanan standartların numarası,
- Uygulanan deneylerde, sonuçların ayrı ayrı gösterilmesi,
- Varsa, deney sonuçlarını değiştirecek etkenlerin, sakıncalarını önlemek için alınmış olan tedbirler,
- Uygulanan deney metotlarında belirtilmeyen veya zorunlu kılınmaya, fakat tayinde yer almış olan tedbirler.
- Deneye tabi tutulan madde veya mamullere özgü olup, yukarıdaki maddelerde açıklananlar dışında kalan bilgiler,
- Rapor tarihi ve numarası.

Bu bölümde, ulusal standartlar ile belirtilen test yöntemleri, taşıtların belirlenen seyir şartları için yakıt tüketiminin saptanması amacı ile kullanılmaktadır. Belirli bir taşıtın, seçilmiş bir güzergah üzerindeki yakıt tüketimi seyir şartlarından etkilenmektedir. Gerçek seyir koşullarının standartlar ile belirlenmiş koşullardan farklı olmaları nedeni ile seçilmiş olan güzergah üzerinde yapılan ölçümlerde yukarıda belirtilen standart testler kullanılmamıştır.

4. Hareket Dirençleri

Taşıt hareketine ters yönde etki eden kuvvetlerin, taşıt eksenine paralel bileşenlerinin toplamına hareket dirençleri adı verilir. Taşıtın hareket edebilmesi için, taşıta etki eden hareket dirençlerinin toplamı kadar bir itme kuvvetinin, tahrik tekerlerinde oluşturulması gerekmektedir. Tahrik tekerlerinde oluşturulan itme kuvvetinin sınır değeri, tahrik tekerlerinin toplam yükü ile lastikle yol arasındaki kuvvet bağlantı katsayısının çarpımına eşittir. Bu değer üzerinde oluşturulacak itme kuvveti, lastikle yol arasında kaymaya (patinaj) neden olacaktır. Benzer şekilde, lastikten yola iletilecek kuvvetin sınır değerinin, toplam dirençlerden küçük olması durumunda ise taşıt hareket edemeyecektir. Bu şart hareket şartı olarak bilinir ve

$$\mu \cdot G_{a,\delta} \geq \Sigma W \quad (4.1)$$

olarak ifade edilir.

Taşıta etki eden hareket dirençleri:

- 1-Teker dirençleri.
- 2-Rüzgar direnci.
- 3-İvme direnci.
- 4-Yokuş direnci.

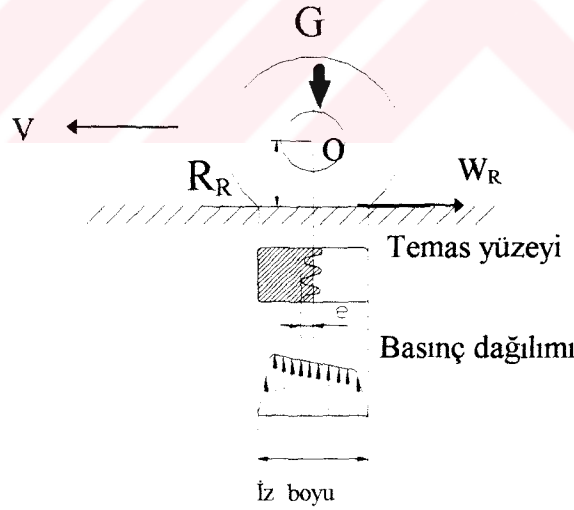
4.1.Teker Dirençleri

Tekerlerin yuvarlanması esnasında, lastiğin ve zeminin deformasyonundan, yatak sürtünmelerinden, tekerlerin yol yüzeyindeki suyu ötelemesinden ve tekerlerin, ön düzene bağlanmasında verilen toe-in mesafesi nedeni ile içe kapalı olmamalarından dolayı oluşan dirençlerin toplamına teker dirençleri adı verilir. Ancak, tekerleğin yuvarlanması esnasında, lastiğin ve zeminin deformasyonu sonucu oluşan yuvarlanma direnci yanında

diğer dirençlerin ihmal edilebilir düzeyde kalması nedeniyle, uygulamada teker dirençleri yerine yuvarlanma direnci alınmaktadır [31].

4.1.1. Yuvarlanma Direnci (W_R)

Rijit yol ve rijit teker şartında yolda ve tekerlerde herhangi bir deformasyon meydana gelmez. Gerçekte ise, gerek pnömatik tekerlerde gerekse yolda deformasyon meydana gelir. Rijit yol, rijit teker şartında, yol ile teker arasındaki çizgisel temas, deformasyonlar sonucu yüzeysel temasa dönüşür. Hareketsiz teker şartında, teker düşey eksenine göre dengeli dağılım gösteren yüzey basınçları, pnömatik tekerleğin elastik şekil değiştirmesi nedeniyle farklılaşır. Bu nedenle teker tepkisi, teker düşey ekseninden “e” mesafesi kadar, hareket yönünde kayar. Bu durum, tekerleğin dönmesini etkileyecek şekilde, değeri “e” mesafesi ile dingil yükünün çarpımına eşit, yönü tahrik momentine zıt olan bir moment doğurur. Bu momentin, teker merkezinde, tahrik yönüne zıt yönde yarattığı kuvvet “yuvarlanma direnci” olarak tanımlanır [42].



Şekil 4.1.1 Yuvarlanan pnömatik tekerleğin temas yüzeyindeki basınç dağılımları.

$$W_R = G \cdot \frac{e}{R_R} \quad (4.2)$$

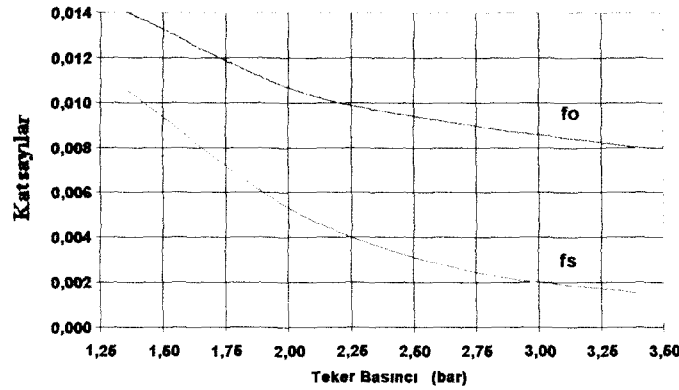
Yuvarlanma direncini veren ifadedeki “ e/R_R ” oranı, yuvarlanma direnç katsayısı “ f ” olarak tanımlanır. Yuvarlanma direnç katsayısının değeri seyir hızına bağlı olarak hesaplanır ve amprik formüllerle veya doğrudan nümerik değerle ifade edilir. Bu formüllerden bir kısmı ve pnömatik lastiklerin, yol kaplamasına bağlı olarak deneysel çalışmalarla elde edilmiş yuvarlanma direnç katsayısı değerleri aşağıda tablo halinde verilmiştir [35], [5], [6], [11], [31].

$$W_R = G \cdot f \cdot \cos \alpha \quad (4.3)$$

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{\left(\frac{V}{3.6} \right)^2}{1500} \right) \quad (4.4)$$

$$f = 0.001 \cdot \left(5.1 - \frac{5.5 - 0.018 \cdot G}{P_i} - \frac{(8.5 - 0.006 \cdot G)}{P_i} \cdot \left(\frac{V^2}{100} \right) \right) \quad (4.5)$$

$$f = f_0 + 3.24 \cdot f_s \cdot \left(\frac{V^2}{259} \right)^{2.5} \quad (4.6)$$



Şekil 4.1.2 (4.6) numaralı eşitlikte kullanılan f_0 ve f_s katsayılarının lastik basıncına bağlı değişimleri.

$$f=(0.0041+0.0000255.V).C_h \text{ (Radyal lastikler için)} \quad (4.7)$$

$$f=(0.0066+0.0000288.V).C_h \text{ (Çapraz kuşaklı lastikler için)} \quad (4.8)$$

$$C_h=1.0 \div 1.5$$

Tablo 4.1.1 Pnömatik lastikler için, zemine bağlı olarak yuvarlanma direnç katsayısının değişimi.

Büyük parke taşı	0.015
Ufak parke taşı	0.015
Beton, asfalt	0.015
Çakıl, kırma taş	0.02
Stabilize	0.025
Toprak yol	0.05
Kumlu yol	0.1....0.35

4.2. Hava Direnci (W_L)

Taşıt hareketi esnasında, çevrelendiği hava tabakası tarafından bir akışa maruz kalır. Havanın bir kısmının, taşıtın, radyatör ve havalandırma kanallarından geçmesi, iç akışı ve iç akış kayıplarını oluşturur. Taşıtın dış yüzeyinden akan hava ise dış kayıpları oluşturur [31]. Dış akış nedeni ile oluşan kayıplar, taşıtın ön ve arka yüzeyleri arasında oluşan basınç farkından ve taşıt yüzeyinin hava tabakası ile sürtünmesinden ortaya çıkar [42]. Taşıtın şekillendirilmesi, hava direncine etki eden temel faktördür. Bir taşıt üzerindeki hava akışının karmaşık olması sebebiyle deneysel modellerin geliştirilmesi ihtiyaç halini almış ve aerodinamik kuvvet aşağıdaki gibi amprik bir ifade ile karakterize edilmiştir [25].

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot \rho_h \cdot V_{\text{bağıl}}^2 \cdot C_D \cdot A \quad (4.9)$$

(4.8) nolu eşitlikte, $1/2 \cdot \rho_h \cdot V_{\text{bağıl}}^2$ ifadesi havanın dinamik basıncıdır. Bağıl rüzgar hızı " $V_{\text{bağıl}}$ ", taşıt hızı (V) ile rüzgar hızının ($V_{\text{rüzgar}}$) vektörel farkıdır. C_D ile ifade edilen değer,

aerodinamik direnç katsayısının, rüzgarın taşıt eksenine paralel ve ters yönde estiği kabulü ile rüzgar tüneli deneyleri sonucu hesaplanmış özel bir halidir. Aerodinamik direnç katsayısı, taşıtın şekillendirilmesi ile ilgilidir. Ancak, taşıt boyutlarının aerodinamik direnç katsayısına direkt etkisinden dolayı, bir taşıtın aerodinamik özellikleri $C_D.A$ değeri ile de karakterize edilebilir [19], [18]. Rüzgar direncinin az olması için, taşıtın hareket doğrultusundaki iz düşüm alanı, aerodinamik direnç katsayısı ve seyir hızı düşük olmalıdır [42]. Şehir içi araç kullanımında seyir hızlarının düşük olması, hava direncinin yakıt sarfiyatına etkisini, şehir içi kullanım için azaltmaktadır [41].

Tablo 4.2.1 Araç tiplerine göre aerodinamik direnç katsayıları değişimleri [41], [26], [22], [37].

Araç Tipi	C_D
Cabrio	0.5.....0.7
Arazi taşıtı	0.5.....0.6
Sedan	0.35...0.45
Hacback	0.3.....0.4
Station-wagon	0.42...0.47
Damla modeli	0.15...0.20
Motosiklet	0.55...0.7
Minibüs	0.4.....0.45
Otobüs	0.6.....0.7
Kamyon	0.8.....1.5
Çekici-yarı römork	0.7.....1.0
Çekici-römork	0.7.....1.0

4.3. İvme Direnci (W_b)

İvmeli hareket yapan taşıtın ivmeli öteleme hareketi sırasında ve dönen elemanların ivmelendirilmesi esnasında, taşıtın hareket yönüne zıt yönde oluşan kuvvet ivme direncidir.

$$W_b = \left(m + \sum_{j=1}^n \frac{J_{R,J}}{r_J \cdot R_J} \right) \cdot \ddot{x} \quad (4.10)$$

Burada m taşıt kütlesi, $J_{R,J}$ tekerlek ile aynı devirde dönen elemanların atalet momenti. R_J dinamik tekerlek yarıçapı, r_J statik tekerlek yarıçapıdır. İfadede 1.terim ötelenen kütlenin ivme direnci olurken, 2. terim, dönen kütlelerin ivme direnci üzerine tesiridir ve kısaca “ ϕ ” ile tariflenir. Çoğu zaman $r_J \cong R_J$ kabul edilerek ifade basitleştirilir ve

$$\phi = 1 + \sum_{j=1}^n \left(\frac{J_{R,J}}{R_J^2} \right) / m \quad (4.11)$$

şeklini alır.İvme direnci ifadesi, bu kabuller doğrultusunda, aşağıdaki gibi ifade edilir [21].

$$W_b = \phi \cdot m \cdot \ddot{x} \quad (4.12)$$

İvme direncinin değeri, dönen elemanların kütlelerine ve atalet momentlerine bağlıdır. Aracın kullanıldığı vites kademesinin, dönmeye zorlanan elemanları belirlenmesi nedeni ile, ivme direncine doğrudan etkisi vardır. Dönen elemanların, atalet momentlerinin, belirlenmesindeki zorluk, uygulamada, dönen elemanların açısal hızlarının arttırılmasından dolayı oluşacak direnç etkisine, eşit etki yaratacak eşdeğer bir kütle hesaplanmasına yol açmıştır. Araç kütlesi ile eşdeğer kütlenin toplamının, araç kütlelerine oranına ivme direnç katsayısı “ ϕ ” adı verilir. Uygulamada kullanılan, ivme direnç katsayısını, vites ve

diferansiyel çevrim oranlarına bağlı olarak belirleyen amprik formüller ve araç tiplerine göre verilmiş değerleri gösteren tablo aşağıda sunulmuştur [6], [37], [3].

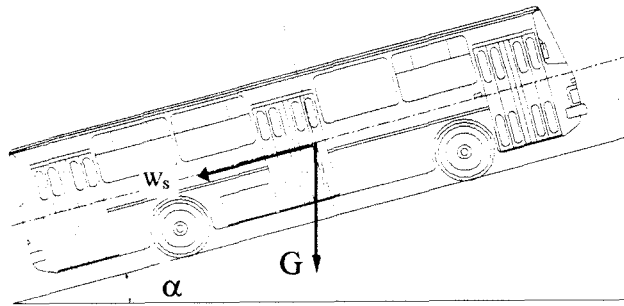
$$\varphi=1+0.04+0.0025.i_{tr}^2 \quad (4.13)$$

Tablo 4.3.1 Vites kademelerine bağlı eşdeğer kütle katsayıları.[18]

Taşıt tipi	Eş değer kütle katsayısı			
	Yüksek vites	İkinci vites	Birinci vites	Düşük hız
Küçük taşıtlarda	1.11	1.20	1.50	2.4
Geniş taşıtlarda	1.09	1.14	1.3	-
Kamyonlarda	1.09	1.2	1.6	2.5

4.4. Yokuş Direnci (W_s)

Çıkış eğimli yolda, hareketi engelleyen ve taşıt ağırlığının, hareket doğrultusunda, hareket yönüne ters yönlü bileşenidir.



Şekil 4.4.1 Çıkış eğimine bağlı olarak, yokuş direncinin oluşumu.

$$W_s = G \cdot \sin \alpha \quad (4.14)$$

5. KÜBİK SPLINE FONKSİYONLARI

Motor performans değerlerinin fonksiyonlarının nümerik yöntemle bulunmasına imkan veren Spline fonksiyonlarını ve fonksiyonların interpolasyon esaslarını incelemek gerekmektedir.

Bilinmeyen bir $y=f(x)$ fonksiyonunun ayırık noktalarda verilen $y_0, y_1, \dots, y_n$ değerlerini kullanarak bu fonksiyonun bir $S(x)$ fonksiyonu şeklinde ifade edilmesi “interpolasyon” , $S(x)$ fonksiyonunda “interpolasyon fonksiyonu” denir.

Problemin teorik olarak çözümü mümkün olmadığı veya çözümün yetersiz kaldığı hallerde, deney sonucu bulunan değerleri veya bilinen kesikli değerleri kullanarak problemin çözülmesi “ nümerik yöntem “ olarak bilinmektedir.

Nümerik yöntemler ,elle yapıldığında uzun zaman ve bazı hallerde aşırı sayıda işlem gerektirdiğinden günümüzde, bilgisayarlardan yararlanılarak, istenilen hassasiyet sınırında ve kısa sürede istenilen çözüme ulaşılabilir. Spline yöntemi, deneysel verilerden veya ara değerlerden yararlanarak , nümerik yöntemle ara intepolasyon yapıp, fonksiyon elde etme esasına dayanmaktadır.

x değişkeni ile gösterilen reel sayıların (a,b) aralığında artan bir sıraya göre sıralanmış dizisi, $a=x_0, x_1, \dots, x_n =b$ olsun. Bunlara karşıt olan bağımlı değişken Y değerleri; $Y=y_0, y_1, \dots, y_n$ olarak verilsin. İstenen m . dereceden $S(x)$ spline fonksiyonu, aşağıdaki iki şartı sağlayan, reel eksenin (a,b) aralığında belirlenmiş bir fonksiyondur.

- I. $S(x)$ fonksiyonu her bir (x_{i-1}, x_i) alt aralığında en fazla m . derecen bir polinom olarak verilmiştir. ($i=1,2,\dots,n$ değerlerini alır ve $x_0=-\infty, x_n=+\infty$ değerlerini alabilir.)
- II. Spline fonksiyonu $S(x)$ ve onun $1,2,\dots,m-1$.mertebeden türevleri (a,b) aralığında süreklidir.

Başka bir ifade ile spline fonksiyonu, kendisi ve türevlerinin sürekliliği hakkında belirli şartları sağlaması gereken m . dereceden parça parça bir polinom fonksiyonudur. İstenilen ikinci şarttan görüldüğü gibi, spline fonksiyonu düğüm noktalarında sürekliliğin sağlanması gereklidir.

Genellikle $S(x)$ fonksiyonu (x_{i-1}, x_i) ve (x_i, x_{i+1}) gibi iki komşu aralıkta farklı polinomlar olarak verilir. $m=0$ halinde ikinci şart sağlanamaz, $m=1$ halinde ise spline fonksiyonu kırık çizgi kümesi oluşturur. Verilen (a, b) aralığında geçerli ve her (x_{i-1}, x_i) alt aralığında farklı olan m . dereceden $S(x)$ spline fonksiyonu için $(m-1)$ mertebeden türevlerinin lineer olması varsayımından hareket edilerek yapılan tanıma göre,

$M_i = S^{(m-1)}(x_i)$ ve $h_i = x_i - x_{i-1}$ ($i=0, 1, \dots, n$) olmak üzere (x_{i-1}, x_i) alt aralığı için;

$$S^{(m-1)}(x) = M_{i-1} \cdot \left(\frac{x_i - x}{h_i} \right) + M_i \cdot \left(\frac{x - x_{i-1}}{h_i} \right) \quad (5.1)$$

yazılır. Daha sonra bu denklemin $(m-1)$ defa belirsiz integralinin alınması ile her (x_{i-1}, x_i) alt aralığı için

$$S(x) = (-1)^{m-1} \cdot M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^m}{(m-1)h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^m}{(m-1)h_i} + c_1 \cdot x^{m-1} + c_2 \cdot x^{m-2} + \dots + c_{m-1} \quad (5.2)$$

denklemini elde edilir.

$c_1, c_2, \dots, c_{m-1}$ integrasyon sabitleri (x_{i-1}, x_i) alt aralığının uçları olan x_{i-1} ve x_i noktalarında $S(x)$ ile türevlerinin çözüm fonksiyonu y ile türevlerine karşılıklı olarak eşit olması şartından elde edilen $(m-1)$ adet bağıntıdan bulunur. Her (x_{i-1}, x_i) ve (x_i, x_{i+1}) gibi komşu iki alt aralığın ortak düğüm noktalarındaki eğimlerin eşitliğinden yararlanarak, katsayı matrisi bir bant matrisi olan ve M_i bilinmeyenlerini içeren bir denklem sisteminin çözümü

ile M_i değerleri bulunur. Böylece (x_{i-1}, x_i) alt aralıklarındaki spline fonksiyonlar belirlenmiş olur.

Spline fonksiyonları, tabii spline fonksiyon ise, yani $m=2k-1$ ise, $k=2$ seçilerek kübik spline fonksiyonları oluşturulursa, (5.2) denklemi ile verilen $S(x)$ fonksiyonu, her (x_{i-1}, x_i) alt aralığında $M_i=S''(x_i)$ olmak üzere;

$$S(x) = M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^3}{6 \cdot h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^3}{6 \cdot h_i} + \left(y_{i-1} - \frac{M_{i-1} \cdot h_i^2}{6} \right) \cdot \frac{(x_i - x)}{h_i} + \dots + \left(y_i - \frac{M_i \cdot h_i^2}{6} \right) \cdot \frac{(x - x_{i-1})}{h_i} \quad (5.3)$$

şekline dönüşür.

5.1. Kübik Spline Fonksiyon Katsayılarının Elde Edilmesi

(5.2) ifadesinin çıkartıldığı tanım şartlarına göre $S(x)$ 'in ikinci türevlerini, yani $S''(x_i)$ ($i=0,1,\dots,n$) değerlerini M_i ile göstererek kübik polinomun ikinci türevlerinin lineer olması nedeni ile (x_{i-1}, x_i) alt aralığı için denklem (5.3) ile verilen $S(x)$ kübik spline fonksiyonunun ikinci türevi;

$$S''(x) = M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)}{h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})}{h_i} \quad (5.4)$$

şeklinde yazılır. Burada, $h_i = x_i - x_{i-1}$ ifadesi ise belirlidir. Denkleminde verilen $S''(x)$ ifadesi artarda integrasyonu ile $S(x)$ spline fonksiyonu elde edilir.

1. integral,

$$S'(x) = -M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^2}{2 \cdot h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^2}{2 \cdot h_i} + c_1 \quad (5.5)$$

2. integral ,

$$S(x) = M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^3}{6 \cdot h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^3}{6 \cdot h_i} + c_1 x + c_2 \quad (5.6)$$

elde edilir.

(x_{i-1}, x_i) alt aralığına karşılık gelen y_{i-1} ve y_i değerlerini, $y_i = S(x_i)$ ve $y_{i-1} = S(x_{i-1})$ şartları ile belirli oldukları dikkate alınır ;

$$y_{i-1} = M_{i-1} \cdot \frac{h_i^2}{6} + c_1 \cdot x_{i-1} + c_2 \quad (5.7)$$

$$y_i = M_i \cdot \frac{h_i^2}{6} + c_1 \cdot x_i + c_2 \quad (5.8)$$

denklemleri elde edilir. Bu denklemlerin ortak çözümlerinden integrasyon sabitleri c_1 ve c_2 aşağıdaki şekilde bulunur.

$$c_1 = \frac{(y_i - y_{i-1})}{h_i} - (M_i - M_{i-1}) \cdot \frac{h_i}{6} \quad (5.9)$$

$$c_2 = \frac{(x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)}{h_i} - (x_i \cdot M_{i-1} - x_{i-1} \cdot M_i) \cdot \frac{h_i}{6} \quad (5.10)$$

integrasyon sabitlerinin bulunan değerleri denklem (5.5) ve (5.6) de yerlerine koyulursa

$$S'(x) = -M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^2}{2 \cdot h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^2}{2 \cdot h_i} + \frac{(y_i - y_{i-1})}{h_i} - (M_i - M_{i-1}) \cdot \frac{h_i}{6} \quad (5.11)$$

türev bağıntısı ile her (x_{i-1}, x_i) alt aralığı için;

$$S(x) = M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^3}{6 \cdot h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^3}{6 \cdot h_i} + \left(y_{i-1} - \frac{M_{i-1} \cdot h_i^2}{6} \right) \cdot \left(\frac{x_i - x}{h_i} \right) + \left(y_i - \frac{M_i \cdot h_i^2}{6} \right) \cdot \left(\frac{x - x_{i-1}}{h_i} \right) \quad (5.12)$$

kübik spline fonksiyonu elde edilir.

Elde edilen bu denklemde bilinmeyen olarak gözüken M_i terimlerinin bilinen değerler cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir. (x_{i-1}, x_i) ve (x_i, x_{i+1}) komşu aralıklarının ortak düğüm noktalarındaki türev ifadeleri;

$$S'(x_i -) = \frac{h_i}{6} \cdot M_{i-1} + \frac{M_i \cdot h_i}{3} + \frac{y_i - y_{i-1}}{h_i} \quad (5.13)$$

$$S'(x_i +) = -\frac{h_{i+1}}{3} \cdot M_i - \frac{h_{i+1}}{6} \cdot M_{i+1} + \frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}} \quad (5.14)$$

şeklinde yazılır. Burada $h_i = x_i - x_{i-1}$ ve $h_{i+1} = x_{i+1} - x_i$ ifadeleri ile belirlidir.

$S'(x_i -) = S'(x_i +)$ şartının geçerliliğinden, (5.13) ve (5.14) denklemlerinin eşitlenmeleriyle

$$\frac{h_i}{6} \cdot M_{i-1} + \frac{h_i + h_{i+1}}{3} \cdot M_i + \frac{h_{i+1}}{6} \cdot M_{i+1} = \frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}} - \frac{y_i - y_{i-1}}{h_i} \quad (5.15)$$

bulunur. Burada $i=1,2,\dots,n-1$ değerlerini alır.

$$\alpha_i = \frac{h_{i+1}}{h_{i+1} + h_i} \quad ; \quad \beta = 1 - \alpha_i \quad \text{tanımlamaları yapılırsa,}$$

$$\beta_i \cdot M_{i-1} + 2 \cdot M_i + \alpha_i \cdot M_{i+1} = 6 \cdot \frac{((y_{i+1} - y_i) / h_{i+1}) - ((y_i - y_{i-1}) / h_i)}{h_i + h_{i+1}} \quad (5.16)$$

ifadesi bulunur.

Her (x_{i-1}, x_i) alt aralığı için yazılan bu şekildeki denklemler ikinci dereceden türev olan M_i değerlerine bağlıdır. Denklem (5.16)'ün sağ tarafı $i=1,2,\dots,n-1$ için

$$d_i = 6 \cdot \frac{((y_{i+1} - y_i) / h_{i+1}) - ((y_i - y_{i-1}) / h_i)}{h_i + h_{i+1}} \quad (5.17)$$

şeklinde ifade edilip $i=1,2,\dots,n-1$ için

$$\beta_i \cdot M_{i-1} + 2 \cdot M_i + \alpha_i \cdot M_{i+1} = d_i \quad (5.18)$$

bulunur. Bu denklemden yararlanılarak $i=0$ ve $i=n$ uç koşullarının seçilişine göre farklı d_0 ve d_n değerleri elde edilir.

Tabii spline fonksiyonlarında $m=3$ olması durumunda her (x_{i-1}, x_i) alt aralığında kübik spline fonksiyonları aşağıdaki şekilde bulunur.

$S(x)$ fonksiyonunun $(-\infty, a)$, $(b, +\infty)$ aralığında lineer olması varsayımından,

$S''(a) = S''(b) = 0$ veya, $M_0 = M_n = 0$ şartları geçerli olur. Denklem (5.16) den yararlanılarak aşağıda verilen denklem sistemi elde edilir.

$$\begin{bmatrix}
 2 & \alpha_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 \beta_2 & 2 & \alpha_2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \beta_3 & 2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 0 & 0 & 0 & \dots & 2 & \alpha_{n-3} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \dots & \beta_{n-2} & 2 & \alpha_{n-2} \\
 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_{n-1} & 2
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 M_1 \\
 M_2 \\
 M_3 \\
 \vdots \\
 M_{n-3} \\
 M_{n-2} \\
 M_{n-1}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 d_1 \\
 d_2 \\
 d_3 \\
 \vdots \\
 d_{n-3} \\
 d_{n-2} \\
 d_{n-1}
 \end{bmatrix}
 \quad (5.19)$$

Bu denklem sisteminin çözümü ile M_i değerleri bulunur. Bulunan M_i değerleri (5.12) no'lu denklemde yerine konarak her (x_{i-1}, x_i) alt aralığı için (a,b) aralığı boyunca kübik spline fonksiyonları bulunur [1], [16], [20].

5.2 Kübik Spline Fonksiyonları ile İnterpolasyon

Bu çalışmada (5.12) denklemi ile verilen

$$S(x) = M_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^3}{6h_i} + M_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^3}{6h_i} + \left(y_{i-1} - \frac{M_{i-1} \cdot h_i^2}{6} \right) \cdot \left(\frac{x_i - x}{h_i} \right) + \left(y_i - \frac{M_i \cdot h_i^2}{6} \right) \cdot \left(\frac{x - x_{i-1}}{h_i} \right)$$

kübik spline fonksiyonu kullanılmıştır. Kullanılan yöntemin hassasiyetinin belirlenmesi amacı, örnek bir fonksiyonun oluşturulmasında ayrık noktalar yerine belirli bir fonksiyona ait (a,b) aralığındaki değerler kullanılmıştır. (a,b) aralığında eşit artımlı alt aralıkların

düğüm noktalarına ait değerler ile bu değerlere karşı gelen $f(x)$ değerleri kullanılarak spline fonksiyonu katsayıları (M_i) oluşturulmuştur.

Örnek fonksiyon ve oluşturulan spline fonksiyonu, raslantısal olarak seçilen değerler için hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak mutlak hatalar tablo halinde verilmiştir.

Örnek Çözüm :

$$f(x) = -6E - 06X^2 + 0.0541X - 13.145$$

Tablo 5.1 Örnek fonksiyona ait düğüm noktaları değerleri ve spline fonksiyonu katsayıları.

x	f(x)	M_i
1500	54.505	0
2000	71.055	-1.798E-5
2500	84.605	-1.440E-5
3000	95.155	-1.072E-5
3500	102.705	-9.904E-6
4000	107.255	-9.417E-6
4500	108.805	-9.208E-6
5000	107.355	0

Tablo 5.2 Örnek fonksiyona ve spline fonksiyonuna ait sonuçlar ve mutlak hata değerleri.

Örnek Noktalar	f(x)	Spline Fonksiyonu	Mutlak Hata (%)
1939	69.1966	69.1868	0.0142
3654	104.4261	104.3646	0.0589
4242	108.3798	108.2960	0.0773
5015	107.2652	107.2433	0.0204

6. BİLGİSAYAR PROGRAMININ HAZIRLANMASI

Taşıtların, yakıt sarfiyatlarının belirlenmesi, yakıt sarfiyatına etki eden parametrelerin, işletme şartlarına bağlı olarak irdelenmesi amacıyla hazırlanan bilgisayar programı dokuz temel kısımdan oluşmaktadır.

6.1. Program Girdileri

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

6.2. Motor Haritasının Modellenmesi

Bu bölümde, taşıtın, seyir esnasındaki, anlık güç gereksiniminden ve seyir hızından yola çıkılarak hesaplanan motor işletme şartlarına karşı gelen özgül yakıt sarfiyatının belirlenmesi için, motor haritası, program tarafından uygun bir matematik modele çevrilmiştir. Bu işlem için Kübik Spline fonksiyonları kullanılmıştır. Kübik Spline fonksiyonlarının katsayılarının oluşturulması için gerekli olan motor verileri 6.1. bölümde programa girilmiştir. Programa , en küçük motor devrinden enbüyük motor devrine kadar sabit artımlarla elde edilen her devre karşı gelen, sabit güç eğrileri üzerindeki noktaların özgül yakıt tüketimi değerleri, motor devri ve gücü ile birlikte girilmiştir.

6.3. Taşıtın Seçilen Güzergah Üzerinde Bilgisayar Ortamda Çalıştırılması

Bu işlem için, çalışmanın temel mantığını oluşturan, gerçek seyir koşulları kullanılmıştır. Taşıtın sanal ortamda çalıştırılması için, belirlenen güzergah üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ve bir saniye aralıklarla taşıtın güzergah üzerindeki hız-zaman profilini de içeren veri dosyalarını kullanılmıştır. Bu dosyalar hız ve zamana ait bilgiler yanı sıra, araçtaki yolcu sayısı ve aracın kullanıldığı vites kademesine ait bilgilerini de içermektedir. Dosyalardaki bilgilere ait açıklama tablo halinde verilmiştir.

Tablo 6.1. Data dosyalarında kaydedilen büyüklükler ve birimleri.

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

6.4. Seyir Dirençlerinin Hesaplanması

Teorik ve deneysel çalışmalar sonrası elde edilmiş, litaretüre geçmiş formüller ve taşıt verileri yardımıyla hareket dirençleri modellenmiştir. Hareket dirençlerinin modellenmesinde (4.3), (4.4), (4.9), (4.12) ve (4.14) eşitlikleri kullanılarak (6.1) eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu bölümde, 6.3 bölümündeki çevrimi gerçekleştiren taşıta etki eden hareket dirençleri, bir saniye aralıklarla hesaplanmıştır.

$$\sum W = W_R + W_L + W_b + W_S \quad (6.1)$$

6.5. Tahrik Gücünün Hesaplanması

Hesaplanan hareket dirençlerine, taşıt işletme şartlarına ve taşıt özelliklerine bağlı olarak motor gücünü veren ifade (6.2) eşitliği ile verilmiştir.

$$N_{tr} = \Sigma W.V/3600 \quad (6.2)$$

kullanılarak, çevrimin her saniyesinde, taşıtın o andaki işletme şartındaki hareketi için gerekli motor gücü hesaplanmıştır.

6.6. Tahrik Gücü ve Seyir Hızının Motor Şartlarına İndirgenmesi

Bu bölümde, mekanik verim ve tahrik gücünden efektif motor gücü (6.3), eşitlikleri ile, seyir hızı ve kullanılan vites kademesi çevrim oranından motor devri (6.5) eşitliği ile bulunmuştur.

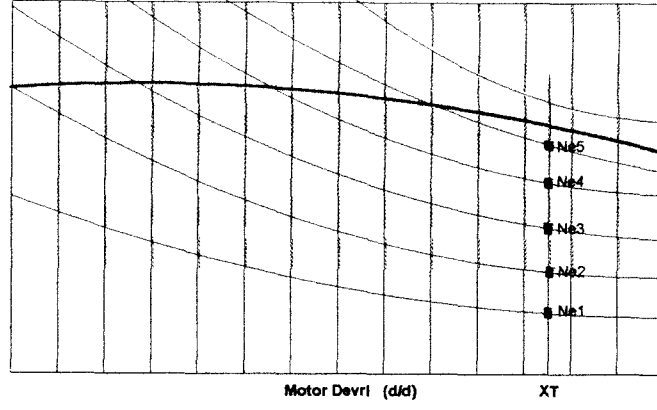
$$N_e = \frac{N_{tr}}{\eta_m} \quad (6.3)$$

$$i_{tr} = i_0.i_i \quad (i= 1.....6) \quad (6.4)$$

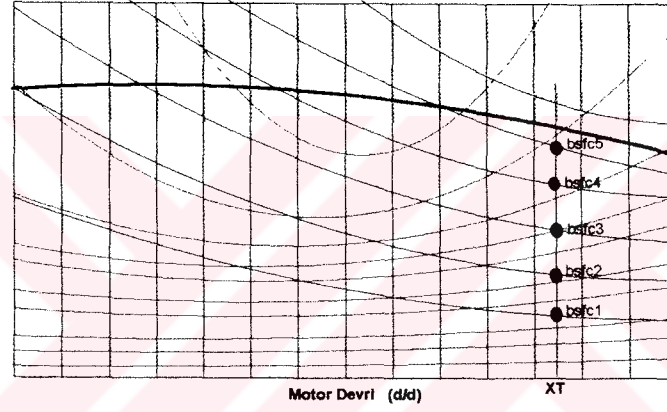
$$n = \frac{V.60.i_{tr}}{2.\pi.R_R.3.6} \quad (6.5)$$

6.7. Anlık Özgül Yakıt Sarfiyatının Bulunması

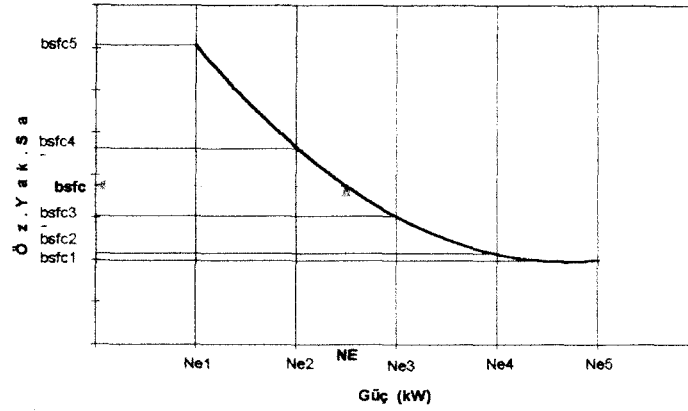
6.6. bölümde belirlenen motor işletme şartları, 6.2. bölümde hesaplanan kübik spline fonksiyonlarında yerlerine koyularak, taşıtın anlık özgül yakıt sarfiyatı hesaplanmıştır. Belirlenen motor devrinde, elde edilen spline fonksiyonları ile motordan çekilen güç, özgül yakıt sarfiyatı değeri ile bir saniyelik zaman aralığında taşıtın harcadığı yakıt miktarı bulunmuştur. Güç ve özgül yakıt sarfiyatı eğrilerinin belirlenen motor devir şartındaki değerleri Spline fonksiyonları ile hesaplanmıştır. Belirlenen motor devrinde, özgül yakıt tüketiminin güce göre değişiminden enterpolasyonla motorun özgül yakıt tüketimi bulunmuştur.



Şekil 6.2.a Taşıtın işletme şartına karşı gelen motor devir sayısında, spline fonksiyonu tarafından hesaplanan güç değerleri.



Şekil 6.2.b Taşıtın işletme şartına karşı gelen motor devir sayısında, spline fonksiyonu tarafından hesaplanan özgül yakıt tüketimi değerleri.



Şekil 6.2.c Taşıtın işletme şartına karşı gelen motor devir sayısında, spline fonksiyonu tarafından hesaplanan güç ve özgül yakıt tüketimi değerlerinin değişimi.

6.8. Çevrimin Toplam Yakıt Sarfiyatının Bulunması

Bir saniye aralıklarla gerçekleştirilen bu işlemler, bir çevrimin toplam süresince tekrarlanarak, bir saniyelik zaman dilimleri için hesaplanan yakıt sarfiyatlarının toplanması ile tüm çevrim süresince harcanan yakıt miktarı litre cinsinden (6.6) eşitliği ile bulunmamaktadır bulunmamaktadır.

$$AYT=(N_e.bsfc.t)/(\rho_y.3600) \quad (6.6)$$

$$TYT=\sum AYT \quad (6.7)$$

6.9. Program Çıktıları

Taşıtın seyir şartları,

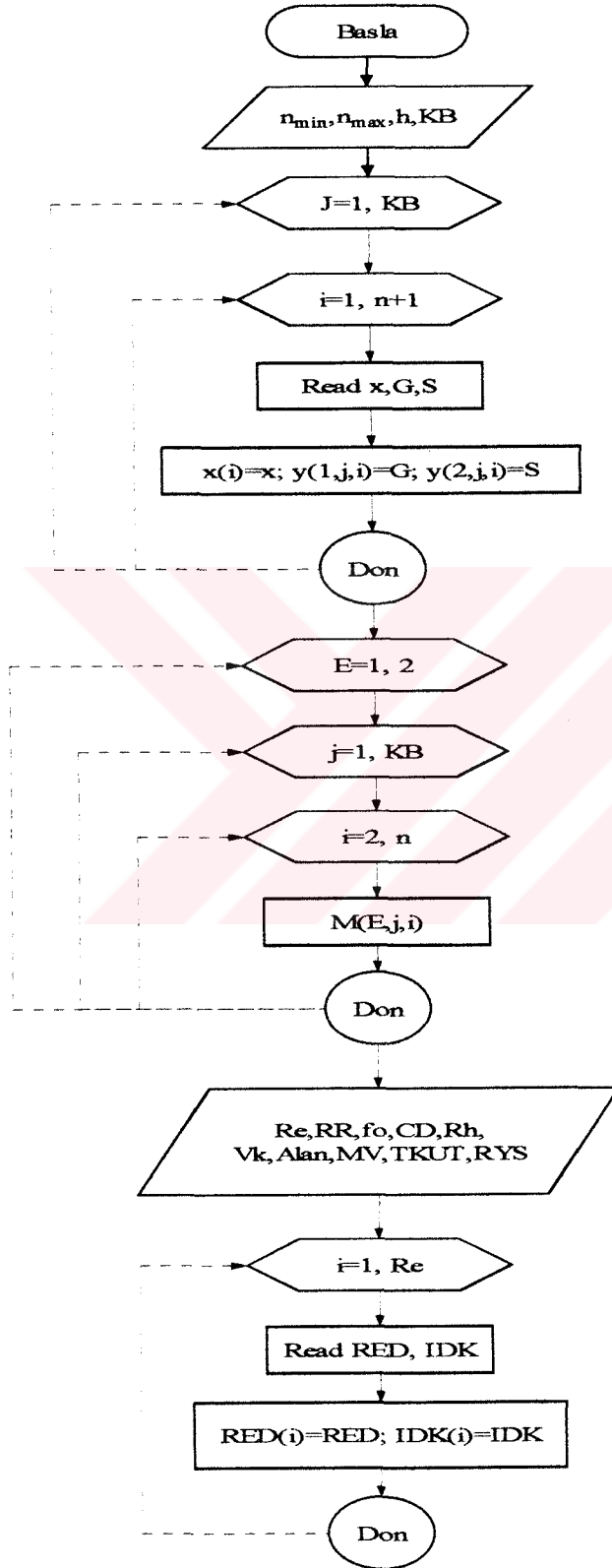
- 1-Durma
 - a) Durakta
 - b) Trafikte
- 2-Hızlanma
- 3-Sabit Hız
- 4-Yavaşlama

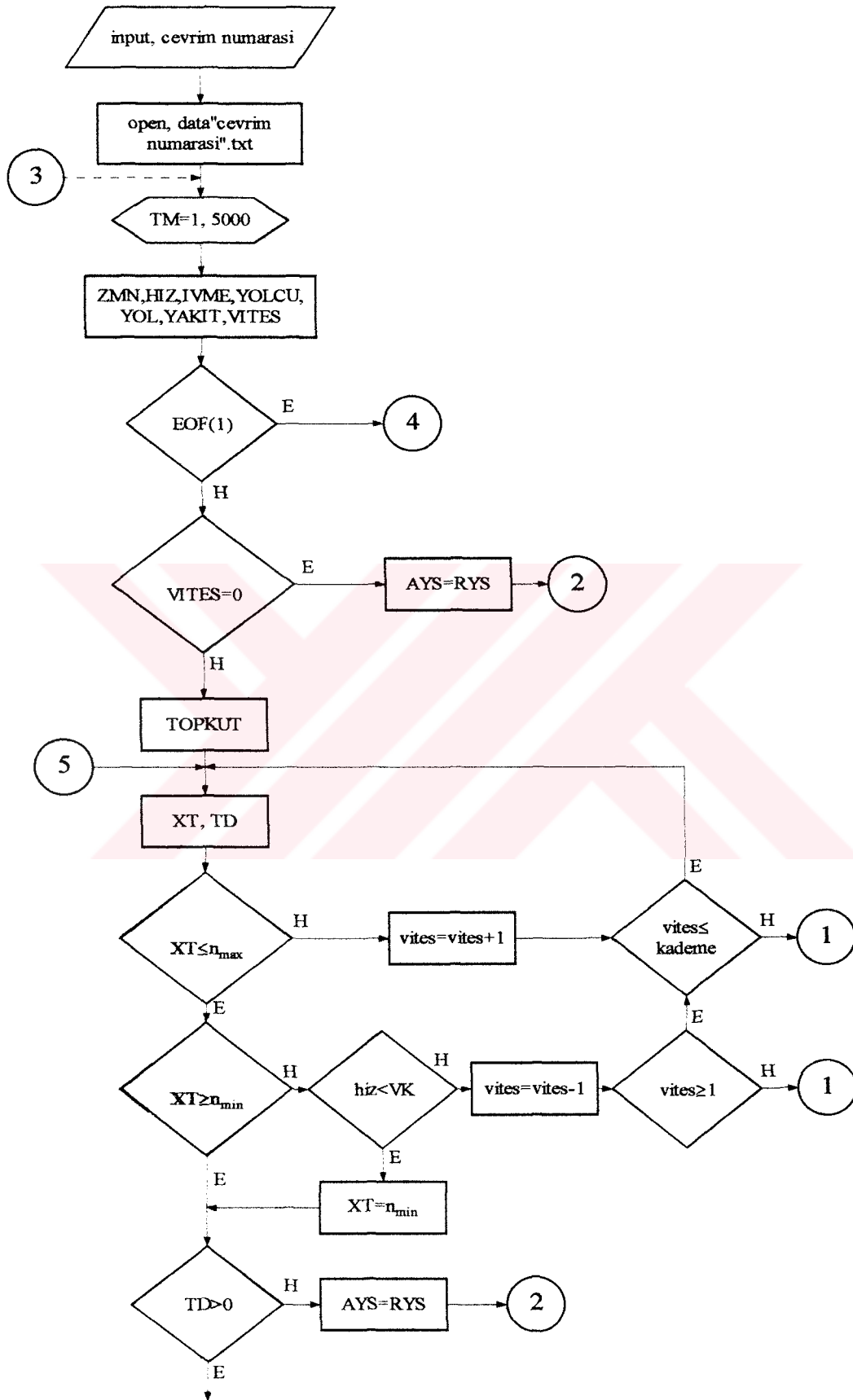
olarak dört grupta toplanmıştır.

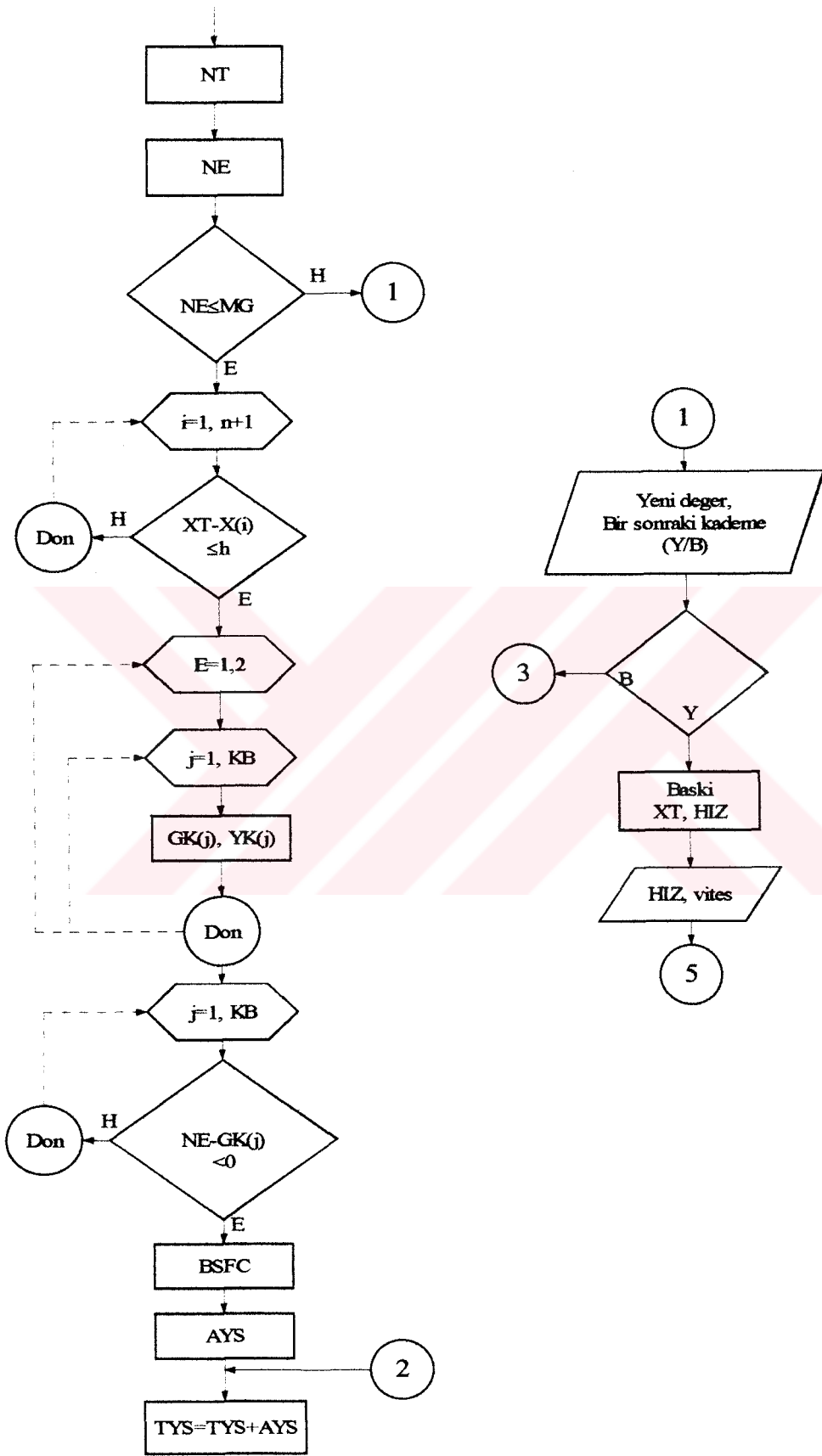
Seyir esnasında tüketilen yakıt, alınan yol ve geçen süre bu grupta dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

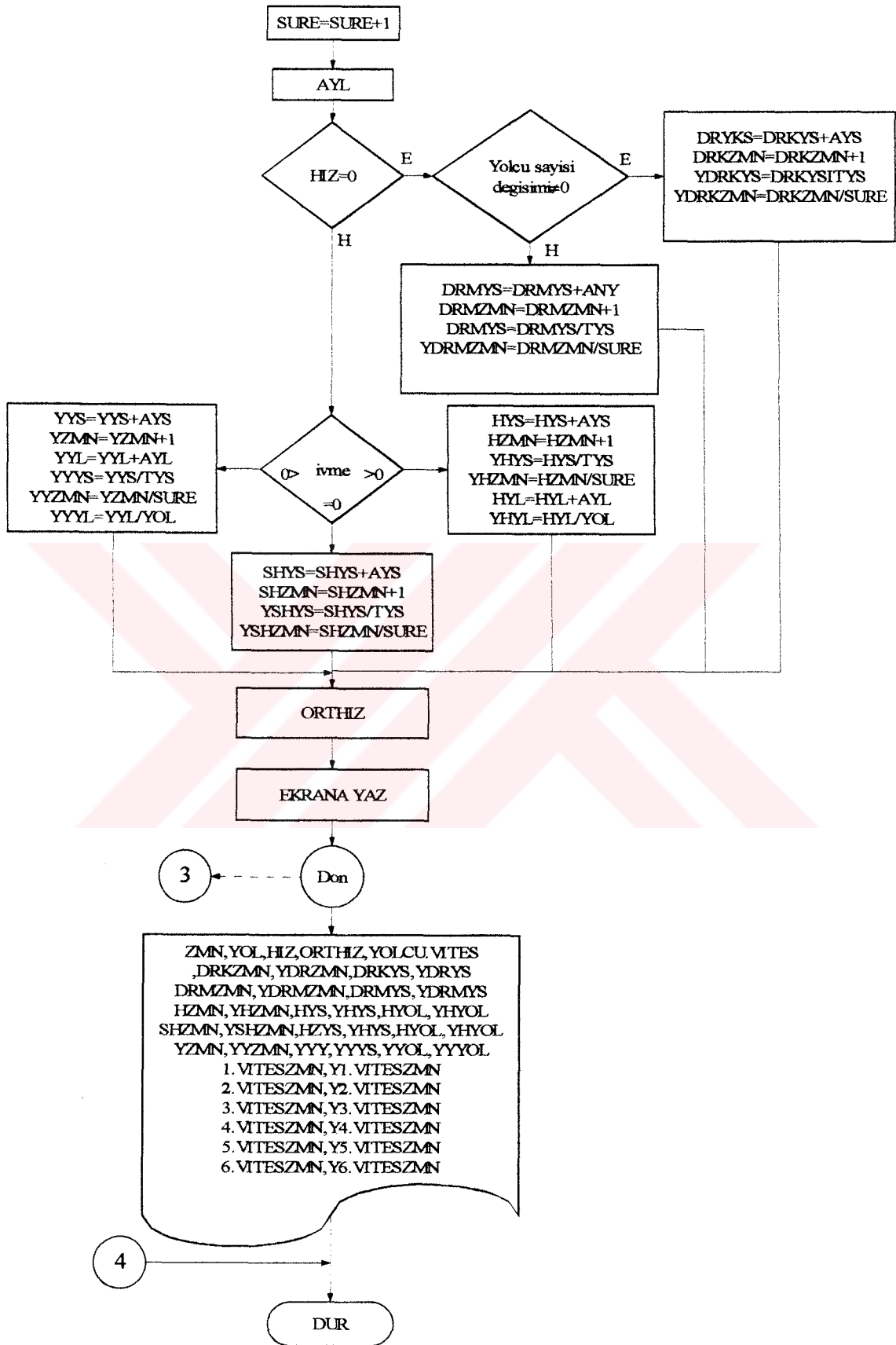
Her birseyir grubu için sonuçlar gerek birimleri ile gerekse yüzde olarak programdan alınmıştır.

6.10. Programa Ait Akış Diyagramı









6.11. Çalışmada Kullanılan Program Girdileri

Bu bölümde çalışmada kullanılan eşitlikler ve bu eşitliklerde yer alan sabit değerler ile değişkenlere ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 6.2 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

$$W_R = G.f.\cos\alpha \quad (\text{N})$$

$$G = \text{TOPKUT} \cdot g$$

$$\text{TOPKUT} = (\text{TKUT} + (80 \cdot \text{YOLCU}))$$

$$\text{TKUT} = 10300 \quad (\text{kg})$$

$$g = 9.81 \quad (\text{m/s}^2)$$

$$V = \text{HIZ} \quad (\text{m/s})$$

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V^2}{1500} \right)$$

$$f_0 = 0.01 \quad (\text{yol yüzeyi asfalt kaplama})$$

$$\alpha = 0 \quad \text{Güzergah, sahili izlemesi nedeni ile düz kabul edilmiştir.}$$

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot \rho_h \cdot V_{\text{bağıl}}^2 \cdot C_D \cdot A \quad (\text{N})$$

$$\rho_h = 1.2 \quad (\text{kg/m}^3)$$

$$C_D = 0.65$$

$$A = 7.5 \quad (\text{m}^2)$$

$$V_{\text{rüzgar}} = 0 \quad (\text{m/s})$$

$$V_{\text{bağıl}} = \text{HIZ} \quad (\text{m/s})$$

$$W_b = \varphi \cdot m \cdot \ddot{x} \quad (\text{N})$$

Vites Kademesi	1	2	3	4	5	6
Eş Değer Kütle Katsayısı (φ)	1.6	1.25	1.15	1.09	1.07	1.05

$$m = \text{TOPKUT}$$

$$\text{TOPKUT} = (\text{TKUT} + (80 \cdot \text{YOLCU})) \cdot g \quad (\text{kg})$$

$$\ddot{x} = \text{İvme} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$\Sigma W = W_R + W_L + W_b + W_s \quad (\text{N})$$

$$N_{tr} = \Sigma W \cdot V / 1000 \quad (\text{kW})$$

$$N_e = \frac{N_{tr}}{\eta_m} \quad (\text{kW})$$

$$\eta_m = 0.94 \quad (\text{Bütün kademelerde})$$

$$n = \frac{V \cdot 60 \cdot i_{tr}}{2 \cdot \pi \cdot R_R}$$

$$i_{tr} = i_0 \cdot i_i \quad (i = 1 \dots 6)$$

Vites Kademesi	1	2	3	4	5	6
Çevrim Oranı	7.03	4.09	2.70	1.84	1.40	1.00

$$i_0 = 5.75$$

$$R_R = 0.51 \quad (\text{m})$$

$$AYT = (N_e \cdot bsfc \cdot t) / (\rho_y \cdot 3600)$$

$$\rho_y = 830 \quad (\text{kg/m}^3) ;$$

$$t = 1 \quad (\text{s}) \quad (\text{hesaplama } 1 \text{ (s) aralıkla yapılmaktadır})$$

$$TYT = \Sigma AYT$$

$$AYL = \text{Hız} \cdot t$$

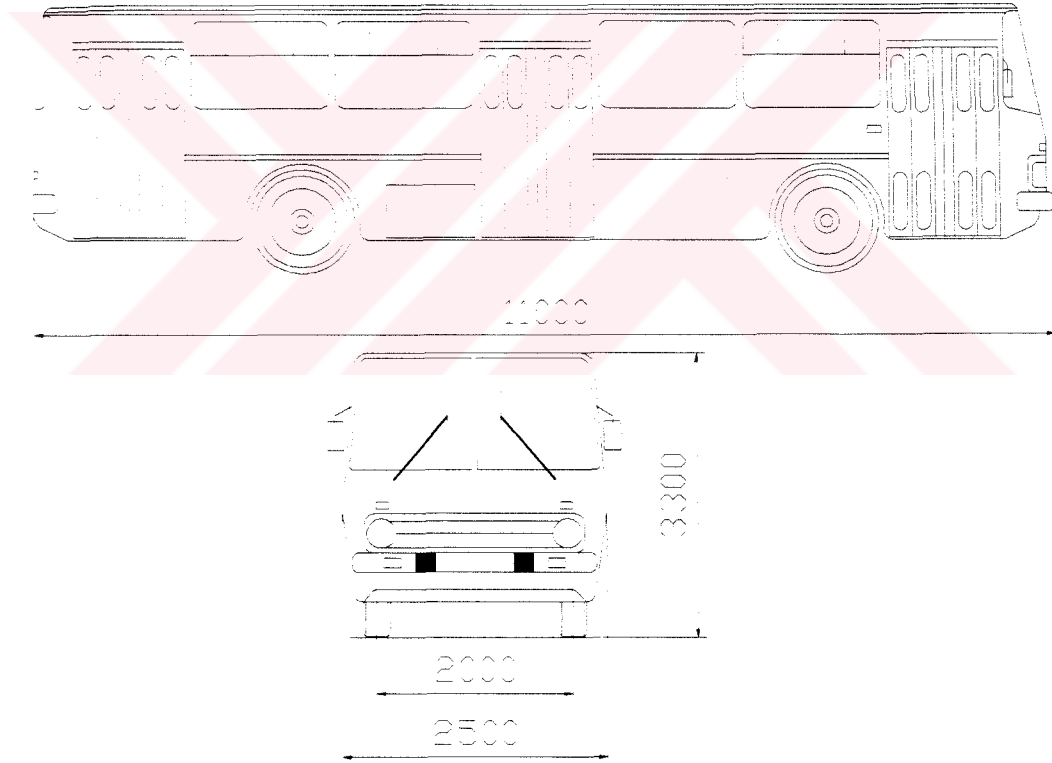
$$\text{ORTHIZ} = \text{YOL} / \text{SURE}$$

7. KULLANILAN MATERYAL ve YÖNTEM

Ölçüm işlemleri, tüketilen yakıtın ölçülmesi ve taşıtın hareket büyüklüklerinin ölçülmesi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Ölçümlerde, İstanbul Büyük Şehir 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.

7.1. Ölçümlerde Kullanılan Otobüse Ait Bilgiler

7.1.1. Boyutlar



Şekil 7.1.1 Ölçümlerde kullanılan Ikarus 260 solo marka aracın boyutları.

7.1.2. 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)

Motor	: RABA-MAN D 2156 HM6UT
Çalışma prensibi	: 4 stroklu, direkt püskürtmeli, aşırı doldurmalı, Diesel motoru.
Strok/Çap	: 121/150 (mm/mm)
Silindir sayısı	: 6
Sıkıştırma oranı	: 17:1
Çıkış gücü	: 162 (kW) / 2100 (d/d)
Tork	: 819 (Nm) / 1600 (d/d)
Püskürtme sırası	: 1-5-3-6-2-4
Soğutma	: Su soğutmalı

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"

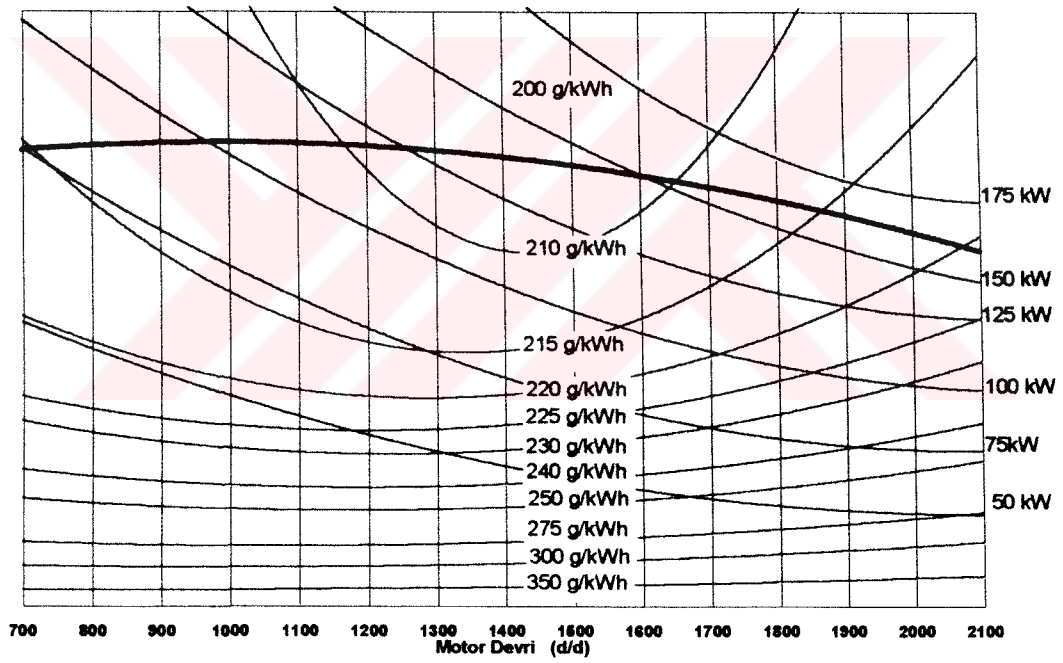
Lastik : 11.00R-20 STC

Lastik basınçları

Ön : 7.25 (bar)

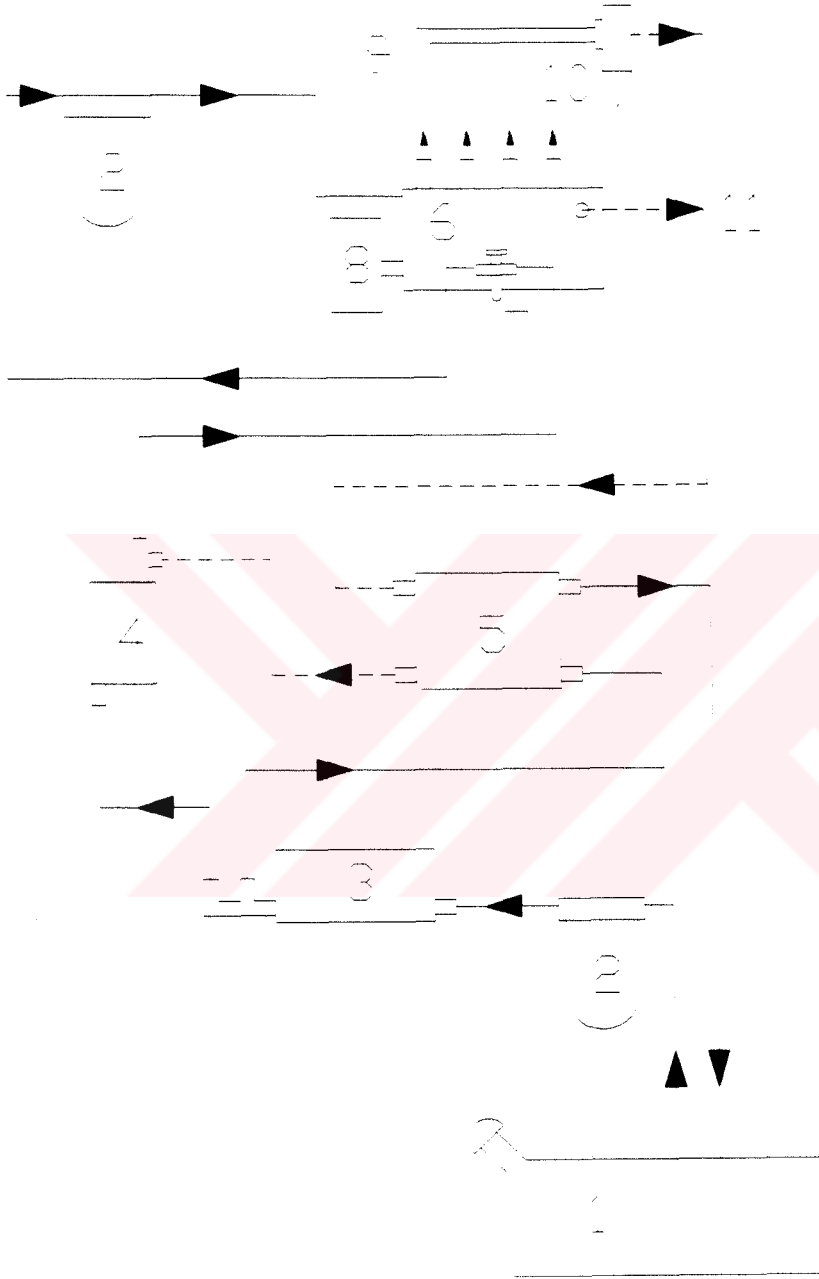
Arka : 6.75 (bar) [27]

7.1.3. Motor Performansı



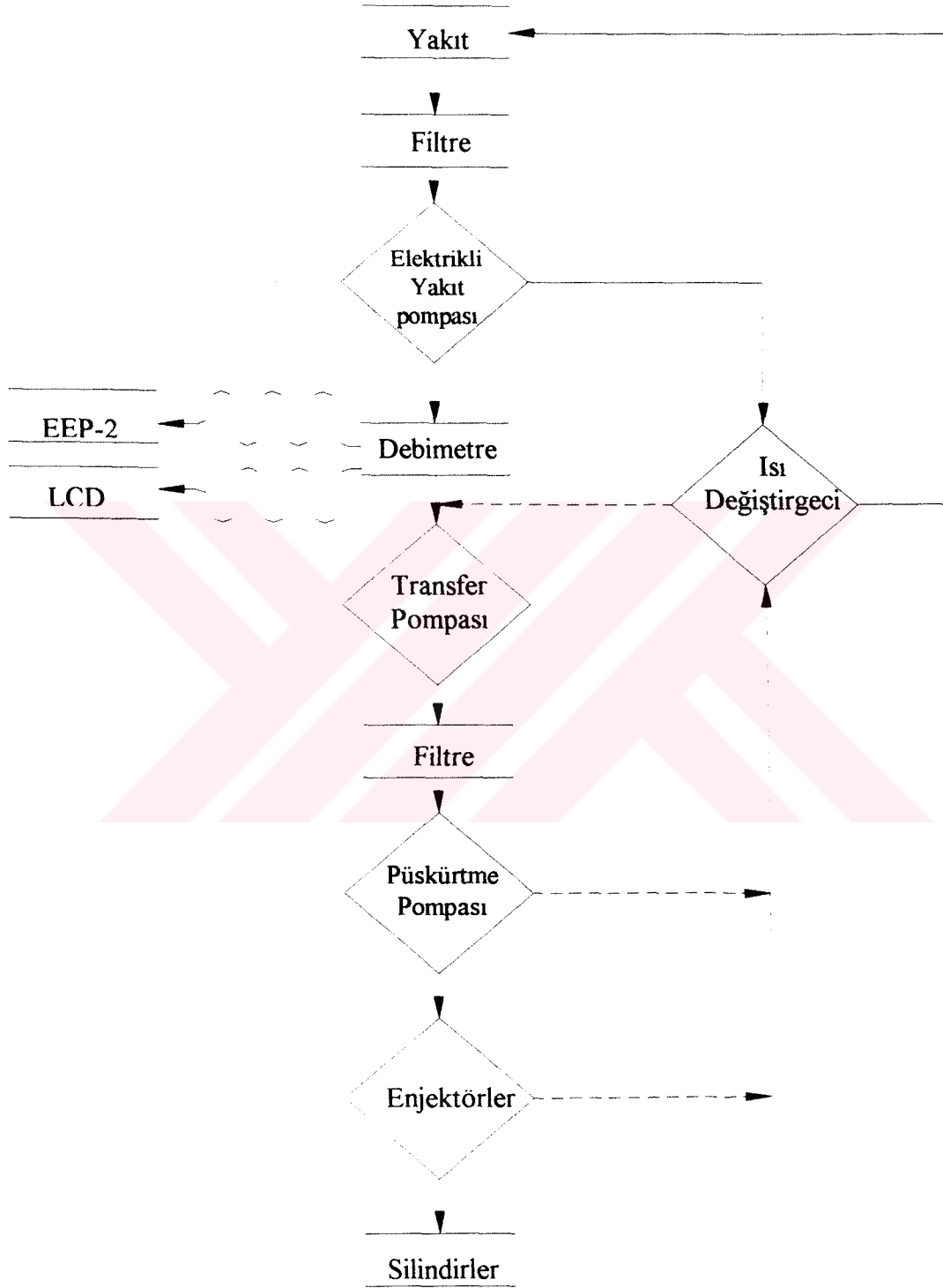
Şekil 7.1.2 Motor performansı.[34]

7.2. Yakıt Ölçümü Sistemi



- 1.Yakıt deposu.
- 2-Yakıt filtresi.
- 3.Elektrikli yakıt pompası.
- 4.Debi metre.
5. Isı değıştirgeci.
- 6.Püskürtme pompası.
- 7.Transfer pompası.
- 8.Regülatör.
- 9.Yüksek basınçlı yakıt borusu.
- 10.Enjektör.
- 11.Geri dönüş hattı.

Şekil 7.2.1 Yakıt ölçme cihazı ile donatılmış yakıt sisteminin şematik resmi.[30]



Şekil 7.2.2 Yakıt ölçüm sistemi akış diyagramı.[30]

Yakıt ölçüm sistemi, yakıt deposu, yakıt filtresi, elektrikli yakıt pompası, ısı değıştirgeci, debi metre ve çekvalflerden oluşmaktadır. Elektrikli yakıt pompası tarafından yakıt deposundan emilen yakıt, yakıt filtresinden geçirildikten sonra, elektrikli pompa çıkışından, yakıt püskürtme sistemine ve geri dönüş hattı soğutma sistemine sevk edilmektedir. Geri dönüş hattındaki yakıtın soğutulmasının amacı, debi ölçüm cihazının yüksek sıcaklıktan etkilenecek hatalı ölçüm yapmasını önlemektir. Elektrikli pompa tarafından, püskürtme sistemine sevk edilen yakıt, bu hat üzerindeki debi metreden geçerken hacimsel olarak ölçülür. Debi metre girişinde bulunan çek valfin amacı, herhangi bir nedenle ölçülen yakıtın geri kaçmasını ve bu sebepten dolayı oluşacak ölçüm hatalarını önlemektir. Debi metre tarafından ölçülen değerler anlık olarak, gerek yakıt sisteminin, gerekse hız ölçüm sisteminin ekranından okunabilmekle beraber, uygun kalibrasyonun yapılması ile EEP-2 cihazınca da kaydedilmiştir. Elektrikli yakıt pompasının beslemesi, araca yerleştirilen aküler ile yapılmıştır. Araç motorunun çalışmadığı anlarda, elektrikli yakıt pompasının herhangi bir nedenle çalışarak yanlış ölçümlere neden olmasını önlemek amacı ile aracın dinamosunun (D+) ucundan uyarı gerilimi alınmıştır. Bu sayede, elektrikli yakıt pompası sadece araç motorunun çalıştığı durumlarda sistemi çalıştırmış ve yakıt debisi ölçülmüştür.

Elektrikli yakıt pompası tarafından, yakıt deposundan emilen yakıtın bir kısmı, geri dönüş hattından gelen yakıtı soğutmak amacı ile ısı değıştirgecine sevk edilmektedir.

7.2.1. Yakıt Filtresi

Yakıt ölçme sisteminde, motorun yakıt sisteminden ayrı olarak bir yakıt filtresi bulunur. Amacı yakıt deposundan emilen yakıtın içindeki yabancı maddelerin ölçme ünitelerine giderek zarar vermesini önlemektir.

7.2.1.1. Yakıt Filtresinin Teknik Özellikleri :

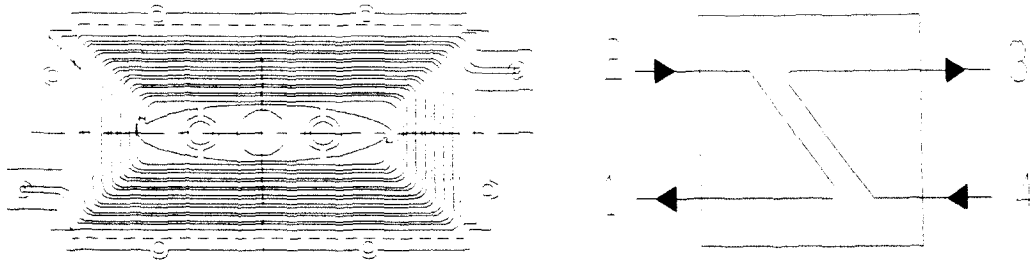
Kapasitesi : 120 (l/h)

Basınç kaybı : 0,1 (bar)

Hassasiyeti : 60 (μ m) [29]

7.2.2. Isı Değiştirgeci

Isı değiştirgeci yakıt püskürtme pompası geri dönüş hattındaki yakıtı soğutur. Sistemde, ısı değiştirgecinin kullanılmasının amacı, debi metrenin, geri dönüş hattındaki yakıtın sıcaklığından etkilenmesini önlemektir.



1. Soğutulmuş yakıt çıkışı.
2. Sıcak yakıt girişi.

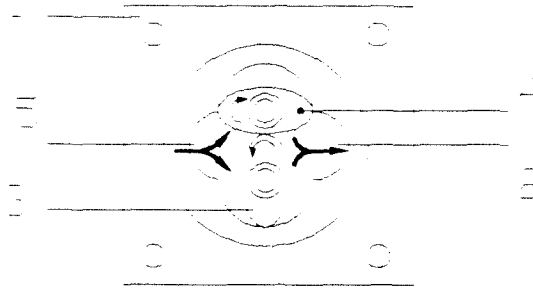
3. Soğutucu yakıt çıkışı.
4. Soğutucu yakıt girişi.

Şekil 7.2.3 Isı değiştirgeci şematik şekli ve akış prensibi.

Birbirlerine zıt yönde hareket eden iki akımın oluşturduğu değiştirgeçte, soğutma elektrikli pompa tarafından yakıt deposundan basılan yakıt ile yapılmaktadır. Elektrikli pompa tarafından basılan yakıt, ısı değiştirgecinin, (4) girişinden girip, (3) nolu çıkıştan depoya dönmektedir. Geri dönüş hattından gelen yakıt ise, ısı değiştirgecine (2) nolu girişten girip, soğutulurak (1) nolu çıkıştan, debi metrede ölçülen yakıtı katılmaktadır. Isı değiştirgecinin üzerinde, sistemdeki havayı almak için bir vida bulunmaktadır. Soğutma sistemi ile yakıtın 65°C civarlarında bulunması sağlanmıştır.[30]

7.2.3. Debi Metre

Amacı püskürtme sistemine gönderilen yakıt hacmini ölçmektir. Debi metre birbirlerine dişli mekanizması ile geçmiş iki oval rotor ve bu rotorları muhafaza eden bir gövdeden oluşmuştur. Rotorların üzerinde, rotorun tur sayısının belirlenebilmesi için manyetik impuls yaratan bir mıknatıs bulunmaktadır. [30]

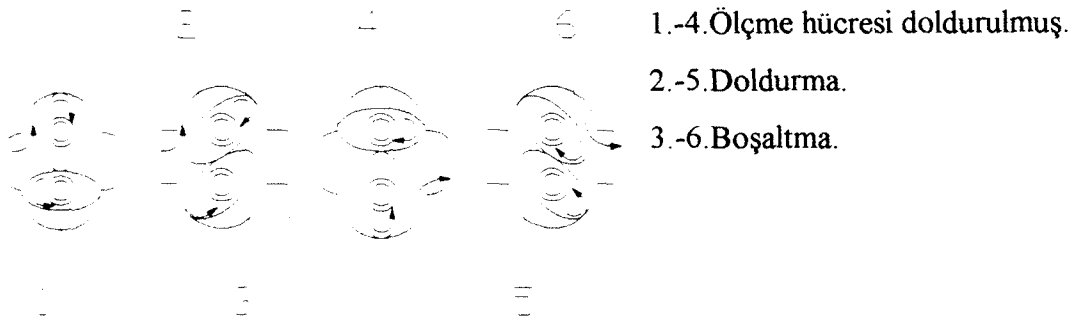


- 1- Debi metre gövdesi.
- 2- Yakıt çıkışı.
- 3- Döner çark.
- 4- Mıknatıs.
- 5- Yakıt girişi

Şekil 7.2.4 Debi metre şematik gösterimi.

7.2.3.1. Debi Metre Çalışma Prensibi

Çalışma prensibi, birbirlerini kavrayan iki oval rotorun giriş ve çıkışta ki basınç farkları sonucu dönmesine dayanmaktadır. Oval rotorların bir tur dönmesi sonucu transfer edilen yakıt hacmi yaklaşık 3 cm^3 'tür. Her turda bir impuls oluşmaktadır. Sisteme iki adet Hell-1C vericisi yerleştirilmiştir. Oval rotor üzerine yerleştirilmiş mıknatıs, Hell-1C vericisinin karşısından geçtiği anda bir impuls oluşturur. Oval tekerlerin geriye dönmesi durumunda yanlış akımların engellenmesi amacı ile ikinci bir Hell-1C vericisi yerleştirilmiştir (Dönme açısı $> 180^\circ$ olacak şekilde). Mekanik olarak sistemin güvenliğini sağlamak için ölçme cihazı girişine bir çekvalf konulmuştur.[30]



- 1.-4.Ölçme hücresi doldurulmuş.
- 2.-5.Doldurma.
- 3.-6.Boşaltma.

Şekil 7.2.5 Debimetre çalışma prensibi şematik resmi.

7.2.3.2. Debi Metre Cihazının Teknik Özellikleri

Kapasitesi : $2 \div 120$ (l/h)

Hassasiyet : ± 2 (%)

Besleme : 12 (V DC)

Çalışma sıcaklığı : $-40 \dots 100$ ($^{\circ}\text{C}$)

Basınç farkı : 0,15 bar (20°C ve 120 l/h kapasitede) [30]

7.2.4. Elektrikli Yakıt Pompası

Yakıtın, depodan emilerek, ölçme ve soğutma sistemlerine iletilmesi için kullanılır. Elektrikli yakıt pompası tarafından emilen yakıtın bir bölümü, püskürtme sistemi geri dönüş hattındaki yakıtın soğutulması için kullanılmaktadır. Pompa çıkışında bulunan çekvalf, pompanın çalışmadığı zamanlarda sistemdeki yakıtın depoya geri kaçmasını engeller [30].

7.2.4.1. Elektrikli Yakıt Pompasının Teknik Özellikleri

Kapasitesi : 185 ± 25 (l/h)

Basma yüksekliği : max. 3 (m)

Çalışma sıcaklığı : -30 ($^{\circ}\text{C}$) $\div$ $+80$ ($^{\circ}\text{C}$)

Besleme : 12V/24 (V DC) [30]

7.2.5. Yakıt Ölçüm Sisteminin Araca Takılması

Yakıt ölçüm elemanları şekil 7.2.1 de gösterilen devreyi oluşturacak şekilde aracın yakıt sistemine takılmıştır. Yakıt filtresi, elektrikli yakıt pompası, debi metre, ısı değiştirgeci ve çekvalfler bir ünite halinde, aracın içerisinde, sürüşü etkilemeyecek ve yolcuları rahatsız etmeyecek şekilde, araç içerisindeki, kullanılmayan, darbelere karşı korunaklı bir hacime

yerleştirilmiştir. Püskürtme sistemi ile ünite arasındaki bağlantılar, araç zeminine, uygun bir bölgeden açılan deliklerden geçirilen yakıt hortumları ile sağlanmıştır.

7.3. Yol, Hız, İvme Ölçüm Cihazı

Yol, hız, ivme ölçümleri optik-elektronik yöntemle yapılmıştır. Ölçümün sonuçlarının, lastikle yol arasındaki kaymadan, dinamik teker yarı çapındaki değişimlerden, yol yüzeyinin durumundan (ıslak, karlı veya buzlu), yolun kaplamasından (toprak veya Arnavut kaldırımı) etkilenmemesi, optik-elektronik ölçümün avantajlı yönleridir.

Ölçümlerde, EEP-2 (Printerli Değerlendirme Ekipmanı) kullanılmıştır. Cihaza takılan Correvit-L sensörü vasıtası ile optik-elektronik yöntemle yol, hız, ivme ölçümleri yapılabilmektedir. Bir saniye aralıklarla ölçülen değerler, EEP-2 tarafından belleğe kaydedilmektedir. İstenildiğinde, bu bilgiler, cihaz üzerinde bulunan printer tarafından basılmakta veya 3 1/2" disk sürücü tarafından veri dosyası olarak kaydedilmektedir. EEP-2 toplam 16 analog kanala sahiptir. Bu kanallar sayesinde ve kademelendirilmiş bir trimpot yardımıyla, seyir esnasında kullanılan vites kademeleri, değişik gerilim kodları ile veri olarak kaydedilmiştir.

Cihazın, sıvı kristal mobil ekranı üzerinden, ölçülen değerler anlık olarak okunabilmekle beraber, kullanımda gerekli formatlar ve kalibrasyon değerleri, sıvı kristal mobil ekran altındaki klavye ile işletim programına girilebilmektedir. Bu özellik sayesinde, yakıt ölçüm cihazı tarafından üretilen impulslar, EEP-2'ye aktarılmış ve gerekli kalibrasyon yapılarak, yakıt ölçüm değerleri de bir saniye aralıklarla belleğe kaydedilmiştir [8].

7.3.1. EEP-2'nin Teknik Özellikleri

Besleme	: 12 (V DC) veya 110/220 (V AC)
Bellek	: 256 (kB)
Disk Sürücü	: 3 1/2" flopy 2 adet

Test prog.belle: 128 (kB)

Printer : Metalik kağıt, 40 karakter, dot matris

Boyutlar : 470*310*160 (mm)

Ağırlık : 10.5 (kg)

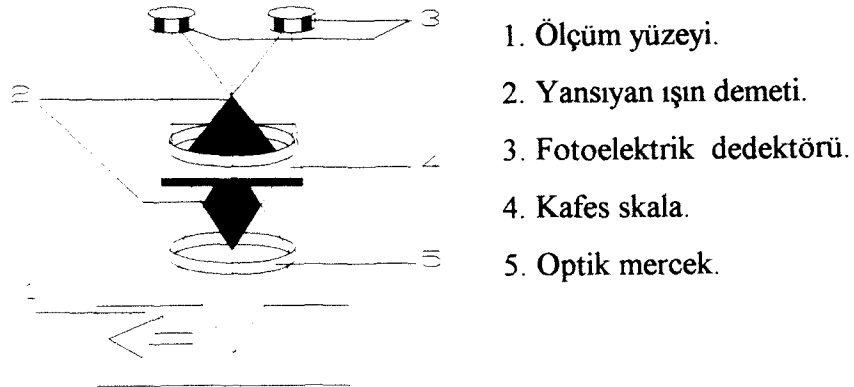
Çalışma Ortam Şartları

Sıcaklık : 0 ile +45 (°C)

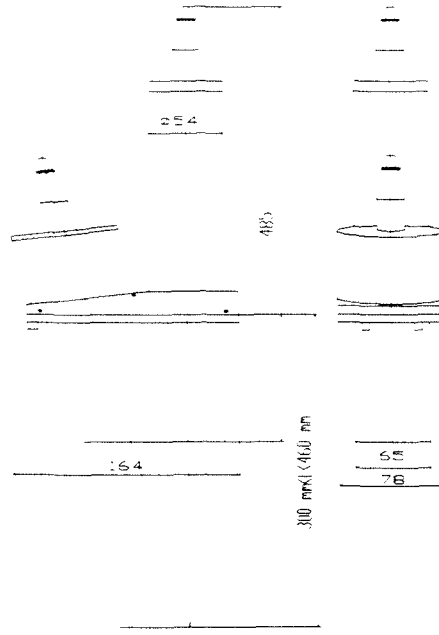
Bağıl nem : 20 ile 80 (%) [8]

7.3.2. Correvit-L Sensörü'nün Çalışma Prensibi

Ölçüm çevirici, uzunluğu, klasik ölçüm tekniklerinden bilinen, orantılı fotoelektrik dalgaları ile beslenmektedir. Çevirici bir kafes skala üzerinde hareket ettirilecek olursa, sabit kafes skala üzerindeki hareketli kafes skalanın yer değişiminin yansıması bir optik geçiş oluşturacaktır. Sensör, bir yol veya başka bir yüzey üzerinde hareket ettirilirse, referans bölge üzerindeki yansıyan noktanın hareketi, bir optik geçiş üretir. Şekilde görüldüğü gibi, yansıma mercekle tarafından prizmatik ızgara üzerine düşürülür, transfer merceği tarafından toplanır ve iki fotoelektrik detektörü üzerine düşürülür. Detektörler tarafından üretilen sinyaller özdeştir. Ancak geçiş elemanlarında, 180° yer değiştirmiş görüşleri vardır. İtme-çekme elemanları, düşük frekansları, farklı yükseklikteki ve daha yüksek frekanslardan ayırabilmektedir [8].



Şekil 7.3.1 Correvit-L sensörü çalışma prensibi şematik şekli

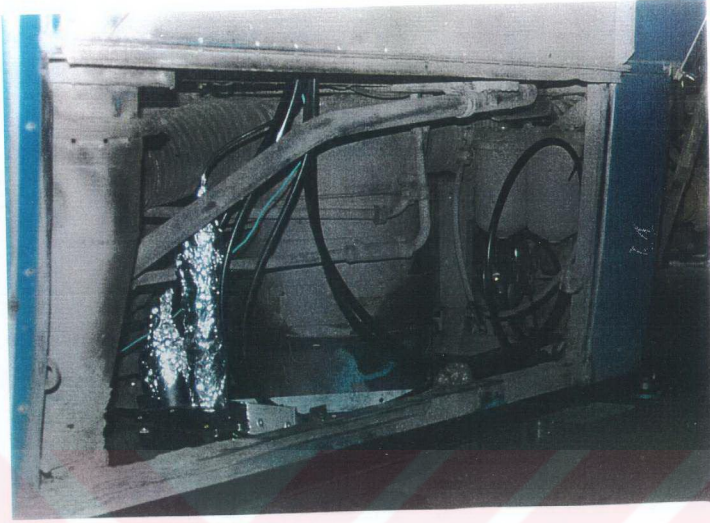


Şekil 7.3.2 Correvit-L sensörü boyutları ve sensör ile ölçüm yapılacak yüzey arasında sağlanması gereken uzaklık değerleri aralığı.

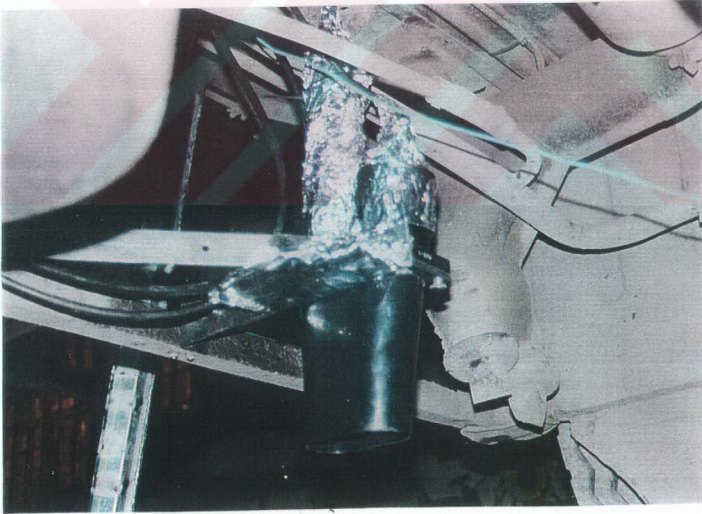
Araç uygulamalarında, ölçüm esnasında, yüzeyle optik okuyucu arasındaki mesafede değişimler olmaktadır. Tele merkezi açıklıklar, yansıyan sıkaladaki değişimleri önlemektedir [8].

7.3.3. Yol, Hız, İvme Ölçüm Sisteminin Araca Takılması

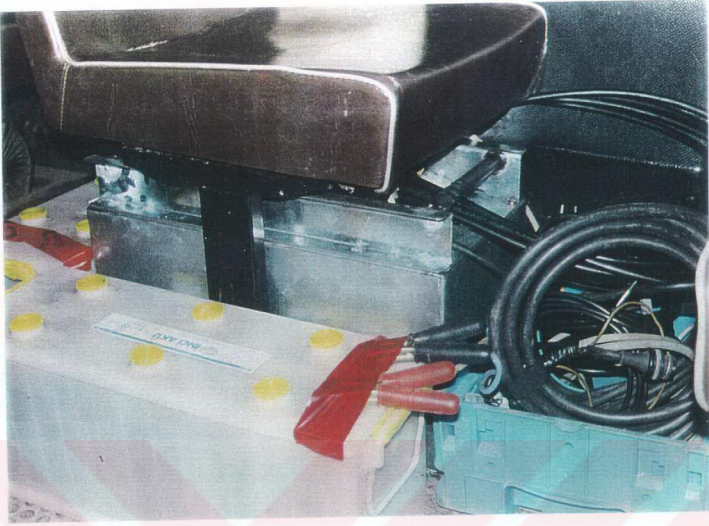
Yol, hız, ivme ölçüm sistemi, bir adet ana ünite (EEP-2), bir adet sıvı kristal mobil ekran, bir adet ayarlı trimpot anahtar ve bir adet Correvit-L sensörü olmak üzere toplam dört eleman ve bunlara ait bağlantı kabloları ile besleme ünitelerinden oluşmaktadır. Correvit-L sensörü haricindeki elemanlar, sürüşü etkilemeyecek ve yolcuları rahatsız etmeyecek şekilde, araç içerisindeki, kullanılmayan, darbelere karşı korunaklı hacimlere yerleştirilmiştir. Correvit-L sensörü ise bagaj kapağı içerisindeki boş hacme, araç dışından ulaşılamayacak şekilde ve seyir esnasında oluşacak yüksek genlikli titreşimlere karşı desteklenerek tespit edilmiştir. Bağlantı kabloları, aracın zemininde açılan delikler yardımıyla ana ünite olan EEP-2'ye ulaştırılmıştır.



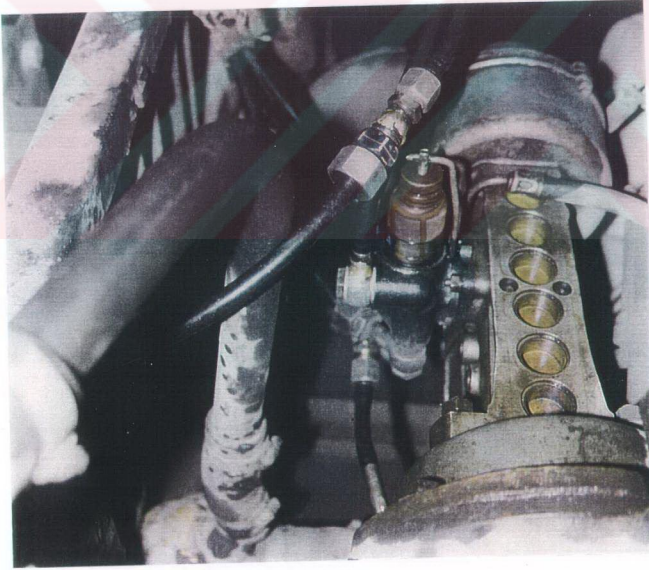
Resim 7.3.1 Correvit-L sensörü'nün araca bağlantısının üstten görünüşü



Resim 7.3.2 Correvit-L sensörü'nün araca bağlantısının alttan görünüşü



Resim 7.3.3 Yakıt ölçüm sisteminin araç içine yerleştirilmesi



Resim 7.3.4 Yakıt püskürtme pompası bağlantısı



Resim 7.3.5 Datron cihazı kontrol ekranı ve debi ölçer göstergesi



Resim 7.3.6 Datron cihazının araç içersine yerleştirilmesi

7.4. Ölçüm İşleminde Kullanılan Yöntem

Seçilmiş güzergahtaki yakıt tüketiminin analizi ve etkili verilerin elde edilebilmesi amacı ile, İstanbul Büyük Şehir 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 sarfıyatı ve vites kademesi bilgilerini içermektedir. Temelde, araç üzerinde iki ayrı ölçüm sistemi bulunmasına rağmen, sistemlerin kombine çalıştırılması ile ölçüm bilgileri bir cihazda toplanmış ve kaydedilmiştir.

Hareket yol, hız, ivme ölçümleri optik yöntemle gerçekleştirilmiş olup, tekerlerde meydana gelecek kaymadan veya teker etkili yarıçapındaki değişimlerden dolayı oluşacak hatalar bertaraf edilmiştir. Yakıt ölçümü, tüketilen yakıt miktarının belirlenmesi, yakıt debisinin ölçülmesi ile sağlanmıştır.

Ölçüm işlemleri tamamen otomatik olarak yapılmıştır. Araçtaki yolcu sayısı ise her durakta inen ve binen yolcu sayısının tespiti ile manuel olarak kaydedilmiştir. Bu bilgiler daha sonra, bilgisayar üzerinde EEP-2 cihazı tarafından oluşturulan veri dosyalarına aktarılmıştır. Veri dosyaları, uygun formata geçirilerek, hazırlanan bilgisayar programı tarafından okunabilecek hale getirilmiştir.

Ölçüm, güzergahın, başlangıç ve bitişinde belirlenen referans noktalar arasında gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler aynı araç üzerinde gerçekleştirilirken, aracı vardiyalar halinde iki ayrı sürücü kullanmıştır. Sonuçların, belirlenen güzergah üzerinde gerçekleştirilen seferleri tam olarak ifade edebilmeleri için;

- seyir şartlarına,
- yol şartlarına,
- taşıtın fiziksel büyüklüklerine,

-sürücünün kullanım karakteristiğine,

etki edilmemiştir. Yolcuların ve yolcu sayısının ölçüm işlemi ve ölüm cihazlarından etkilenmemesi için gerekli önlemler alınmıştır. Ölçülen değerler, birimleri ile birlikte aşağıda tablo halinde sunulmuştur.

Tablo 7.4.1 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	-

Seyir süresi, seyir mesafesi, seyir hızı, ivme, yakıt tüketimi ve vites kademesi değerleri 1 saniye aralıklarla okunmuş ve kaydedilmiştir.

Yolcu sayısı, sefer başlangıcında araçta bulunan yolcu sayısının tespiti ve her durakta inen-binen yolcuların sayılması ile belirlenmiş ve kaydedilmiştir.

7.4.1 Güzergah 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. Güzergah, 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 [28].

7.4.2. Durak Mesafeleri

Tablo 7.4.2. Eminönü-Üç şehitler güzergahındaki 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

Tablo 7.4.3 Üç şehitler-Eminönü güzergahındaki duraklar ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları.

No	Durak Adı	Mesafe (m)
	Üç şehitler	0
1	İslam bey	510
2	Tahta Minare	740
3	Eyüp Stadi	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

Tablo 7.4.4. 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

Tablo 7.4.5. 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

8. ÖLÇÜM SONUÇLARININ ANALİZİ

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen değerlerden yararlanılarak, Üç Şehitler-Eminönü ve Eminönü- Üç Şehitler seferleri için ayrı ayrı diyagramlar çizilmiştir. Bu diyagramlar :

-Hareket saati-Yakıt tüketimi

-Hareket saati-Yakıt tüketiminin durma, hızlanma, sabit hız ve yavaşlama şartlarına göre dağılımı

-Hareket saati-Sefer süresi

-Hareket saati-Sefer süresinin durma, hızlanma, sabit hız ve yavaşlama şartlarına göre dağılımı

-Hareket saati-Ortalama hız

-Sefer süresi-Yakıt tüketimi

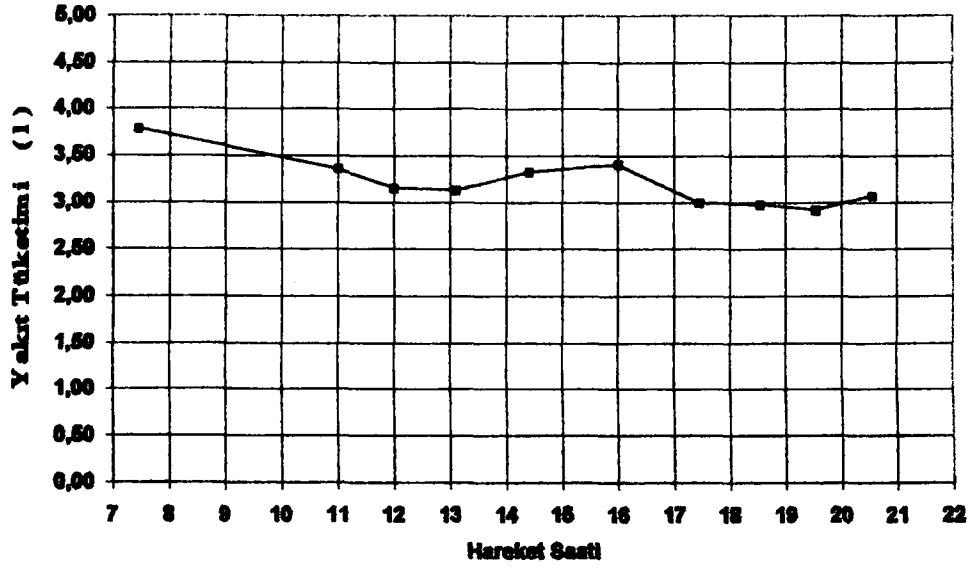
-Ortalama hız-Yakıt tüketimi

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

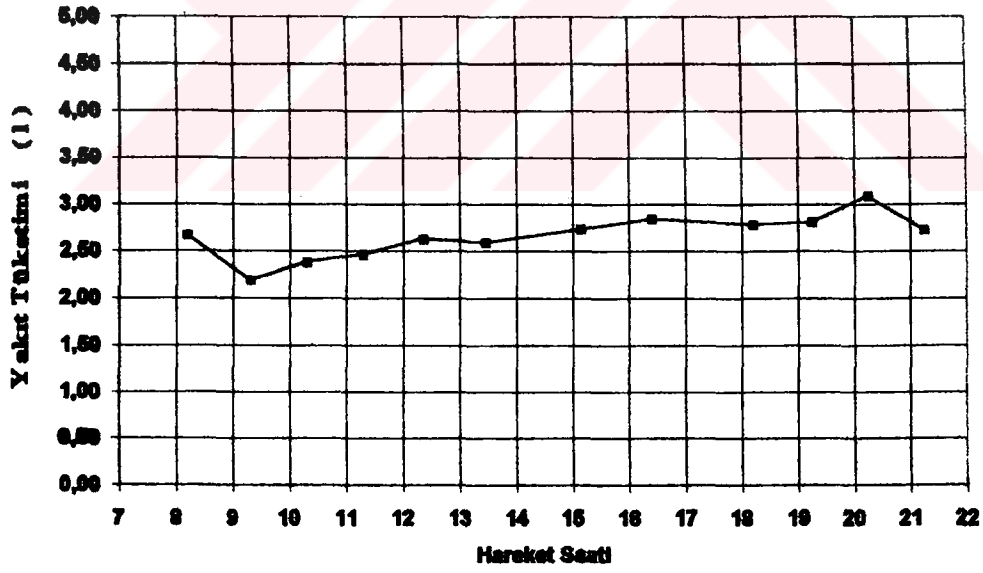
8.1. Hareket Saatlerine Göre Yakıt Tüketimi

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 lokal 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.



Şekil 8.1.1. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı, hareket saatlerine göre yakıt tüketimi.

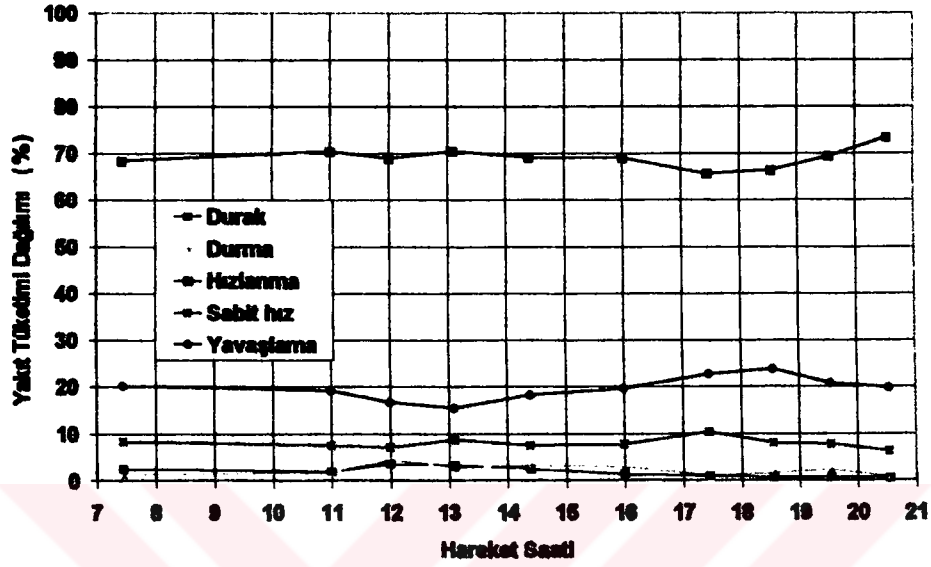


Şekil 8.1.2. : Eminönü-Üç Şehitler güzergahı, hareket saatlerine göre yakıt tüketimi.

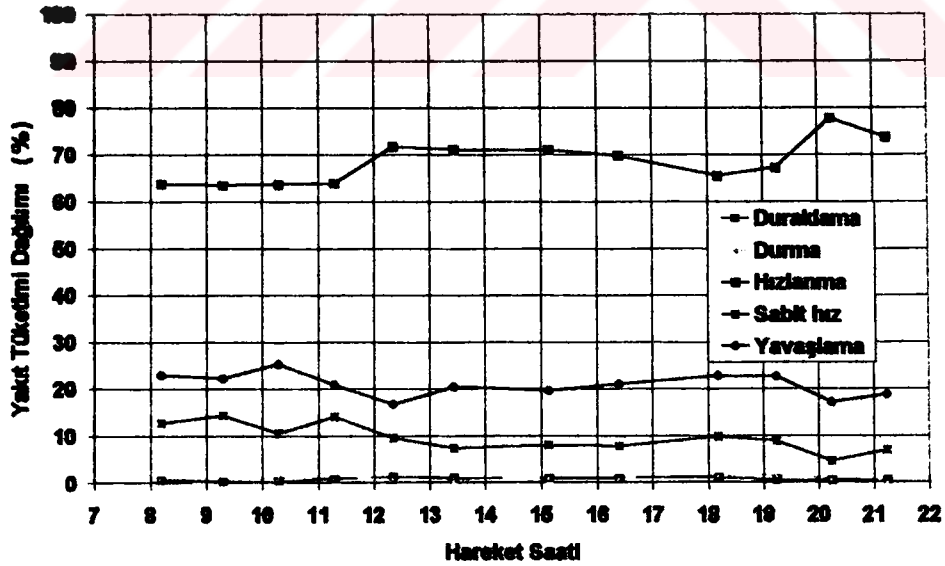
8.1.1. Hareket Saatlerine Göre Yakıt Tüketimi Dağılımı

Tüketilen yakıtın yaklaşık olarak %70'i 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 % 7-10 aralığında değişmektedir. Yavaşlama işletme şartında tüketilen yakıt ise %16-23 arasında bir değişim göstermektedir. Hızlanma süresince katedilen yol ile, yavaşlama süresince katedilen 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 yavaşlarsıdır. Bu durumda tüketilen yakıt pompa regülatörünün, yakıt miktar ayar kumandasına etkisi ile belirlenir. İkinci yavaşlama konumu aracın vites boşta olduğu halde, servis freni ile frenlenmesidir. Belirtilen şartta motor ile tahrik tekerlerinin bağlantısı kesildiğinden ,motor ralanti şartında çalışmakta ve tüketilen yakıt ralanti 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 ralanti şartında tükettiği yakıt miktarıyla belirlenir. Durak zamanının ve trafik nedeni ile bekleme sürelerinin artması durma süresince harcanana yakıt miktarını da

arttırmaktadır. Taşıtın durduğu anlarda tükettiği yakıtın, tüketilen toplam yakıtta oranı %7.61'e ulaşmaktadır.



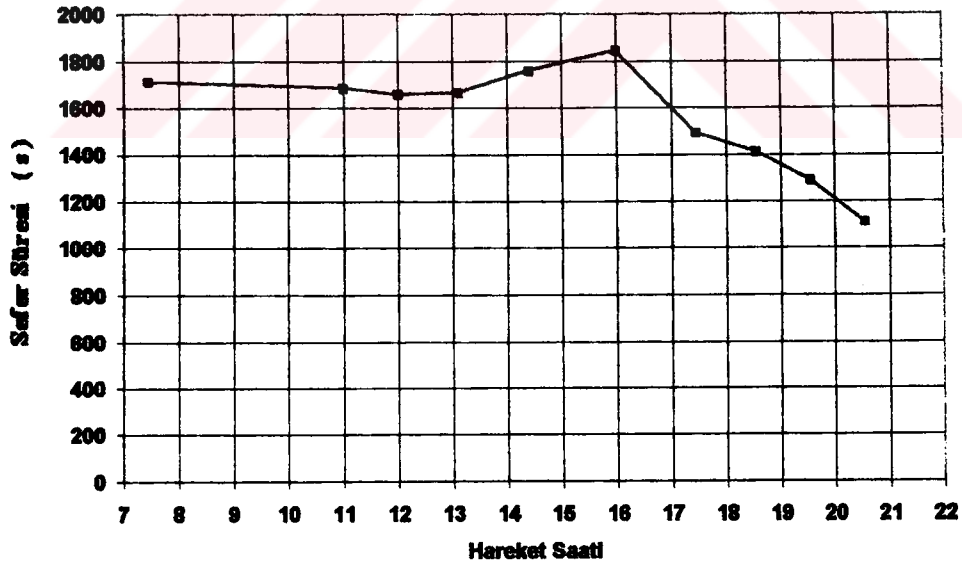
Şekil 8.1.3. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı yakıt tüketimi dağılımı



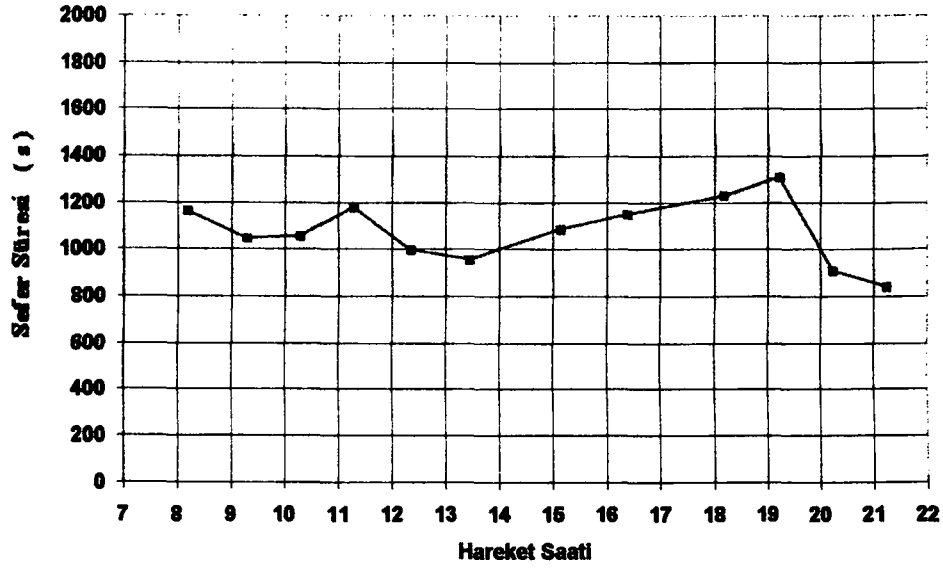
Şekil 8.1.4. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı yakıt tüketimi dağılımı.

8.2. Sefer Süresi

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 taratan 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 arttırıcı 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.

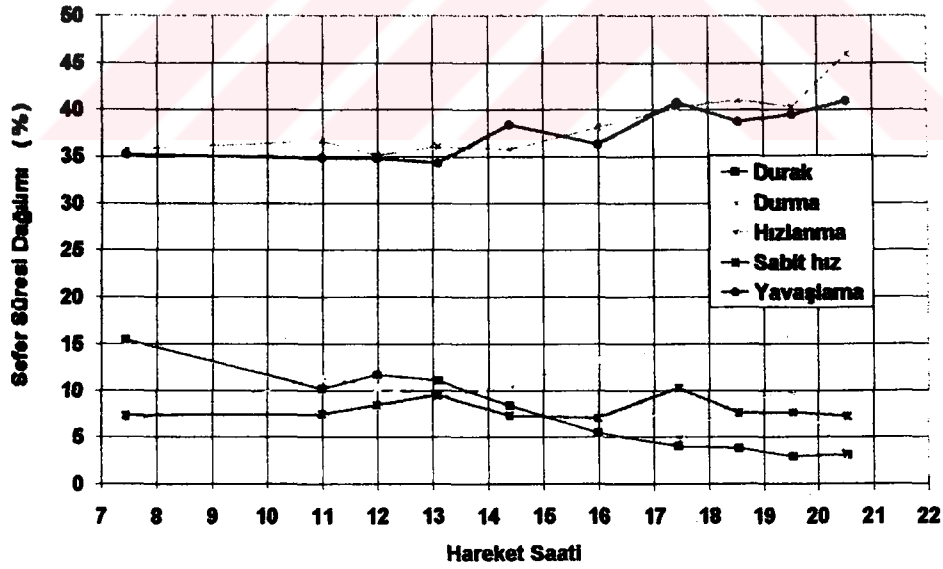


Şekil 8.2.1. : Üç Şehitler-Eminönü güzergahı sefer hareket saatine göre sefer süreleri.

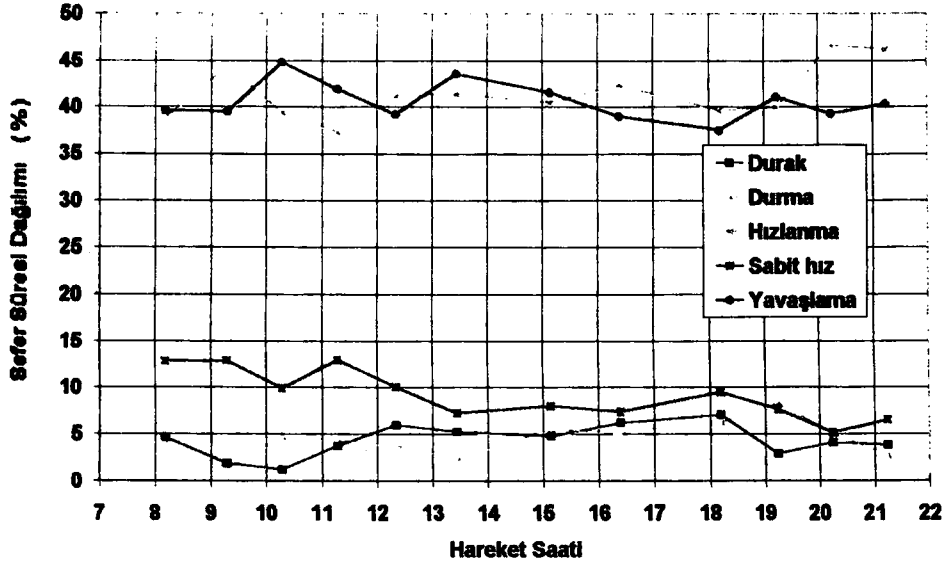


Şekil 8.2.2. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı sefer hareket saatine göre sefer süreleri.

8.2.1 Sefer Süresi Dağılımı



Şekil 8.2.3. : Üç Şehitler-Eminönü güzergahı sefer başlama saatlerine göre sefer süresi dağılımı.



Şekil 8.2.4. : Eminönü-Üç Şehitler güzergahı sefer başlama saatlerine göre sefer süresi dağılımı.

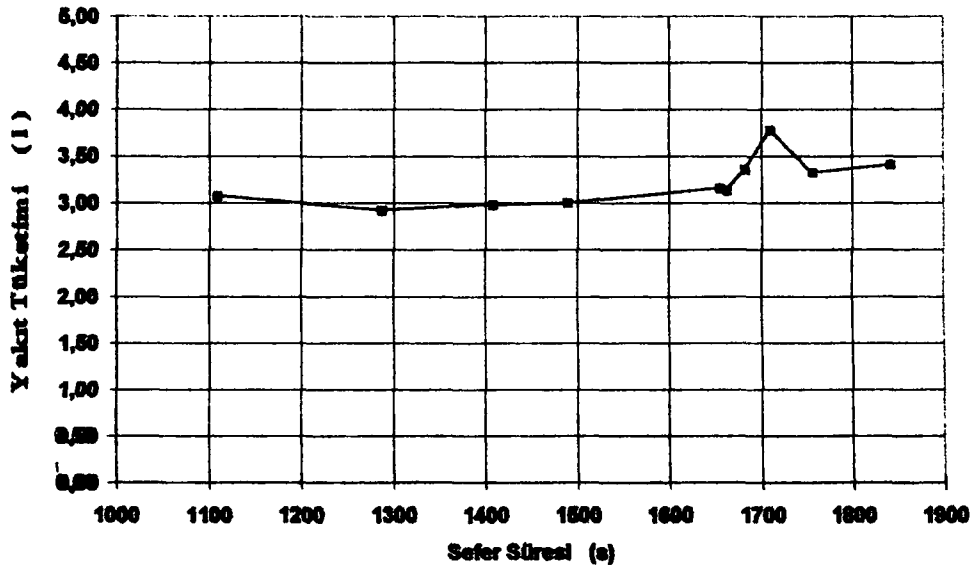
Durak zamanlarının uzaması, trafik nedeniyle oluşan beklemler sonucu sefer süresinin artması yakıt tüketimini olumsuz etkileyen şartlar olarak ortaya çıkmaktadır.

Üç şehitler-Eminönü güzergahında saat 07.45'ta başlayan ve 1710 saniye süren 01 numaralı sefer ile aynı güzergahta saat 16.00'da başlayan ve 1842 saniye süren 15 nolu seferin, sefer sürelerine bağlı yakıt tüketimlerinin karşılaştırılması, yakıt tüketimine etki eden faktörleri daha net olarak ortaya çıkaracaktır. 15 nolu seferin toplam süresi 01 nolu seferden fazla olmasına rağmen yakıt tüketimlerinde 01 nolu seferin daha büyük değer aldığı görülmektedir. Toplam süre dağılımında 15 nolu seferin durma haricindeki seyir şartlarında geçen süre 01 nolu seferinkilerden daha fazladır. Durma sürelerinde harcanan yakıt miktarı ralanti şartında tüketilen yakıt miktarı ile belirli olduğundan sonucu açıklamaya yetecek büyüklükte değildir. Hızlanma, sabit hız ve yavaşlama şartlarında harcanan zaman açısından 15 nolu sefer daha büyük değerler almasına rağmen, bu sürelerde tüketilen yakıt miktarlarında 01 nolu sefer daha büyük değerler almaktadır. Bu durum, 01 nolu seferde belirtilen sürelerde araçtan çekilen gücün daha fazla olmasının bir sonucudur. Motordan çekilen gücün seyir dirençlerini yenmek için kullanıldığı göz önüne

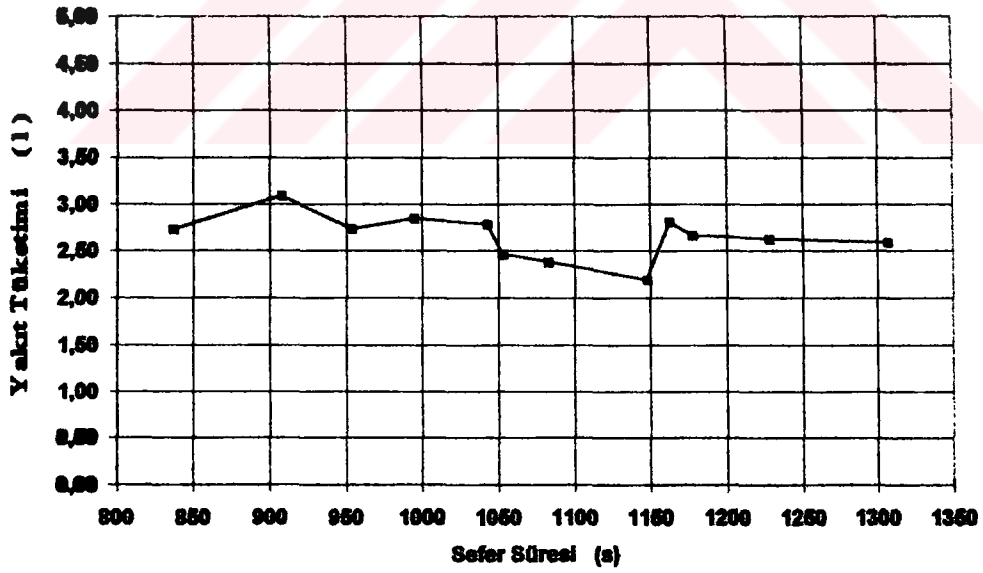
için kullanıldığı göz önüne alınırsa, toplam hareket dirençlerinin büyümesine neden olan şartların yakıt tüketimi üzerine etkisinin sefer süresinden daha fazla olduğu görülür. Bu şartlar, sefer başlama saatleri göz önüne alındığında aracın yolcu yükü, hız-zaman profili göz önüne alındığında ise maksimum seyir hızı olarak ortaya çıkar.

Yakıt tüketimi açısından, sefer süre dağılımlarının yorumlanmasında, hızlanma şartında geçen sürenin önemi, tüketilen yakıtın büyük kısmının bu sürede harcanması dolayısı ile diğer işletme şartlarında geçen süreye nazaran daha fazla önem taşımaktadır.

Eminönü-Üç Şehitler yönünde saat 19.25 te başlayan 20 nolu sefer ile saat 21.25 te başlayan 24 nolu seferin yakıt tüketimleri ve sefer süreleri karşılaştırıldığında daha çarpıcı bir sonuç ortaya çıkmaktadır. 20 nolu seferin toplam süresi, 24 nolu seferin toplam süresinden %31 daha fazla olmasına rağmen tüketilen yakıt miktarları arasındaki fark %3.1 mertebesindedir. 20 nolu seferin yakıt tüketimi dağılımı, 24 nolu seferin yakıt tüketimi dağılımından durma süreleri toplamında %60, sabit hızda seyirde %24.4 ve yavaşlamada %19.4 mertebesinde fazla olmasına rağmen, hızlanma işletme şartında bu durum tersine dönmüş ve 24 nolu seferin bu işletme şartındaki yakıt tüketimi 20 nolu seferin aynı işletme şartındaki yakıt tüketiminden %6 daha fazla olmuştur. Hızlanma şartında tüketilen yakıtın toplam yakıtı oranı %74 mertebesine vardığından, aradaki %6 lık fark sonucu önemli ölçüde etkilemiştir. 24 nolu seferin yolcu yükünün azaldığı ve trafiğin açık olduğu bir saate gerçekleştirilmiş olması kullanım karakteristiğinin yakıt tüketimine etkisini de ortaya çıkartmaktadır.



Şekil 8.2.5. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer sürelerine göre yakıt tüketimlerinin değişimi.



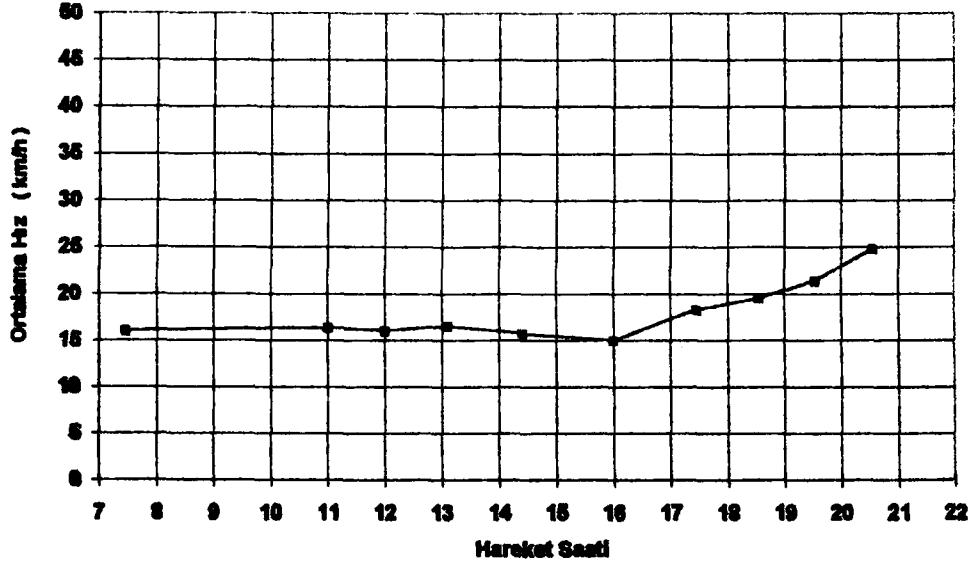
Şekil 8.2.6. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı sefer sürelerine göre yakıt tüketimlerinin değişimi

8.3. Ortalama Seyir Hızı

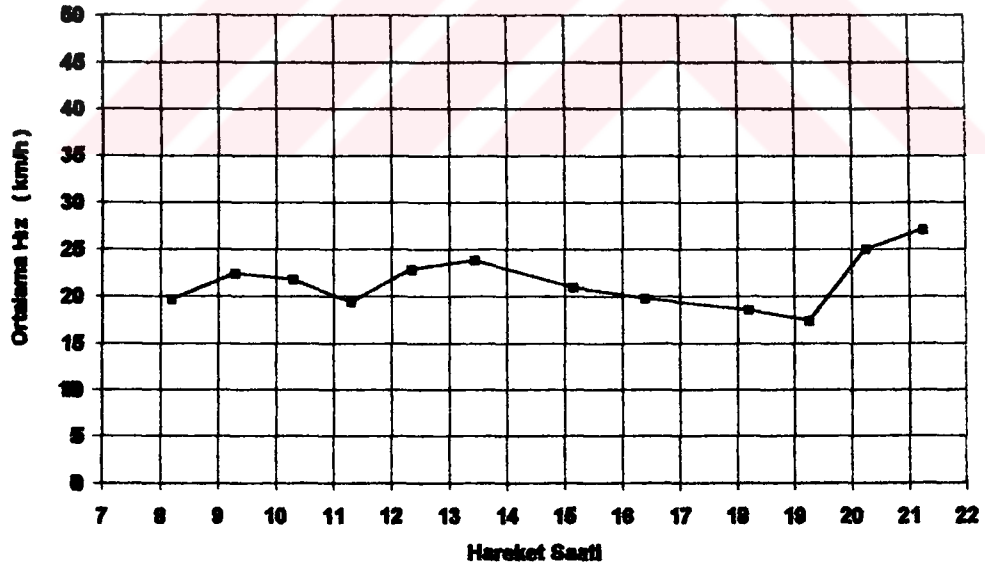
Ölçülen değerden toplam yolun toplam süreye bölünmesi ile hesaplanan ortalama seyir hızının yakıt tüketimi üzerine etkisi trafiğin yoğun olduğu saatlerde düzensiz bir seyir göstermektedir. Bu nedenle, ortalama hızın yakıt tüketimi üzerine etkisini, trafiğin açık olduğu ve kapalı olduğu saatler için ayrı 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 görülmemektedir. Yerleşim bölgesi olmasına rağmen, sabah saatlerinde, bu bölgede çalışan ve okuyan kitle, etkili bir yolcu yükü oluşturmaktadır. Akşam iş saatlerinden sonra gerek yolcu sayısındaki azalma, gerekse trafiğin açık olması ortalama hızı arttırmaktadır. Hızlanma işletme şartında tüketilen yakıtın yüzdesinin karakteristiği ortalama hız karakteristiği ile paralellik göstermektedir. Üç Şehitler-Eminönü istikametinde, hareket saatleri sırasıyla 07.45 ve 12.00 olan 01 ve 09 nolu seferlerin ölçüm sonuçlarıyla hesaplanmış ortalama hızları aynı olmasına rağmen, 01 nolu seferin yakıt tüketimi 09 nolu seferden %17 mertebelerinde daha fazladır. 01 nolu seferin durma sayısı 09 nolu seferden 3 adet fazladır. Trafik yoğunluğu, aracın durup-kalkma sayısını arttırdığı veya hız değişimlerine neden olduğu sürece yakıt tüketiminde etkili rol oynamaktadır. Yakıt tüketiminde etkili olan diğer bir parametre ise yolcu yüküdür. Bu iki seferde aracın aynı sürücü tarafından kullandığı düşünüldüğünde, kullanım karakteristiğinin iki sefer süresince tüketilen yakıt miktarları arasındaki fark üzerinde etkili olmayacağı varsayılabilir.

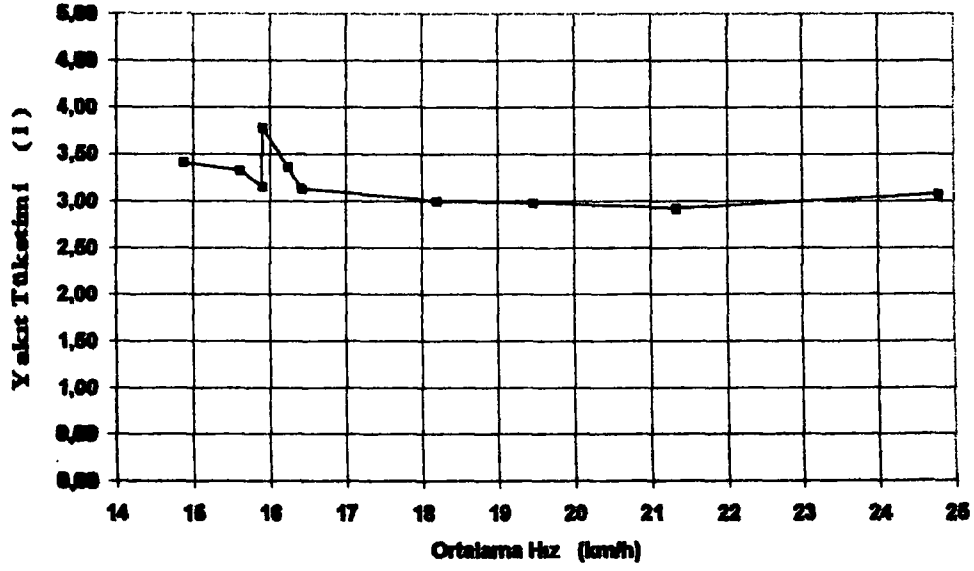
Trafiğin açık olduğu saatlerde ölçülen değerler ile hesaplanan ortalama hızdaki artış sefer süresini kısaltmakta ve tüketilen yakıt miktarını azalmaktadır. Yakıt tüketimindeki azalma, aracın durmasını veya yavaşlamasını gerektiren şartların bir kısmının ortadan kalkması sonucu ortaya çıkmaktadır. Durma sürelerinde ki azalma, bu sürede tüketilen yakıt miktarını azaltırken, aracın hızlanması için gerekli ivmeli hareket nedeni ile tüketilecek yakıt miktarında azalacaktır.



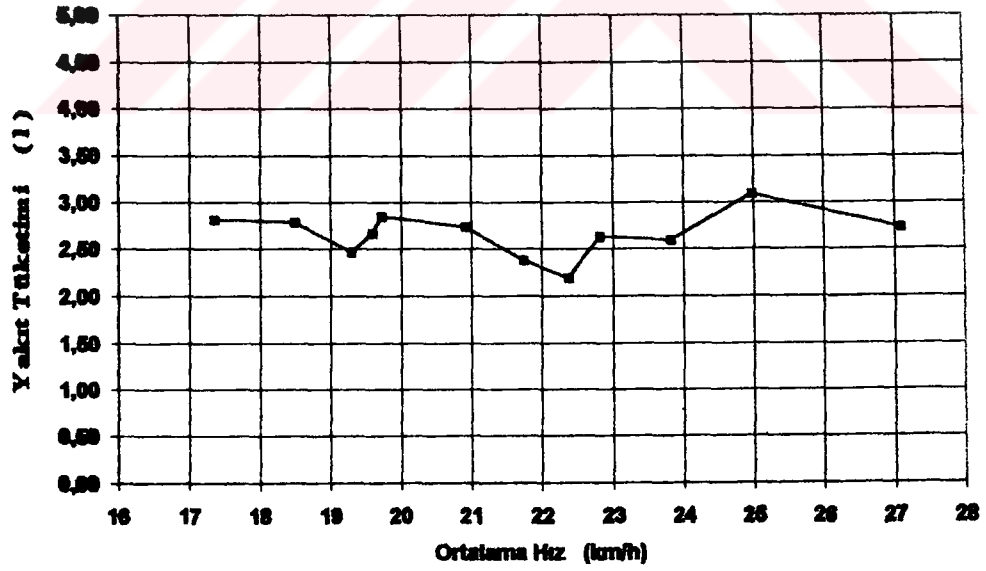
Şekil 8.3.1. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir hızları.



Şekil 8.3.2. : Eminönü-Üç Şehitler güzergahı sefer başlama saatine göre ortalama seyir hızları.



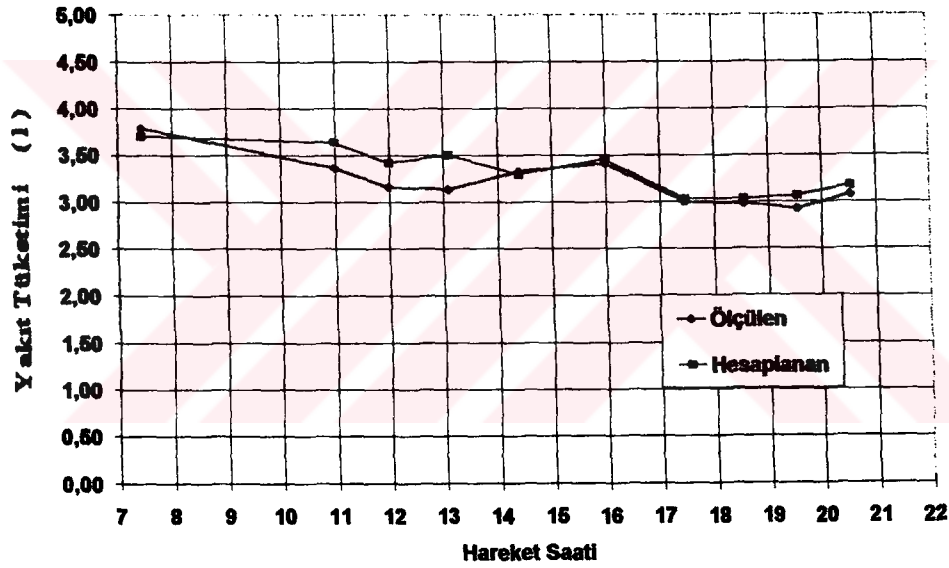
Şekil 8.3.3 :Üç Şehitler-Eminönü güzergahı ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.



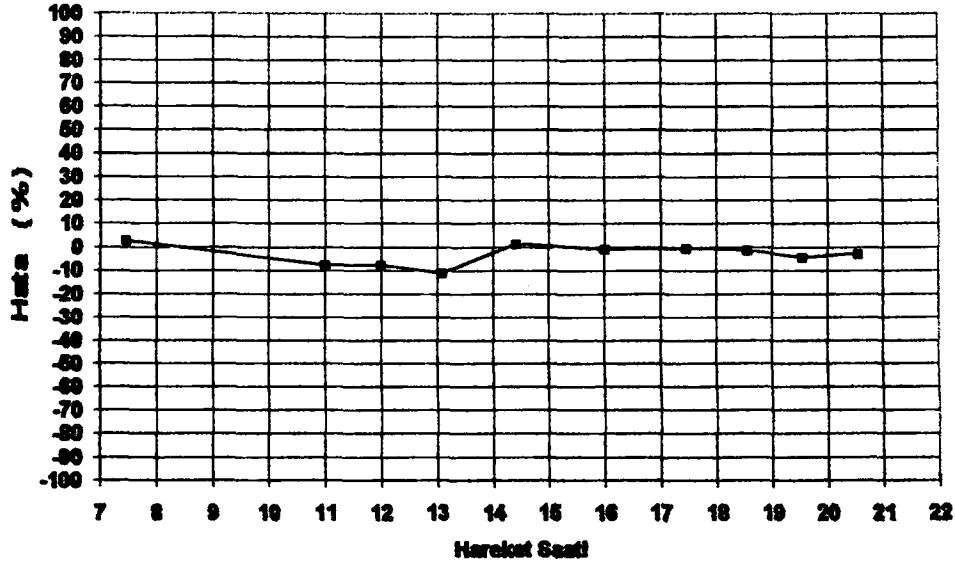
Şekil 8.3.4 :Eminönü-Üç Şehitler güzergahı ortalama seyir hızı yakıt tüketimi değişimi.

9. YAKIT TÜKETİMİNİN BİLGİSAYAR ile BULUNMASI

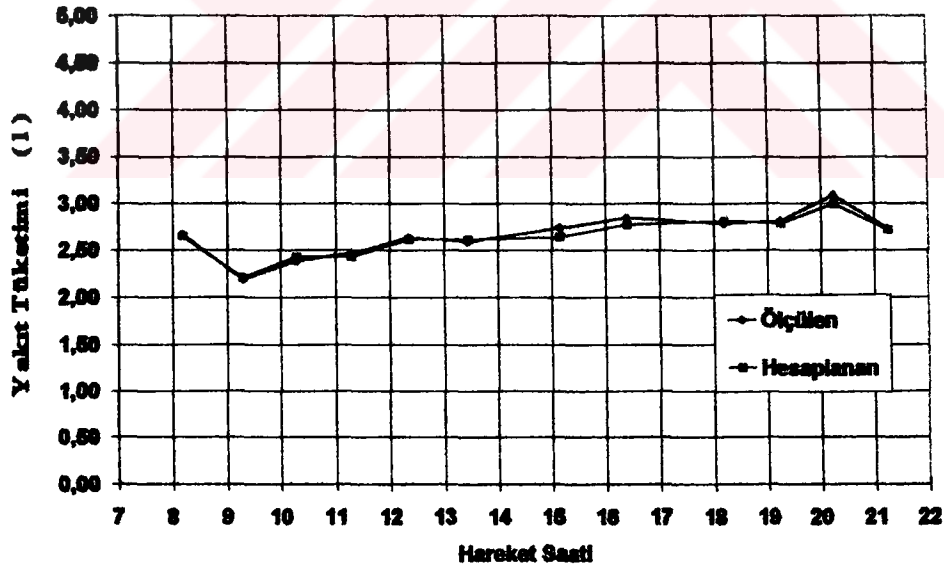
Yakıt tüketiminin bilgisayar ortamında hesaplanmasının amacı, belirlenen güzergahta yakıt tüketiminde etkili parametrelerin etki mertebelerinin belirlenmesi ve elde edilen bilgiler doğrultusunda yakıt tüketimini azaltıcı önlemlerin ve sonuçlarının sunulmasıdır. Bu amaçla hazırlanan programda, özellikleri bilinen taşıt, ölçümlerle elde edilen gerçek değerlerin oluşturduğu seyir çevrimini bilgisayar ortamında gerçekleştirmiş ve elde edilen sonuçların ölçüm sonuçları ile uyumu kontrol edilmiştir.



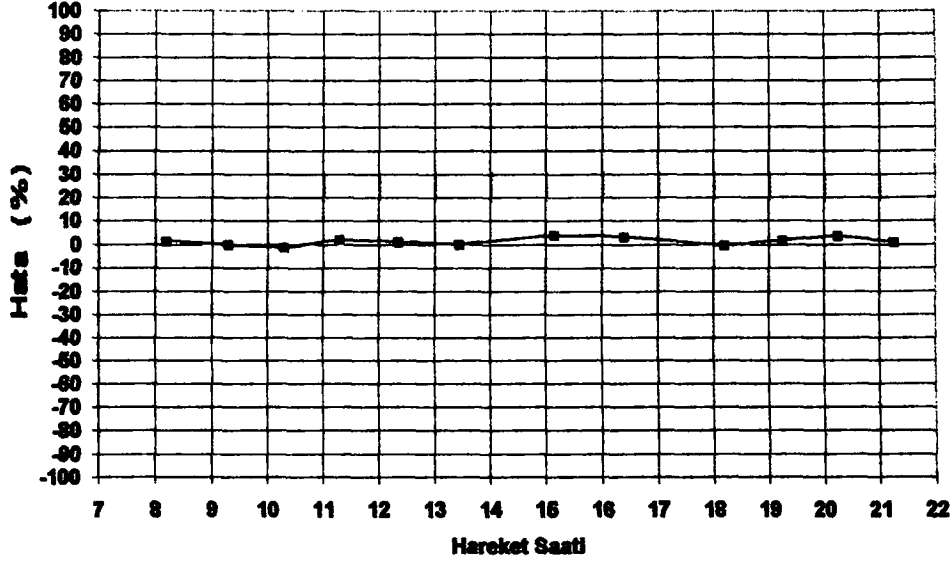
Şekil 9.1 Üç şehitler-Eminönü güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri.



Şekil 9.2. : Üç şehitler-Eminönü güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri.



Şekil 9.3. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri.



Şekil 9.4. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı, sefer başlama saatlerine göre ölçülen ve hesaplanan yakıt tüketimleri arasındaki hata seyri.

Bilgisayar ile yakıt tüketiminin belirlenmesi çalışmalarında, aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı, ölçüm sonuçları ile hesaplanan sonuçlar arasında farklar oluşmaktadır.

-Ölçüm yapılan araçta bulunan motorun performansı ile çalışmasında kullanılan motor performans değerlerinin farklı olması.

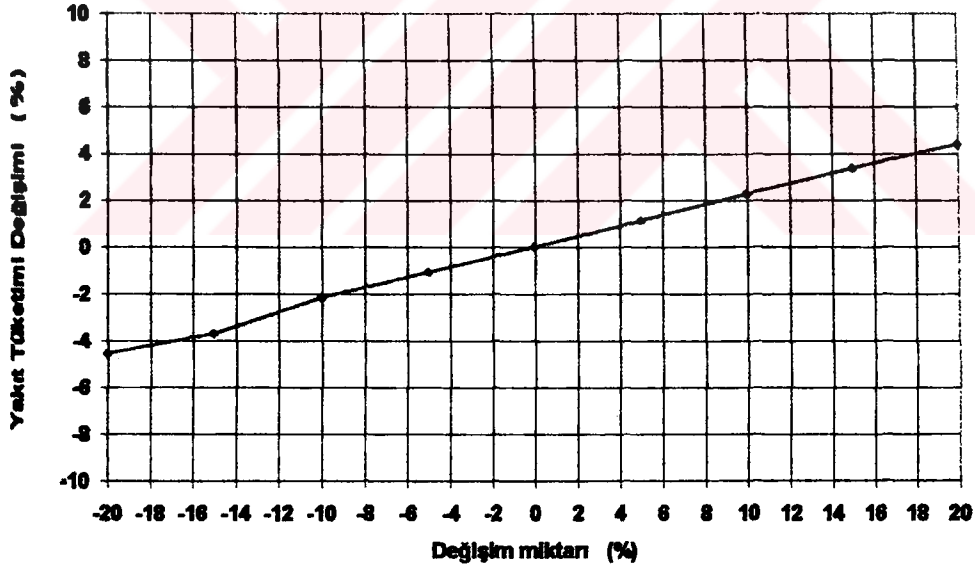
(Çalışmada, araç üzerinde bulunan motorun imalatçı firmasından alınan performans değerleri kullanılmıştır. İmalatçı firmanın motor performans değerleri için vermiş olduğu tolerans $\pm\%5$ dir. Bu değer in filo içerisinde bulunan aynı tip araçlar arasında farklılık göstereceği bilinmektedir.)

-Hareket dirençlerinin hesaplamasında viraj direnci, toe-in direnci, su öteleme direnci, yan rüzgar direnci dikkate alınmaması.

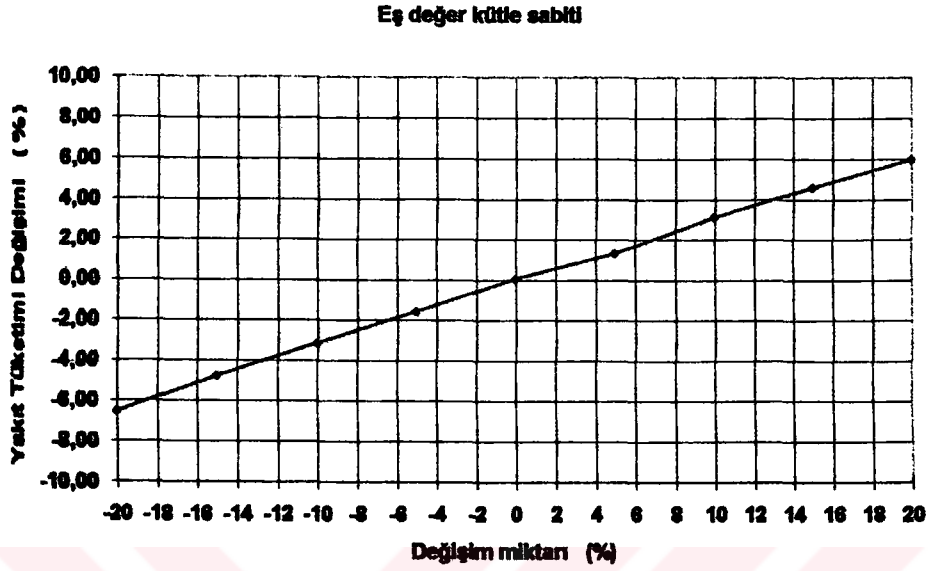
(Toplam hareket dirençleri yuvarlanma direnci, rüzgar direnci, ivme dirençleri ile hesaplanmıştır.)

-Araç in dönen kütlelerinin ivme dirençlerinin hesaplanmasına olanak sağlayan eşdeğer kütle sabitlerinin literatürden belirlenmesi.

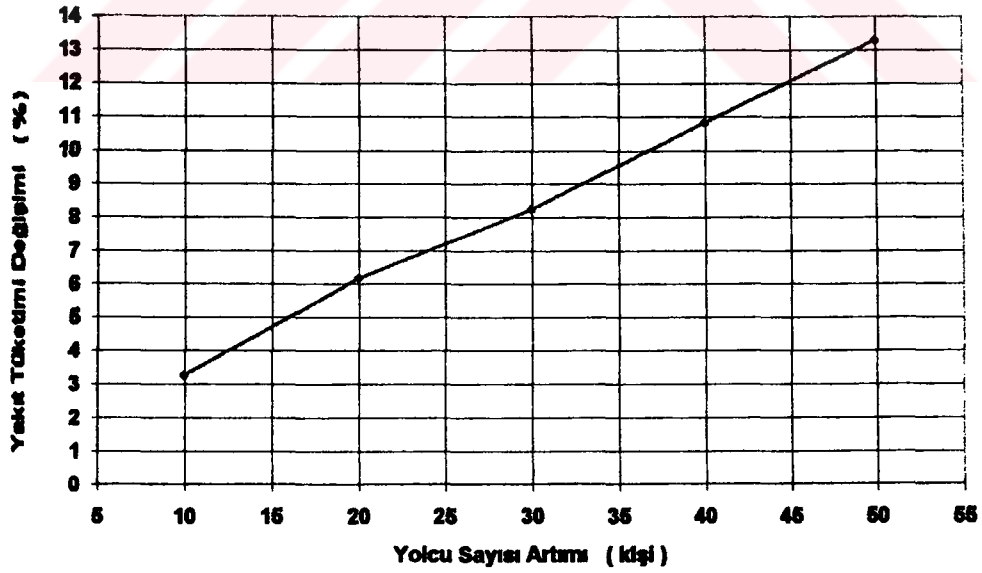
- Araç toplam yolcu yükünün hesaplanmasında, araçların İmal-Montaj ve Tadil yönetmeliğinde belirtilen, ortalama insan ağırlığı olan 80×9.81 (N)'un esas alınması.
- Yuvarlanma direnç katsayısının seyir hızına bağlı olarak amprik ifade ile belirlenmesi.
- Gün boyunca yapılan ölçümler esnasında hava şartlarındaki değişimlerin motorun özgül yakıt tüketimini etkilemesi.
- Araç sürücülerinin, duran aracın motor devrini yükseltmek veya ayağını gaz pedalı üzerinde tutmak gibi simülasyona katılamayan nedenlerin varlığı.
- Vites değiştirme işleminin sonsuz hızda yapıldığının varsayılması.
- Aksesuar yüklerinin ihmal edilmesi.



Şekil 9.5. 20 nolu sefer için yuvarlanma direnci yüzde değişiminin yüzde yakıt tüketimine etkisi



Şekil 9.6. 20 nolu seferde eşdeğer kütle katsayısındaki yüzde değişimin yüzde yakıt tüketimine etkisi.



Şekil 9.7 . 20 nolu seferde yolcu sayısının artışının yüzde yakıt tüketimine etkisi.

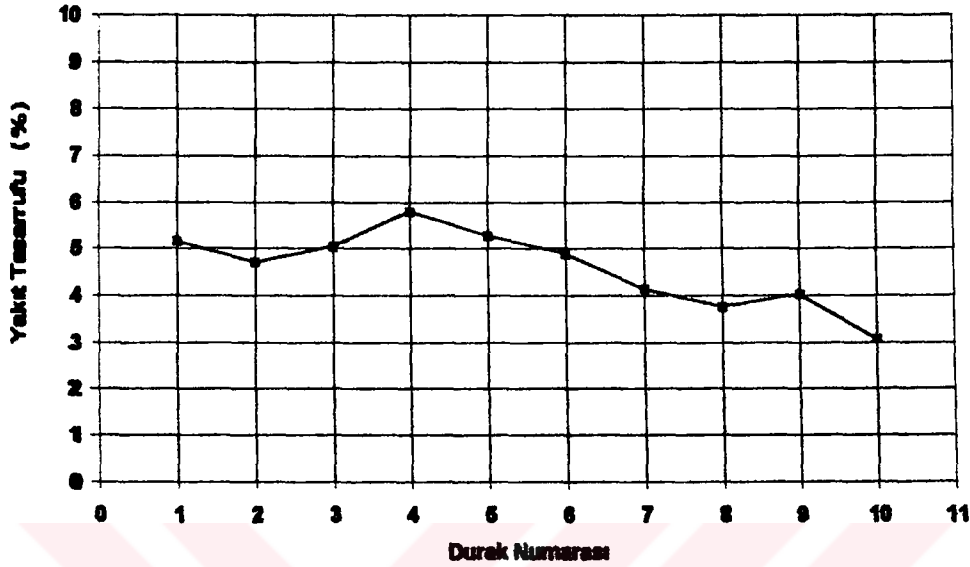
10. YAKIT TÜKETİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER ve ETKİ MERTEBELERİ

10.1. Durak Sayısı

Güzergah üzerinde bulunan durakların, azaltılmasının yakıt tüketimi üzerine etkisinin belirlenmesi için, bilgisayar ortamında gerçekleştirilen seyirde, önceden belirlenmiş kriterlere göre durak atlatma işlemi yapılmıştır. Seferin seçiminde dikkat edilen konu, trafiğin yoğun olması ve taşıtın durak atlamamış olmasıdır. Bu işlem için, hız-zaman profilleri üzerinde yapılan çalışma sonucu, Eminönü-Üç Şehitler güzergahında trafiğin yoğun olduğu, saat 19.25’de başlayan 20 nolu sefer seçilmiştir.

Durak atlama, gerçekleşen seyirde aracın atlanacak durak için yavaşlamaya başladığı noktadan, duraktan kalktıktan sonra yavaşlamaya başladığı ilk noktaya kadar olan mesafeyi, ölçümlerle belirlenen seyir şartı haricinde belirlenen şartlarla gitmesiyle gerçekleştirilmektedir.

Durak atlama sonucu oluşacak yakıt tasarrufu, aracın durak için yavaşlamaya başladığı andan durduğu ana kadar tükettiği yakıt, durakta bekleme süresince tükettiği yakıt ve duraktan kalkışından sonra yavaşlamaya başladığı ilk ana kadar tükettiği yakıtın toplamından, atlama işlemi esnasında tüketilen yakıtın çıkartılması ile bulunur. Çalışmada Eminönü-Üç Şehitler güzergahında bulunan durakların sırayla atlanması sonucu oluşacak yakıt tasarrufu belirlenmiştir.



Şekil 10.1.1 : Eminönü-Üç şehitler güzergahında 20 nolu sefer için durak atlama ile sağlanacak yakıt tasarrufu.

10.2. Maksimum Seyir Hızı ve Vites Kademesi

Trafik şartlarının ve sürücü alışkanlıklarının yakıt tüketimi üzerinde etkisi büyüktür. Yoğun trafik araçların sürekli durup kalkmalarına neden olurken, hızlanma şartında etkili olan ivme direnci tüketilen yakıt miktarını arttırmaktadır. Yakıt tüketimi dağılımından, yakıtın %70+80'lik kısmının aracın ivmeli hareket yaptığı seyir şartında tüketildiği görülmektedir. Bu durumun trafik şartından bağımsız olarak bütün seferler için geçerli olması, aracın ivmeli kullanılmasının bir sürücü alışkanlığı olduğunu göstermektedir. Benzer sonuç, hız ve yol dağılımlarında da açık olarak görülmektedir. Araç hızının belirli bir değerde sabit tutularak, ivme direnci nedeni ile tüketilen yakıtın tasarruf edilmesi mümkündür. Önerilen bu seyrin trafik koşullarından ve sürücü davranışlarından etkileneceği kesindir. Aracın belirlenen hızda sabit tutulması, seyir hızını algılayarak,

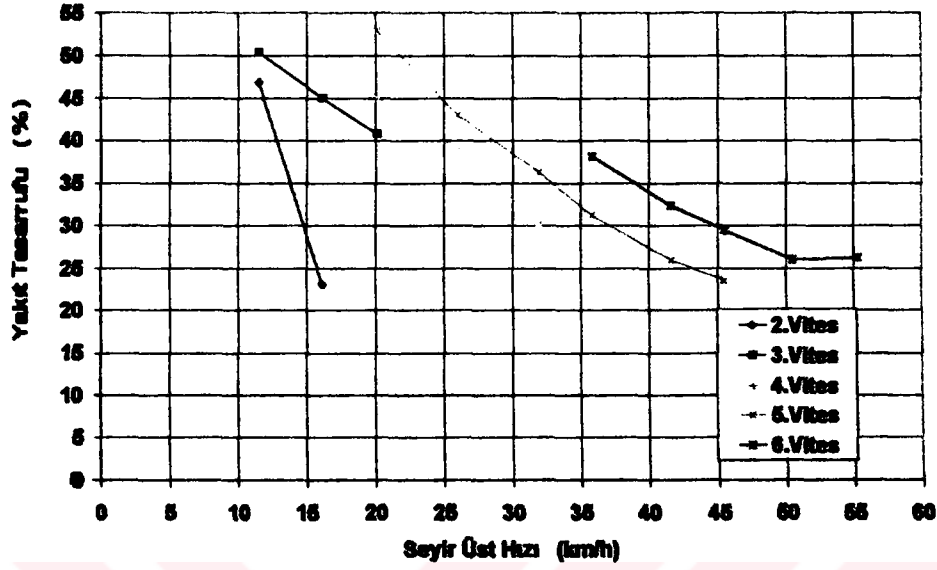
pompa regülatörünün yakıt miktar ayar kumandasına etki eden bir regülatör düzeninin araçlara takılması ile sağlanabilir.

Çalışmada seçilen iki örnek seyir üzerinde, sabit hızda seyir şartı ile sağlanabilecek yakıt tasarrufu hesaplanmıştır. Birinci seyir 20 nolu sefer olup, Eminönü-Üç Şehitler güzergahında, trafiğin yoğun olduğu saatlerde seçilmiştir. Bu çevrim kullanım karakteristiği ile birlikte, trafiğin yakıt tüketimi üzerine olumsuz etkilerinin giderilmesi ile sağlanabilecek yakıt tasarrufunun hesaplanmasında kullanılmıştır. İkinci seyir ise 24 nolu sefer olup trafiğin açık olduğu durumda kullanım karakteristiğinin olumsuz etkisinin giderilmesi ile sağlanabilecek yakıt tasarrufunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Hesaplamalarda, hızlanma ve yavaşlama için hız-zaman profilleri üzerinde yapılan çalışma sonucu, ortalama bir hızlanma profili seçilmiştir. Yapılan ölçümlerde zaman ve yol dağılımı diyagramlarında benzer dağılım göstermeleri nedeni ile hızlanma ve yavaşlama profilleri simetrik alınmıştır. Araçların durak zamanları ve yolcu sayıları gerçek çevrimle aynıdır. Yavaşlama esnasında aracın boşta olduğu ve motorun ralanti şartında çalıştığı kabul edilmiştir.

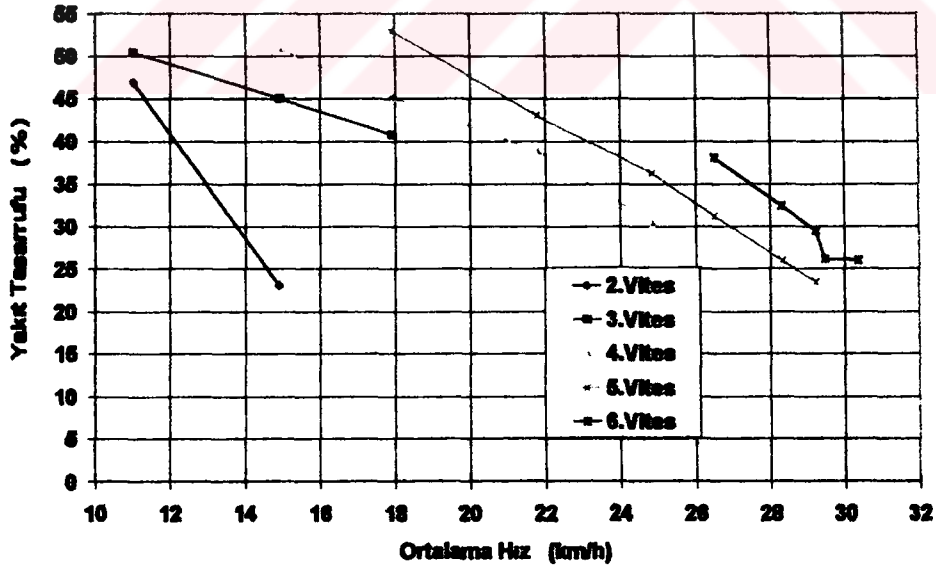
Aracın sabit hızda seyredeceği üst hız değerinin artması ortalama seyir hızında arttırmaktadır. Belirli bir değerin üzerine çıkıldığında, hızlanma ve yavaşlama için harcanan süre arttığından ortalama hız azalmaktadır. Diğer yandan üst hız sınırının artması aracın ivmeli hareket yaptığı çalışma süresinin, toplam süre içerisindeki oranını arttırmakta ve sağlanacak yakıt tasarrufunun azalmasına neden olmaktadır.

Belirli bir üst hız için yüksek vites kullanmak, motoru daha düşük hızda çalıştırmayı, diğer bir deyişle gaza daha az basmayı gerektirdiğinden yakıt tasarrufunu arttırmaktadır.

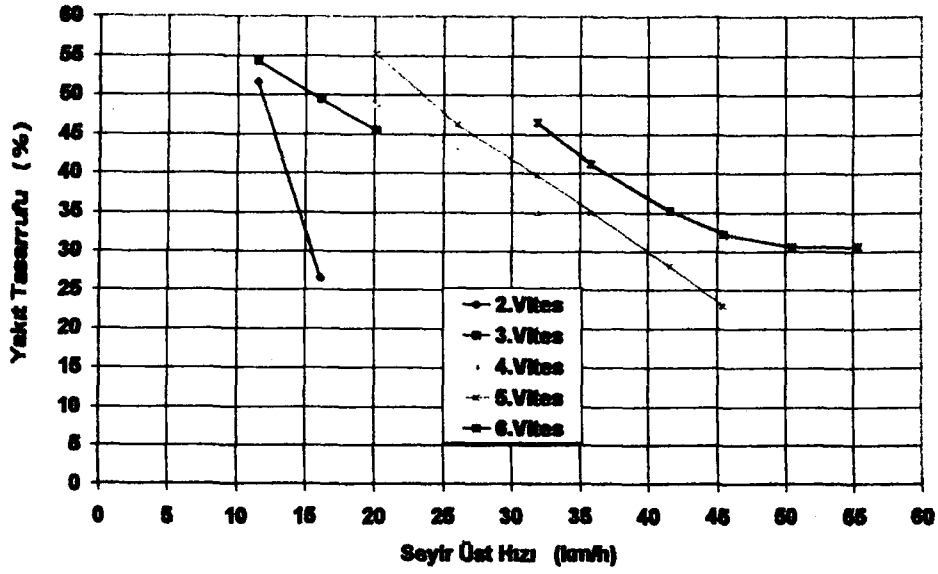
Üst hız sınırının belirlenmesinde önemli etkenlerden biride ortalama seyir hızıdır. Üst seyir hız sınırının küçük seçilmesi yakıt tasarrufunu arttırırken, düşük ortalama seyir hızı sefer süresini arttırmaktadır.



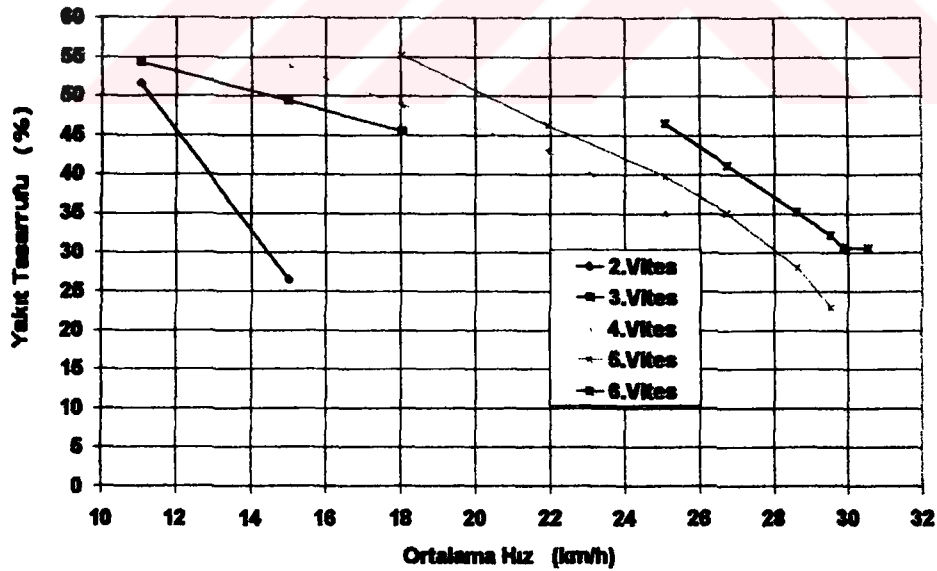
Şekil 10.2.1: Eminönü-Üç şehitler güzergahı, 20 nolu seferin vites seçimine ve üst seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.



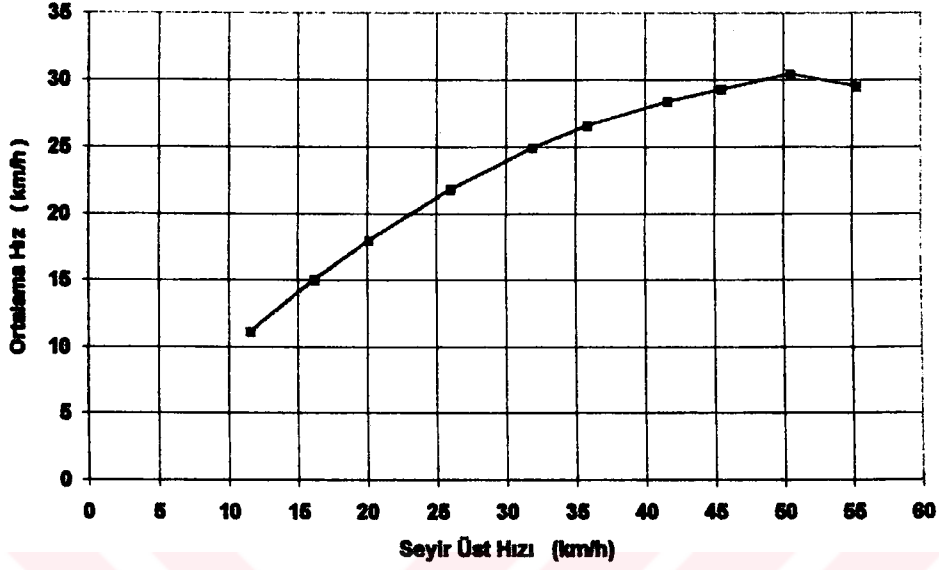
Şekil 10.2.2. : Eminönü-Üç şehitler güzergahı, 20 nolu seferin vites seçimine ve ortalama seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.



Şekil 10.2.3 Eminönü-Üç Şehitler güzergahı, 24 nolu seferin vites seçimine ve üst seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.



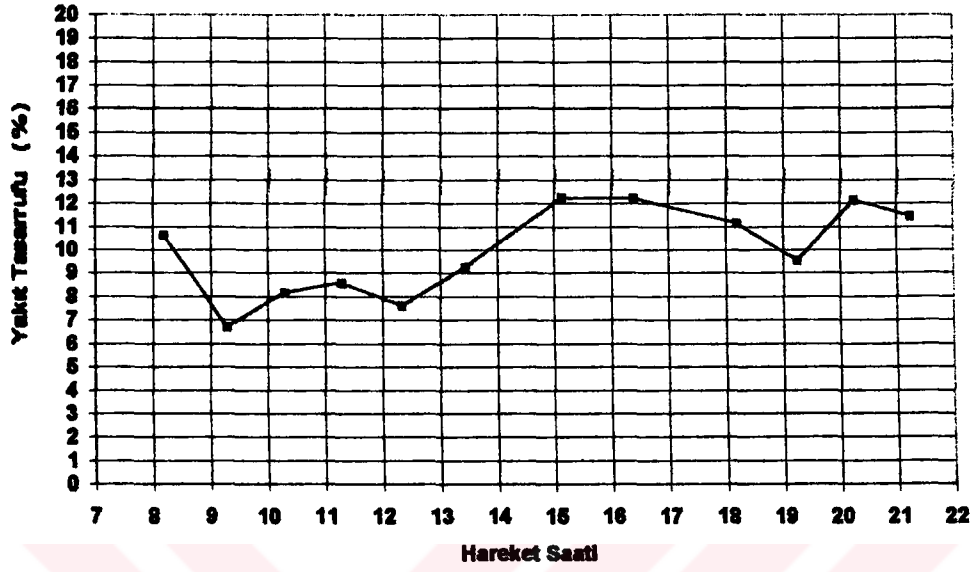
Şekil 10.2.4: Eminönü-Üç Şehitler güzergahı, 24 nolu seferin vites seçimine ve ortalama seyir hızına bağlı yakıt tasarrufu değişimi.



Şekil 10.2.5 : Ortalama hız, seyir üst hızı değişimi.

10.3. Uygun Vites Kademesi Seçimi

Bu bölümde gerçek seyir şartları aynı kalmak koşulu ile kullanılan vites kademesine etki edilmiştir. Vites kademesi, seyir şartlarına etki edilmeksizin, program tarafından motor çalışma hızı aralığı ve itme kuvveti kontrollerini yaparak mümkün olan en yüksek kademe olarak seçilmiştir. Bu durumda sağlanacak yakıt tasarrufu Eminönü-Üç Şehitler güzergahında gerçekleştirilen on iki sefer için sefer başlama saatlerine göre verilmiştir.



Şekil 10.3.1 : Mümkün olan en yüksek vites kademesi seçimi ile sağlanabilecek yakıt tasarrufu.

11. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yoğun trafik şartlarında yapılan 20 nolu seferde sarfedilen yakıt miktarı referans olarak alınıp, aynı seferin açık trafik şartında üst seyir hızı kararlı seviyede sınırlandırılarak, farklı hız kademelerinde yakıt tüketimi hesaplandığında, 20 (km/h) üst seyir hızı için 5.viteste %53, 40 (km/h) üst seyir hızı için 5.viteste %27, 6.viteste ise %34 mertebesinde yakıt tasarrufu sağlanmaktadır.

Trafiğin açık olduğu saatlerde gerçekleştirilen 24 nolu seferde tüketilen yakıt miktarı referans olarak alınıp, aynı seferin açık trafik şartında üst seyir hızı kararlı seviyede sınırlandırılarak, farklı hız kademelerinde yakıt tüketimi hesaplandığında, 20 (km/h) üst seyir hızı için 5.viteste %55, 40 (km/h) üst seyir hızı ile 5.viteste seyredilmesi halinde %30, 6.viteste seyredilmesi halinde %37 mertebesinde yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Bu koşul, sürücünün araç kullanımındaki alışkanlıklarının yakıt tüketimine olumsuz etkilerinin net göstergesidir.

Eminönü-Üç Şehitler arasındaki duraklardan her birinin ayrı ayrı kaldırılması halinde sağlanacak yakıt tasarrufu hesaplanmış, yakıt tasarrufundaki değişim mertebelerinin birbirleri ile aynı olmadığı, 20 nolu seferde tüketilen yakıt miktarı referans alınarak, durak başına elde edilecek yakıt tasarrufu mertebesinin %3-5.8 arasında değiştiği hesaplanmıştır.

Emimönü-Üç Şehitler güzergahındaki tüm seferlere ait yakıt tüketimi değerleri referans olarak alındığında, yol-hız karakteristiği değiştirilmeksizin her seyir hızı koşulunda en fazla yakıt tasarrufu sağlayan, çalışılabilecek en üst vitesin kullanılması koşulu hesaplama modeli esas alındığında, her bir sefer için elde edilen yakıt tasarrufları %6.5-12.2 arasında değişmektedir. Ancak bu koşulda, trafik şartının belirlediği değişken seyir hızına uyan vites ve motor işletme karakteristiğinin her an olması gereken durumda sağlandığı varsayılarak işlem yürütülmüştür.

Motorun frenleyici etkisinden yararlanıldığı, aracın trafik yoğunluğuna bağlı veya duraklara yaklaşımları sırasındaki her yavaşlatılmasında, silindirlere püskürtülen yakıtın kesilmesi suretiyle günlük %9.39 mertebesinde yakıt tasarrufu sağlanmaktadır.

Söz konusu güzergahta çalışan bir otobüsün günlük toplam yakıt tüketimi 70.46 (l) olarak ölçülmüştür. Hatta çalışan otobüs sayısı 11dir. Bir yıldaki iş günü sayısının 250 olduğu varsayımı ile belirtilen güzergahta tüketilen toplam yakıt miktarı 193765 (l) olarak bulunmaktadır.

Elde edilen ölçüm sonuçları ile oluşturulan hesaplama modelinden alınan sonuçlar değerlendirildiğinde trafiğin ve kullanım karakteristiğinin olumsuz etkilerinin giderilmesi ile sağlanacak yakıt tasarrufu yıllık 102695.45 (l) motorine ulaşmaktadır. Sağlanan tasarrufun günümüz şartlarındaki maddi değeri yıllık 55734 US \$ (*) dır.

Kullanım karakteristiğinin optimize edilmesi ile sağlanacak yakıt tasarrufu yıllık 106570 (l) motorine ulaşmaktadır. Sağlanan tasarrufun günümüz şartlarındaki maddi değeri yıllık 57836.8 US \$ dır.

Durak sayısının azaltılması, kısa mesafeli duraklardan Tahta Minare durağının kaldırılması ile sağlanacak yakıt tasarrufu yıllık 7750 (l) motorine ulaşmaktadır. Sağlanan tasarrufun günümüz şartlarındaki maddi değeri yıllık 4206.02 US \$ dır.

Yavaşlama esnasında tüketilen yakıt miktarının, bu şartta silindirlere püskürtülen yakıtın kesilmesi ile azaltılması sonucu sağlanacak yakıt tasarrufu yıllık 20625 (l) motorine ulaşmaktadır. Sağlanan tasarrufun günümüz şartlarındaki maddi değeri yıllık 11193.43 US \$ dır.

(*) 1 US\$=173020 TL (26/9/1997)

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ile günün değişik saatlerine göre yakıt tüketiminin ve seyrin modellenmesi, daha sonraları benzer konularda yapılacak çalışmalarda ölçüm işlemlerinin gerçekleştirilmesi için harcanan uzun zaman ve yoğun teknik hazırlıkların oluşturduğu olumsuz şartları ortadan kaldıracaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Albasiny, E.L., Hoskins, W.D., “ Cubic Spline Solutions to Two Point Boundary Value Problems”, The Computer Journal, 1969
- [2] An, F., Ross,M.; “A model of Fuel Economy and Driving Patterns”, SAE 930328
- [3] Artmanov,M.D., Ilarionov,V.A.,Morin,M.M., “Motor Vehicles Fundamentals and Design “, MIR Publishers, 1976
- [4] Belly,D.L., “ Nine Ways to Get Better Fuel Milage “, Shell Oil Corp., SAE 740620
- [5] Buschmann, Koessler “ Handbuch der Kraftfahrzeugtechnik “ Band I-II, Wilhelm Henge Verlag,München 1976
- [6] Cole,D. “ Elementery Vehicles Dynamics “, course notes in Mechanical Engineering, The Universty of Michigan, 1972
- [7] Cornel,J.J., “ Passenger Car Fuel Economy Characteristics on Modern Super Highways “, Chrysler Corp., SAE 650862
- [8] Datron Messtechnik, Correvit®- Measurement and Evaluation System, Information on Datron, Issue 2, Novemder, 1993
- [9] Donaldson Company.,Inc. “ A Commen Sense Approach to Fuel Economy “, Minneapolis, MN.
- [10] “ Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs, Lastkraftwagen und Kraftomnibusse “, DIN 70300 Teil 2

- [11] Fancher,P.S., and Winker,C.B., “ Retarders for Heavy Vehicles : Phase III
Experimentation and Analysis ; Performance, Brake Saving and Vehicle Stability
“, U.S. Department of Transportation, Report No: DOT HS 806672 , Jan. 1984,
144 pp

- [12] Fitch,W.J., “ Motor Truck engineering Handbook “, Fourth edition, Cap.IV ,
SAE, ISBN 1-56091-378-9, 1994

- [13] “ Fuel Consumption Test Procedure (Short-term in Service Vehicle), SAE J1264

- [14] “ Fuel Economy Measurement-Road Test Procedure “, SAE J1082, Sept. 80

- [15] “ Fuel Economy Measurement-Road Test Procedure-Cold Start and Warm -up
Fuel Economy “, SAE J1256, Jun. 80

- [16] Fyde,D.J., “ The Use of Cubik Splines in the Solutions of Two Point Boundary
Value Problems “, The computur journal, 1968

- [17] Ghojel, J.I., “ Development of a Computer Program for the Prediction of Haul
Truck Performance “, SAE 921745

- [18] Gillespie,T.D., “ Fundamentals of Vehicle Dynamics “, SAE, ISBN 1-56091-199-
9, USA 1992

- [19] Gilhaus,A.M.,and Renn, V.E., “ Drag and Driving-Stability-related
Aerodynamics Forces and Their Interdepence-Results of Measurement on 3/8-
Scale Basic Car Shapes “, SAE paper No:860211, 1986, 15 pp

- [20] Greville, T.N.E., “ Spline Fonktions, Interpolation and Numerical Quadrature “, Math.Method for Digital Computers, Vol 2,1968
- [21] Güney, A.,Özlü,F., “ Taşıtlarda İvmelenme PerformansınınTeorik Olarak İncelenmesi “, IV. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu, 22-24 Eylül 1990, Yalova-İstanbul, s 437-445
- [22] Hau,E.Gilhaus,A.,Künstner,R.,Potthoff,J., “ Automobil “ ,Ind, 24, 1979
- [23] Hazım, K. Al-Omishy, Ekhlass M.F., and Ramzi, R.İ., “ the Influence of Various Factors on the Fuel consumption of Petrol-Powered Vehicles Using A Computer -Simulation Model “ , Sience of the Total Enviroment, Energy, Vol.18, No.1, pp 63-68,1993
- [24] Huebner Jr., G.J., and Gasse, D.J., “Energy and the Automobile-General Factors Affeting Vehicles Feul Consumption “, Chrysler Corp., SAE 730518
- [25] Hucho,W.H.,Jansen,L.J.,and Emmelmann,H.J., “ The Optimizaton of Body Details- A Methot for Reducing Aerodynamics Drag of Road Vehicles “, SAE Paper No:760185, 1976, 18 pp
- [26] Hucho,H.-W,u.a. “ Aerodynamik des Automobils “, Würzburg, 1981, s 52, u 275
- [27] Ikarus, 260.25 Solo Tanıtım El Kitabı
- [28] İ.E.T.T. , “ İstanbul Şehir İçi Ulaşım Klavuzu “, 1997
- [29] “ Karayolu Motorlu Taşıtlarında Yakıt Tüketimi Tayini “, TS 1984, Nisan 1975
- [30] Kraftstoff Messer System Technische Daten, © Mannesmann Kienzle GmbH

- [31] Mitschke,F. “Die Kraftübertragung im Fahrzeug vom Motor bis zu den Rädern
“, ISBN 3-88585-163-6 by verlag TÜV Rheinland
- [32] “ Motor Vehicles, Fuel Economy Test Methods “, GOST 20306-90, Moscow
- [33] Ohta, M., Takao, I., “ A Measurement-Based Simulation of In Service Fuel
Economy for Commercial Vehicles “, SAE 851217
- [34] RÁBA P.L.C. Engine Division Test Föyü
- [35] Ross, M.,”Automobile Fuel Consumption and Emissions : Effects of Vehicles
- [36] Scheffer,C.E., and Niepoth,G.W., “Customer Fuel economy Estimated from
engineering Tests” ,SAE 650861
- [37] Taborek,J.J., “ Mechaniks of Vehicles-6 “ Machine Design, August 8, 1957,s
101-107
- [38] US. Dept. Transportation (DOT), “ How to Save Truck Fuel “ , HS 803 768
- [39] Ünlüsoy, Y.S., “ Motorlu Taşıtlarda Yakıt Sarfiyatının Mikro Bilgisayar
Yardımla Hesaplanması “ , 1.Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu, Cilt II, 4-8
Kasım 1985, Bursa
- [40] West,D.T., Wusz, T., Finnigen, F.T., and Askevold, R.J., “ A Tecnical Report of
the 1975 Union 76 Fuel Economy Tests “, Union Oil Corp. Of california, SAE
750670
- [41] Yavaşlıol, İ., “ Motorlu Taşıtlarda Yakıt Tasarrufu “, İstanbul 1984, 32 s

- [42] Yavaşlıol, İ., “ Taşıtlarda Yakıt Sarfiyatına Etki eden Faktörlerin Nümerik Yöntemle Araştırılması “, Profesörlük Tezi, İstanbul 1988
- [43] Zub, R.W., “ Transit Bus Fuel Economy and Performance Simulation “, SAE 841691



ÖZGEÇMİŞ

Muammer Özkan 1967 yılında İstanbul'da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Kadıköy'de tamamlamıştır. 1984 yılında Haydarpaşa Lisesi'nden mezun olduktan sonra aynı yıl Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümüne girmiştir.

1988 yılında bu bölümden Makina Mühendisi olarak mezun olmuştur. Bir süre makina imalatında çalıştıktan sonra, 1989 yılında Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Programında Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. Aynı dönem Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görev almıştır.

K.K.K. 1013 Ana Tamir Bakım Fabrikası'nın T-model arazi taşıtının modernizasyonu çalışmalarına katılmış, güç aktarma sistemi ve taşıt ergonomisinin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır.

1991 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Programından Makina Yüksek Mühendisi olarak mezun olmuş ve aynı yıl Doktora çalışmalarına başlamıştır.