

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOBÜSLERİN GÜÇ AKTARMA ORGANLARINDA
KULLANILACAK ANA PARÇALARI SEÇMEK
AMACIYLA BİR PROGRAMIN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bayram Hasan Yiğit

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN

Aralık 2017

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOBÜSLERİN GÜÇ AKTARMA ORGANLARINDA
KULLANILACAK ANA PARÇALARI SEÇMEK
AMACIYLA BİR PROGRAMIN GELİŞTİRİLMESİ**

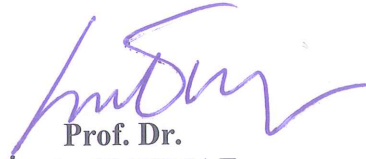
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bayram Hasan YİĞİT

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 11.12.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr.
Hakan Serhad SOYHAN
Jüri Başkanı


Prof. Dr.
İmdat TAYMAZ
Üye


Doc. Dr.
Cenk ÇELİK
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Bayram Hasan YİĞİT

11.12.2017

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlanarak desteğini aldığım danışman hocam Prof. Dr. Hakan Serhad SOYHAN’a teşekkür ederim.

2017 bahar döneminde “Mühendislik Uygulamaları İçin İleri Programlama” dersine misafir öğrenci olarak kabul ederek MATLAB programlama dilini öğrenmeme yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Sezgin KAÇAR’a teşekkür ederim.

Temsa Tourmalin verilerini yüksek lisans tezimde kullanmama izin veren Temsa Ulaşım Araçları Sanayi ve Ticaret A.Ş. Ar-Ge ve Teknoloji direktörü Sn. İbrahim Eserce’ye, verileri tedarik eden Temsa Ar-Ge Müdürü Sn. Osman Dündar ve ekibine teşekkür ederim.

Tezimdeki şekilleri hazırlamamda yardımcı olan Grafik Tasarımcısı Sn. Şeyma Altın’a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans yaptığım süre boyunca sürekli beni destekleyen ve motive eden eşim Mukadder Yiğit’e, birlikte ders çalıştığım oğullarım Anıl Yiğit ve Arda Yiğit’e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
OTOBÜS KİNEMATİĞİ VE DİNAMİĞİ	3
2.1. Birimler	3
2.2. Ölçüler	3
2.3. Ağırlıklar	4
2.4. Güç Aktarma Organları	4
2.5. Araç Kinematiği	7
2.6. Araç Tırmanma Kabiliyeti	8
2.6.1. Sinüs	9
2.6.2. Tanjant	9
2.6.3. Yüzde (%)	9
2.7. Araç Dinamiği	11
2.7.1. Araç çekme kuvveti	11
2.7.2. Teker yuvarlanma direnç kuvveti	13
2.7.3. Yokuş direnç kuvveti	14

2.7.4. Hava direnç kuvveti	15
2.7.5. Araca etki eden kuvvetler	16
2.8. Motor Performans Grafiği	18
2.8.1. Tork eğrisi	18
2.8.2. Güç eğrisi	19
2.9. Araç Hızı – Motor Devri Grafiği	20
2.10. Araç Performans Grafiği	21
2.11. Güç Aktarma Organları İle İlgili İlave Bilgiler	22

BÖLÜM 3.

GÜÇ AKTARMA ORGANLARI SEÇİM PROGRAMININ YAPILMASI	26
3.1. Programlama.....	26
3.2. Grafiksel Kullanıcı Arayüzü (GUI) ile Programlama	27
3.3. Program Ara Yüzünün Hazırlanması.....	29
3.3.1. Motor verileri arayüzünün hazırlanması	29
3.3.2. Şanzıman verileri ve diğer araç verileri arayüzünün hazırlanması	21
3.3.3. Analizler arayüzünün hazırlanması	32
3.4. Program Algoritmasının Hazırlanması	34
3.5. Programın Yazılması	37
3.6. Program Çıktılarının Doğrulanması	39

BÖLÜM 4.

PROGRAMIN KULLANIMI VE UYGULAMALAR	40
4.1. Programın Kullanımı	40
4.2. Güç Aktarma Organlarını Oluşturan Alternatif Parçalar	41
4.3. Fırat Aracı Güç Aktarma Organlarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi	41
4.4. Seyhan Aracı Güç Aktarma Organlarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi	47
4.5. Sakarya Aracı Güç Aktarma Organlarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi	51

4.6. Program ile Yol Testlerinin Yapılması	56
4.7. Araç Performansını Etkileyen Parametrelerin Değerlendirilmesi ...	86
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	88
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	94



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

a	: İvme
A	: Araç ön kesit alanı
C_d	: Hava direnç katsayısı
D_h	: Hava direnç kuvveti
D_{ta}	: Arka teker yuvarlanma direnç kuvveti
$D_{tö}$	: Ön teker yuvarlanma direnç kuvveti
D_y	: Yokuş direnç kuvveti
$F_ç$	: Çekme kuvveti
F_d	: Direnç kuvvetler toplamı
$G_ş$	: Şanzıman oranları
G_d	: Diferansiyel oranı
g	: Yerçekimi ivmesi
g	: Gram
I_d	: Diferansiyel ve şaftların atalet momenti
I_m	: Motor dönen parçalarının atalet momenti
$I_ş$	: Şanzıman dönen parçalarının atalet momenti
I_t	: Teker atalet momenti
m	: Kütle
N	: Motor devir hızı (d/d)
N_d	: Diferansiyel oranı
$N_ş$	: Şanzıman dişli oranı
η	: Verim
R_d	: Teker dinamik yarıçapı
t	: Zaman
T	: Motor torku
V	: Araç hızı

V_0	: Araç ilk hızı
W	: Araç ağırlığı
W_a	: Arka tekere gelen yük
$W_ö$	: Ön tekere gelen yük
x	: Yol
x_o	: İlk alınan yol
ΣF_{net}	: Araç üzerine etki eden net kuvvet
ω	: Motor devir hızı (rad/s)
θ	: Yol eğim açısı
λ	: Geliştirilmiş hava direnç katsayısı
μ	: Teker yuvarlanma direnç katsayısı
ρ	: Havanın yoğunluğu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Bir otobüsü tanımlamada kullanılan ölçüler	4
Şekil 2.2. Bir otobüste güç aktarma organlarının gösterimi	5
Şekil 2.3. Temsa Tourmalin otobüsünün motor, şanzıman ve şaftının izometrik görünümü	6
Şekil 2.4. Temsa Tourmalin otobüsünün diferansiyel ve arka aksının izometrik görünümü	6
Şekil 2.5. Bir otobüsün eğimli yolda görünümü	8
Şekil 2.6. Bir otobüste çekme kuvvetinin gösterimi	11
Şekil 2.7. Ön ve arka tekerlere gelen direnç kuvvetleri gösterimi	13
Şekil 2.8. Yokuş direnç kuvveti gösterimi	14
Şekil 2.9. Hava direnç kuvveti gösterimi	15
Şekil 2.10. Yokuş çıkan bir otobüse etki eden kuvvetlerin gösterimi	16
Şekil 2.11. CUMMINS ISB 6.7 E5 motorun tork ve güç grafiği	19
Şekil 2.12. Temsa Tourmalin otobüsün araç hızı – motor devri grafiği	21
Şekil 2.13. Temsa Tourmalin otobüsün araç performans grafiği	25
Şekil 3.1. Programlama dili ile birlikte verilen yüzey ve zirve çizme programı arayüzü	27
Şekil 3.2. Programlama dili ile birlikte verilen yüzey ve zirve çizme programı çalıştırılınca elde edilen grafik	28
Şekil 3.3. GUI tasarımı yapmak için hazır boş kullanıcı arayüzü	29
Şekil 3.4. Motor verileri giriş, devir ve tork grafiği arayüzü	30
Şekil 3.5. Şanzıman verileri ve Diğer araç verileri arayüzü	31
Şekil 3.6. Analizler arayüzü	32
Şekil 3.7. Güç Aktarma Organları Seçim (GAOS) Programı arayüzü	33
Şekil 3.8. Motor verileri programı algoritması	34
Şekil 3.9. Şanzıman ve diğer araç verileri programı algoritması	35

Şekil 3.10. Analizler programı algoritması	36
Şekil 3.11. “Push button”un ikonunun inspector penceresi	38
Şekil 3.12. “Callback”un işlemi ile çağrılan program penceresi	39
Şekil 4.1. Güç aktarma organlarını oluşturan alternatif parçalar	41
Şekil 4.2. Fırat aracı güç aktarma organları seçim programı arayüzü	42
Şekil 4.3. Fırat aracı motor devir – tork – güç grafiği	43
Şekil 4.4. Fırat aracı hız – motor devri grafiği	44
Şekil 4.5. Fırat aracı performans grafiği	45
Şekil 4.6. Fırat aracı detaylı performans grafiği	46
Şekil 4.7. Seyhan aracı güç aktarma organları seçim programı arayüzü	48
Şekil 4.8. Seyhan aracı performans grafiği	49
Şekil 4.9. Seyhan aracı detaylı performans grafiği	50
Şekil 4.10. Sakarya aracı güç aktarma organları seçim programı arayüzü	52
Şekil 4.11. Sakarya aracı hız – motor devri grafiği	53
Şekil 4.12. Sakarya aracı performans grafiği	54
Şekil 4.13. Seyhan aracı detaylı performans grafiği	55
Şekil 4.14. Sakarya aracı düz yol testinin gösterimi	57
Şekil 4.15. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin gösterimi	57
Şekil 4.16. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin gösterimi	58
Şekil 4.17. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-hız” grafiği	59
Şekil 4.18. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-hız” grafiği	59
Şekil 4.19. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-hız” grafiği	60
Şekil 4.20. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-ivme” grafiği	61
Şekil 4.21. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-ivme” grafiği	61
Şekil 4.22. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-ivme” grafiği	62
Şekil 4.23. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-zaman” grafiği	63
Şekil 4.24. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-zaman” grafiği	63
Şekil 4.25. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-zaman” grafiği	64
Şekil 4.26. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-kuvvet” grafiği	65
Şekil 4.27. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-kuvvet” grafiği	65
Şekil 4.28. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-kuvvet” grafiği	66
Şekil 4.29. Sakarya aracı düz yol testinin “yol - vites no” grafiği	67

Şekil 4.30. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol - vites no” grafığı	67
Şekil 4.31. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol - vites no” grafığı ...	68
Şekil 4.32. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-hız-ivme” grafığı	69
Şekil 4.33. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-hız-ivme” grafığı..	69
Şekil 4.34. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-hız-ivme” grafığı ...	70
Şekil 4.35. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-hız-zaman” grafığı	71
Şekil 4.36. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-zaman” grafığı	71
Şekil 4.37. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-zaman” grafığı	72
Şekil 4.38. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-net kuvvet” grafığı	73
Şekil 4.39. Sakarya aracı düz ve %8 eğimli yol testi “yol-hız-net kuvvet” grafığı	73
Şekil 4.40. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-net kuvvet” grafığı	74
Şekil 4.41. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-vites no” grafığı	75
Şekil 4.42. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-vites no” grafığı ..	75
Şekil 4.43. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-vites no” grafığı	76
Şekil 4.44. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-zaman” grafığı	77
Şekil 4.45. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-ivme-zaman” grafığı	77
Şekil 4.46. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-zaman” grafığı ...	78
Şekil 4.47. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-net kuvvet” grafığı	79
Şekil 4.48. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-ivme-net kuvvet” grafığı	79
Şekil 4.49. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-net kuvvet” grafığı	80
Şekil 4.50. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-vites no” grafığı	81
Şekil 4.51. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-ivme-vites no” grafığı	81
Şekil 4.52. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-vites no” grafığı	82
Şekil 4.53. Sakarya aracı düz yol testi “yol-net kuvvet-zaman” grafığı	83

Şekil 4.54. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği	83
Şekil 4.55. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği	84
Şekil 4.56. Sakarya aracı düz yol testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği	85
Şekil 4.57. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği	85
Şekil 4.58. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği	86



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Birimlerin gösterimi ve açıklamaları	3
Tablo 2.2. Açı, $\sin(\theta)$, $\tan(\theta)$ ve yüzde (%) çevrim tablosu	10
Tablo 4.1. Fırat aracının güç aktarma organları tablosu	43
Tablo 4.2. Seyhan aracının güç aktarma organları tablosu	47
Tablo 4.3. Sakarya aracının güç aktarma organları tablosu	51

ÖZET

Anahtar kelimeler: Otobüs, bilgisayar programı, araç kinematiği, araç dinamiği, araç performansı, araç güç aktarma organları

Ülkemizin otobüs ihtiyacı yerli üretim, yerli lisanslı üretim veya ithal ürünlerle sağlanmaktadır. Ülkemizde yapılan yerli ve lisanslı üretimde, güç aktarma organları ana parçalarının bazıları ülkemizde üretilmemektedir. Bu neden ile Türkiye’de güç aktarma organları tasarımı yapılmayıp, var olan ürünler arasından en uygun olanları seçilmektedir. Eğer güç aktarma organları seçimi esnasında uygun seçim yapılmamış ise, ciddi müşteri şikâyetleri yaşanmaktadır. Bu durumda üretici firma, araç üzerinde iyileştirme yapmak için modifikasyonlar yapmak zorunda kalmaktadır veya herhangi bir şey yapamamaktadır. Bu da üreticinin itibar ve para kaybetmesine neden olmaktadır.

Bu çalışmanın 2. bölümünde otobüs kinematiği ve dinamiği ve 3. bölümünde güç aktarma organları seçim programının yapılması hakkında bilgiler verilmektedir. 4 bölümde ise programın kullanımı ve uygulama hakkında bilgiler verilir, programda otobüslerin güç aktarma organları oluşturularak araçların performans eğrileri, yol testleri ve detaylı analizleri yapıp, uygun güç aktarma organları seçilmektedir.

DEVELOPING A PROGRAM FOR THE SELECTION OF MAIN COMPONENTS USED IN THE POWERTRAIN OF BUSES

SUMMARY

Keywords: Bus, computer program, vehicle kinematics, vehicle dynamics, vehicle performance, vehicle powertrain

The bus requirement of our country is provided by domestic production, domestic licensed production or imported products. In domestic and licensed production in our country, some of the main parts of power train parts are not produced in our country. For this reason, powertrain parts are not designed in Turkey, and the most suitable ones are selected from existing products. Serious customer complaints are received if the proper selection has not been made during the choice of powertrain. In this case the manufacturer has to make modifications or do nothing to improve the vehicle. This causes the manufacturer to lose reputation and money.

In the second part of this study gives information about bus kinematics and dynamics, and in the third part give information about making computer program for the selection of the powertrain parts. In the 4 sections, giving information about using and application of the program, and the powertrain of the vehicles are created in the program. In addition, the performance curves, road tests and detailed analyzes of the vehicles are made and suitable powertrain parts are selected.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyanın ilk motorlu otobüsü Karl Benz tarafından 1895 yılında Almanya'da üretildi [1]. Otobüs üretimi 1950'li yıllara kadar kamyon şasisi üzerine otobüs gövdesi monte edilerek gelişmeye devam etti. Daha sonra şasisiz (mono blok) gövdeye geçildi. Türkiye'de yurt dışı lisanslı otobüs üretimine 1960'lı yılların sonunda başlandı [2]. İlerleyen yıllarda, lisanslı üretim yapan firmaların bazıları bağımsız üreticilere dönüşerek, kendi otobüslerini üretmeye başladı.

Günümüzde, ülkemizin otobüs ihtiyacı yerli üretim, yerli lisanslı üretim veya ithal ürünlerle sağlanmaktadır. Ülkemizde yapılan yerli ve lisanslı üretimde, güç aktarma organları ana parçalarının bazıları ülkemizde üretilmemektedir. Bu neden ile Türkiye'de güç aktarma organları tasarımı yapılmayıp, var olan ürünler arasından en uygun olanları seçilmektedir. Eğer güç aktarma organları seçimi esnasında uygun seçim yapılmamış ise, ciddi müşteri şikâyetleri yaşanmaktadır. Bu durumda, üretici firma araç üzerinde iyileştirme yapmak için modifikasyonlar yapmak zorunda kalmaktadır veya herhangi bir şey yapamamaktadır. Bu da üreticinin itibar ve para kaybetmesine neden olmaktadır.

Otobüslerde kullanılan güç aktama organı parçaları aşağıda belirtilmektedir.

- 1- Motor
- 2- Baskı ve balata
- 3- Şanzıman
- 4- Şaft
- 5- Diferansiyel
- 6- Arka aks
- 7- Arka teker

Araçların güç aktarma organları ile ilgili formüller ve uygulamaları otomotiv ders kitaplarında verilmektedir. Bu formül ve uygulamalardan faydalanılarak araçların güç aktarma organlarının seçimine yardımcı olan bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bilgisayar programlama dillerinin gelişmesiyle araçların kinematik ve dinamik analizini yaparak, güç aktarma organlarının seçimine yardımcı olan programların daha da geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma kapsamında MATLAB ile otobüslerin kinematik ve dinamik analizini yaparak güç aktarma organlarının seçimine yardımcı olan “Güç Aktarma Organları Seçim” (GAOS) programı geliştirilmiştir. GAOS programı ticari bir ürüne dönüştürülerek, yurt içi otobüs üretici firmalarında, sürekli otobüs alan belediyelerde ve eğitim amacı ile üniversitelerin otomotiv ve makina mühendisliği bölümlerinde kullanılması hedeflenmektedir.

BÖLÜM 2. OTOBÜS KİNEMATİĞİ VE DİNAMİĞİ

2.1. Birimler

Bu çalışmada kullanılan birimler aşağıdaki Tablo 2.1.'de gösterilerek gerekli açıklamalar yapılmaktadır.

Tablo 2.1. Birimlerin gösterimi ve açıklamaları

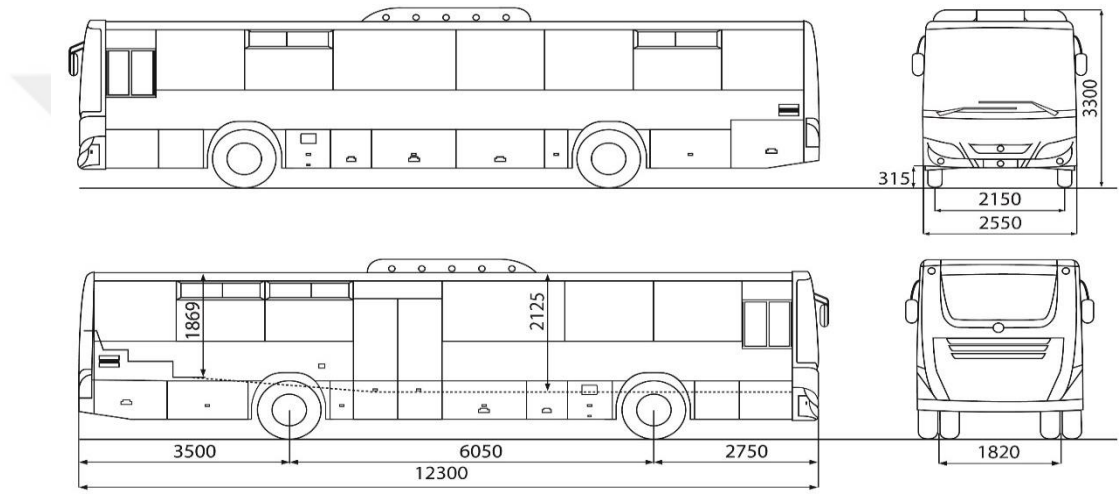
Birim Adı	Gösterim	Açıklamalar
Uzunluk	m, mm	Yol uzunluğu (m), araç ölçüleri (mm) olarak gösterilmektedir.
Alan	m ²	
Zaman	s, h	Zaman saniye (s) ve saat (h) olarak gösterilmektedir.
Açısal hız	rad/s, d/d	d/d: devir/dakika (rpm)
Hız	km/h	m/s yerine km/h seçilmesinin nedeni, araç göstergesinin km/h olmasıdır.
İvme	m/s ²	
Kütle	kg	
Kuvvet	kgf	N yerine kgf kullanılmasının nedeni, uygulamada kolay algılanması içindir.
Güç	kW	

2.2. Ölçüler

Bir otobüsü tanımlamak için aşağıda belirtilen ölçüler kullanılmaktadır ve Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.

- Uzunluk: Aracın toplam uzunluğunu gösterir.
- Genişlik: Aracın toplam genişliğini gösterir.
- Yükseklik: Aracın dış toplam genişliğini gösterir.
- İç yükseklik: Aracın iç yüksekliğini gösterir ve aracın iç yüksekliği aracın önünden arakaya kadar değişken olabilir.

- Aks aralığı: Ön aks ile arka aks arasındaki mesafeyi gösterir.
- Ön uzunluk: Ön aks ile aracın önü arasındaki mesafeyi gösterir.
- Arka uzunluk: Arka aks ile aracın arkası arasındaki mesafeyi gösterir.
- Ön aks genişliği: Ön aks tekerlerinin orta eksenleri arasındaki mesafeyi gösterir.
- Arka aks genişliği: Arka aks tekerlerinin jant basma yüzeyleri arasındaki mesafeyi gösterir.
- Alt açıklık: Aracın gövdesi ile zemin arasındaki en kısa mesafeyi gösterir.



Şekil 2.1. Bir otobüsü tanımlamada kullanılan ölçüler [3]

2.3. Ağırlıklar

Bir otobüsü tanımlamak için aşağıda belirtilen ağırlıklar kullanılmaktadır.

Ön aks taşıma kapasitesi: Ön aksın maksimum taşıyacağı yükü belirtir.

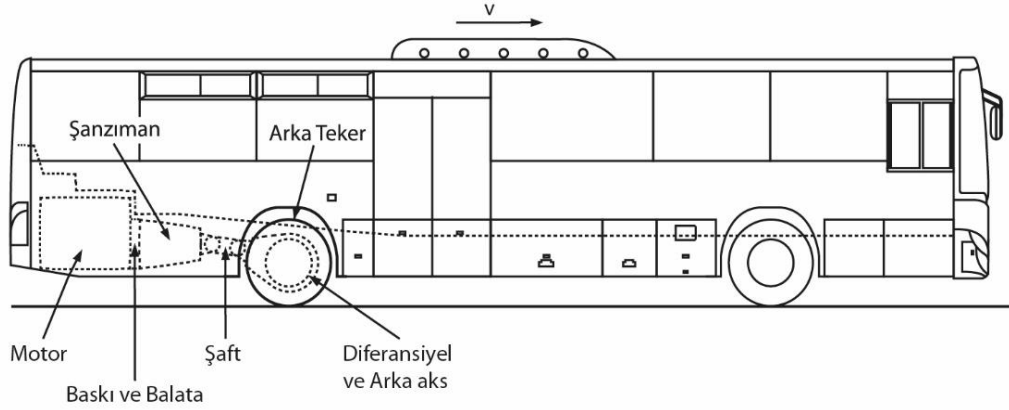
Arka aks taşıma kapasitesi: Arka aksın maksimum taşıyacağı yükü belirtir.

Araç taşıma kapasitesi: Aracın kendi ağırlığı dahil maksimum taşıyacağı yükü belirtir.

2.4. Güç Aktarma Organları

Otobüslerde güç aktarma organı parçaları; motor, baskı ve balata, şanzıman, şaft, diferansiyel, arka aks ve arka tekerdir ve araç üzerindeki gösterimi aşağıdaki Şekil

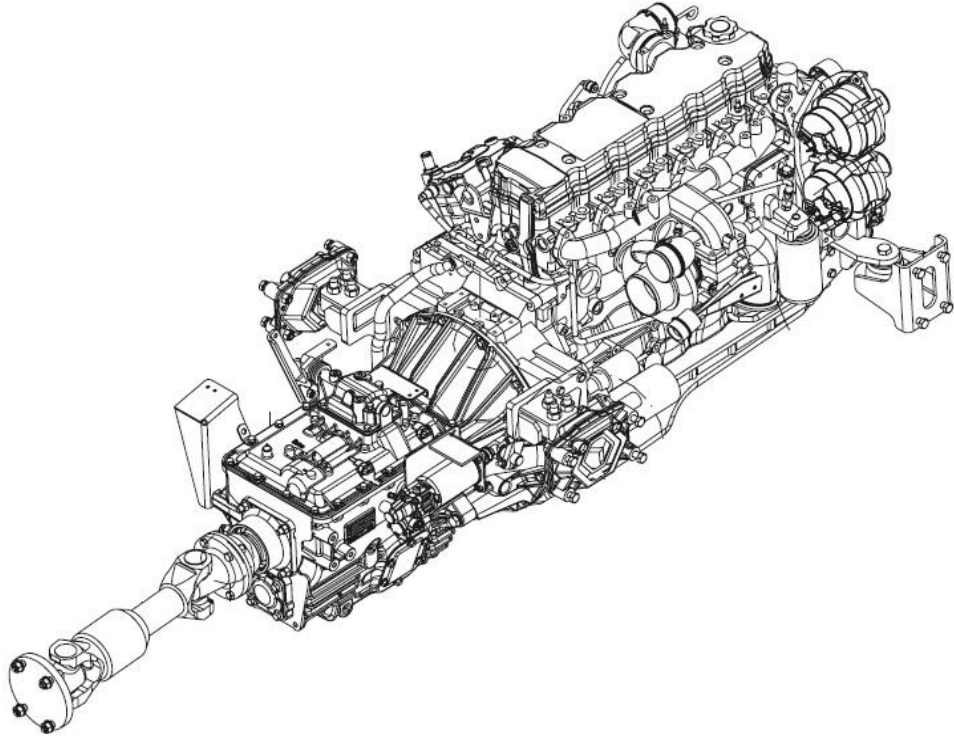
2.2.'de verilmektedir. Temsa Tourmalin otobüsünün motor, baskı-balata, şanzıman ve şaftının izometrik görünümü Şekil 2.3.'de verilmektedir. Şaftın bağlandığı diferansiyel ve arka aks Şekil 2.4.'de gösterilmektedir. Arka aksın her iki ucunda bulunan bijonlara arka tekerler monte edilmektedir.



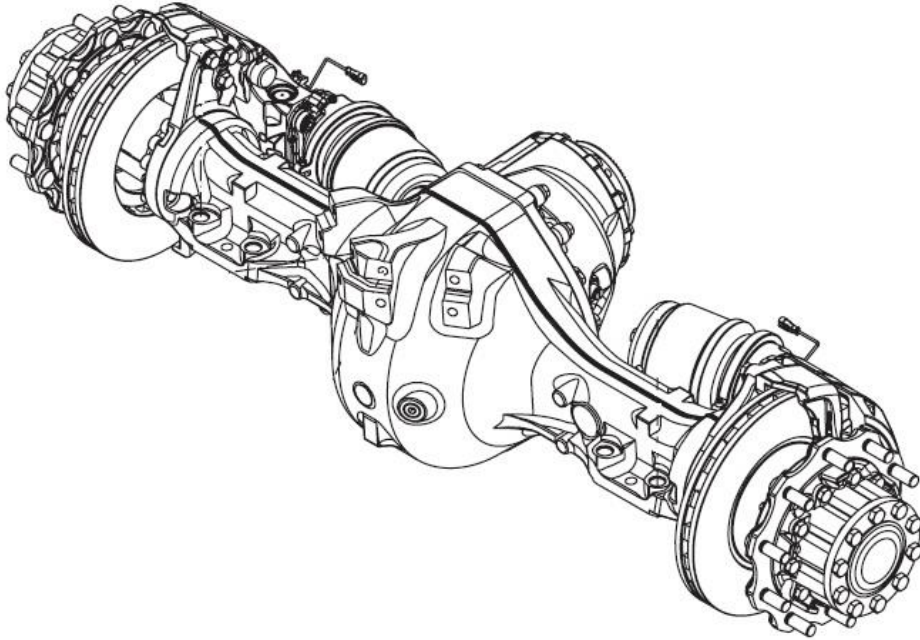
Şekil 2.2. Bir otobüste güç aktarma organlarının gösterimi

Otobüslerin güç aktarma organlarından motor, şanzıman, diferansiyel Türkiye’de üretilmeyip, ithal edilmektedir. Otobüslerin baskı ve balatası, şaftı ve lastiklerini yerli üretme imkânı vardır.

Baskı ve balata motorun ürettiği torku şanzımana ileten parçalardır. Baskı ve balata motor ve şanzımanın birleştirme parçasının içinde kaldığı için Şekil 2.3.’de görülmemektedir. Vites değişim esnasında, motorun torkunu şanzımana iletirken bir miktar torkta kayıpla oluşur. Bu çalışmada bu kayıplar hesaba dâhil edilmeyerek ihmal edilmiştir.



Şekil 2.3. Temsa Tourmalin otobüsünün motor, şanzıman ve şaftının izometrik görünümü [4]



Şekil 2.4. Temsa Tourmalin otobüsünün diferansiyel ve arka aksının izometrik görünümü [4]

2.5. Araç Kinematiki

Bir aracın hızı motor devrine, şanzıman oranına, diferansiyel oranına ve teker dinamik yarıçapına bağılıdır. Buna göre aşağıdaki ifade yazılır.

$$V = 2\pi R \frac{N}{G_s G_d} 60 \frac{1}{1000} \quad (\text{km/h})$$

Burada;

- V : Araç hızı (km/h)
- R : Teker dinamik yarıçapı (m)
- N : Motor devri (d/d)
- G_s : Şanzıman oranları
- G_d : Diferansiyel oranı
- π : 3.1416
- $2\pi R$: Tekerin bir dönüşteki çevresi (m)
- $\frac{N}{G_s G_d}$: Tekerin dakikadaki dönüş sayısı (d/d)
- 60 : Saati dakikaya çevirme katsayısı
- $\frac{1}{1000}$: Metreyi kilometreye çevirme katsayısı

Yukarıdaki veriler yerine konduğunda aşağıdaki denklem elde edilir [12].

$$V = \frac{0.377 R N}{G_s G_d} \quad (\text{km/h}) \quad (2.1)$$

Denklem 2.1 'de motor devri araç hızına bağılı bulunmak istendiğinde aşağıdaki denklem elde edilir.

$$N = \frac{G_s G_d V}{0.377 R} \quad (\text{d/d}) \quad (2.2)$$

Bir araç yolda hareket ederken, aracın kinematiki aşağıda verilen denklemlerle ifade edilir [5].

$$V = V_0 + at \quad (2.3)$$

$$x - x_0 = V_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (2.4)$$

$$V^2 = V_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (2.5)$$

$$x - x_0 = (V_0 + V)t \quad (2.6)$$

Burada;

V : Araç hızı

V_0 : Araç ilk hızı

a : Araç ivmesi

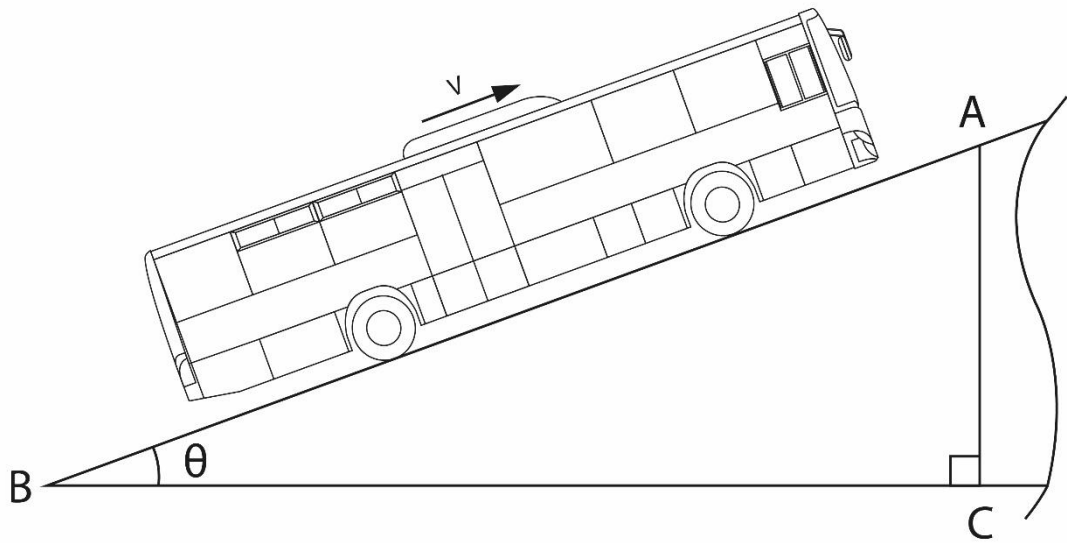
t : Zaman

x : Aracın aldığı yol

x_0 : Aracın aldığı ilk yol

2.6. Araç Tırmanma Kabiliyeti

Bir aracın maksimum tırmanma kabiliyeti 1. vitesteki tırmanma kabiliyeti ile belirlenir. Ayrıca her vitesin maksimum tırmanma kabiliyeti hesaplanabilir. Bir aracın tırmanma kabiliyeti aşağıdaki yöntemlerden biriyle belirlenir [6].



Şekil 2.5. Bir otobüsün eğimli yolda görünümü

2.6.1. Sinüs

Bu yöntemde tırmanma kabiliyeti yukarıdaki Şekil 2.5.'de gösterilen dik üçgenin $\sin(\theta)$ değeri ile hesaplanır. Aracın tırmandığı yüksekliğin, aracın aldığı yola oranı aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi $\sin(\theta)$ değerini verir.

$$\sin(\theta) = \frac{|AC|}{|AB|} \quad (2.7)$$

2.6.2. Tanjant

Bu yöntemde aracın tırmanma kabiliyeti yukarıdaki Şekil 2.5.'de gösterilen dik üçgenin $\tan(\theta)$ değeri ile hesaplanır. Aracın tırmandığı yüksekliğin, aracın aldığı yolun yatay izdüşümüne oranı aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi $\tan(\theta)$ değerini verir.

$$\tan(\theta) = \frac{|AC|}{|BC|} \quad (2.8)$$

2.6.3. Yüzde (%)

Burada tırmanma kabiliyeti yukarıdaki Şekil 2.5.'de gösterilen dik üçgenin yükseklik ile tabanın oranının 100 ile çarpımı ile hesaplanır. Diğer bir deyişle aracın tırmandığı yüksekliğin, aracın aldığı yolun yatay birleşenine oranının 100 ile çarpılması, aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi *yüzde (%)* değerini verir.

$$yüzde (\%) = \frac{|AC|}{|BC|} 100 \quad (2.9)$$

Bu çalışmada tırmanma kabiliyeti olarak “yüzde (%)” kullanılmaktadır. Açıya göre, $\sin(\theta)$, $\tan(\theta)$ ve yüzde (%) değerlerini karşılaştıran çevrim tablosu aşağıdaki Tablo 2.2.’de verilmektedir.

Tablo 2.2. Açı, $\sin(\theta)$, $\tan(\theta)$ ve yüzde (%) değerleri karşılaştırma ve çevrim tablosu

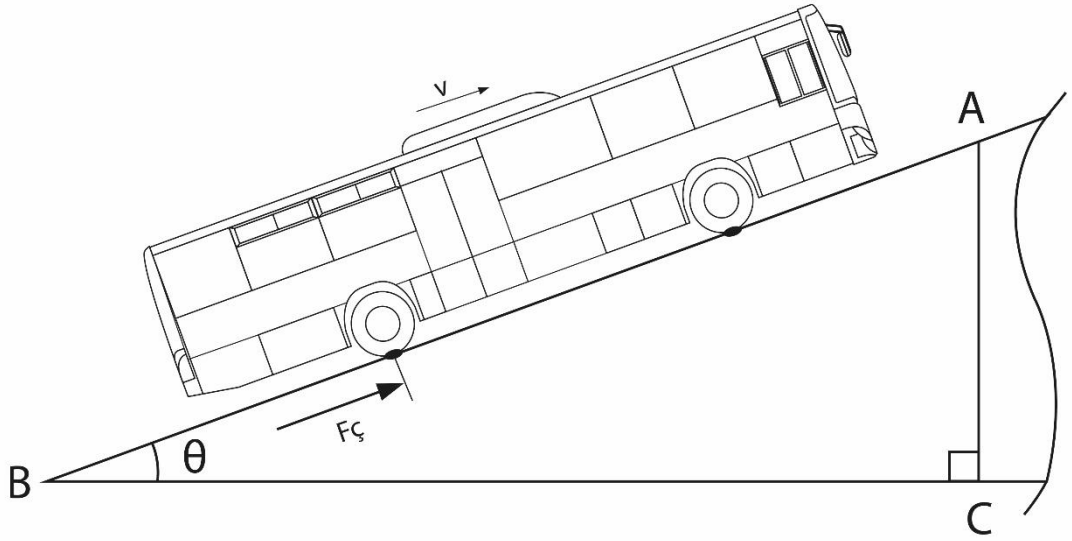
θ	$\sin(\theta)$	$\tan(\theta)$	yüzde (%)
0	0,00000	0,00000	0,000
1	0,01745	0,01746	1,746
2	0,03490	0,03492	3,492
3	0,05234	0,05241	5,241
4	0,06976	0,06993	6,993
5	0,08716	0,08749	8,749
6	0,10453	0,10510	10,510
7	0,12187	0,12278	12,278
8	0,13917	0,14054	14,054
9	0,15643	0,15838	15,838
10	0,17365	0,17633	17,633
11	0,19081	0,19438	19,438
12	0,20791	0,21256	21,256
13	0,22495	0,23087	23,087
14	0,24192	0,24933	24,933
15	0,25882	0,26795	26,795
16	0,27564	0,28675	28,675
17	0,29237	0,30573	30,573
18	0,30902	0,32492	32,492
19	0,32557	0,34433	34,433
20	0,34202	0,36397	36,397
21	0,35837	0,38386	38,386
22	0,37461	0,40403	40,403
23	0,39073	0,42447	42,447
24	0,40674	0,44523	44,523
25	0,42262	0,46631	46,631
26	0,43837	0,48773	48,773
27	0,45399	0,50953	50,953
28	0,46947	0,53171	53,171
29	0,48481	0,55431	55,431
30	0,50000	0,57735	57,735
31	0,51504	0,60086	60,086
32	0,52992	0,62487	62,487
33	0,54464	0,64941	64,941
34	0,55919	0,67451	67,451
35	0,57358	0,70021	70,021

2.7. Araç Dinamiği

Araç dinamiği, araca etki eden kuvvetleri ve bu kuvvetler etkisi sonucu oluşan ivmeyi inceler. Bu çalışmada araç üzerine etki eden kuvvetler ayrı ayrı incelendikten sonra, araca etki eden kuvvetlerin tamamı birlikte incelenerek ivme ile olan bağlantısı kurulacaktır.

2.7.1. Araç çekme kuvveti

Motorun ürettiği güç baskı-balata, şanzıman, şaft, arka aks üzerindeki diferansiyel ve teker aracılığı ile yol yüzeyine iletilerek aracın çekme kuvveti elde edilir. Bu kuvvet Şekil 2.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Bir otobüste çekme kuvvetinin gösterimi

Motorun ürettiği güç tekerlerlere iletilene kadar, güç aktama organları üzerindeki dönen motor, şanzıman, şaft, diferansiyel, aks şaftları parçaları ve tekerin atalet momenti direnç kuvvetleri ile karşılaşır. Bu durumda çekme kuvveti motor torkunun, şanzıman oranlarının, diferansiyel oranının, teker dinamik çapının ve dönen parçaların atalet moment dirençlerinin bir fonksiyonudur. Çekme kuvveti aşağıda verilen denklem ile ifade edilir [7], [8].

$$F_{\zeta} = \frac{T G_{\zeta} G_d \eta}{R} - [(I_m + I_{\zeta})N_{\zeta}^2 + I_d N_d^2 + I_t] \frac{a}{R^2} \quad (\text{kgf}) \quad (2.10)$$

Burada;

- F : Çekme kuvveti (kgf)
- T : Tork
- G_{ζ} : Şanzıman oranları
- G_d : Diferansiyel oranı
- η : Güç aktarma organı toplam mekanik verimi
- R : Teker dinamik yarıçapı
- I_m : Motor dönen parçalarının atalet momenti
- I_{ζ} : Şanzıman dönen parçalarının atalet momenti
- I_d : Diferansiyel ve şaftların atalet momenti
- I_t : Teker atalet momenti
- N_{ζ} : Şanzıman dişli oranı
- N_d : Diferansiyel oranı
- a : İvme

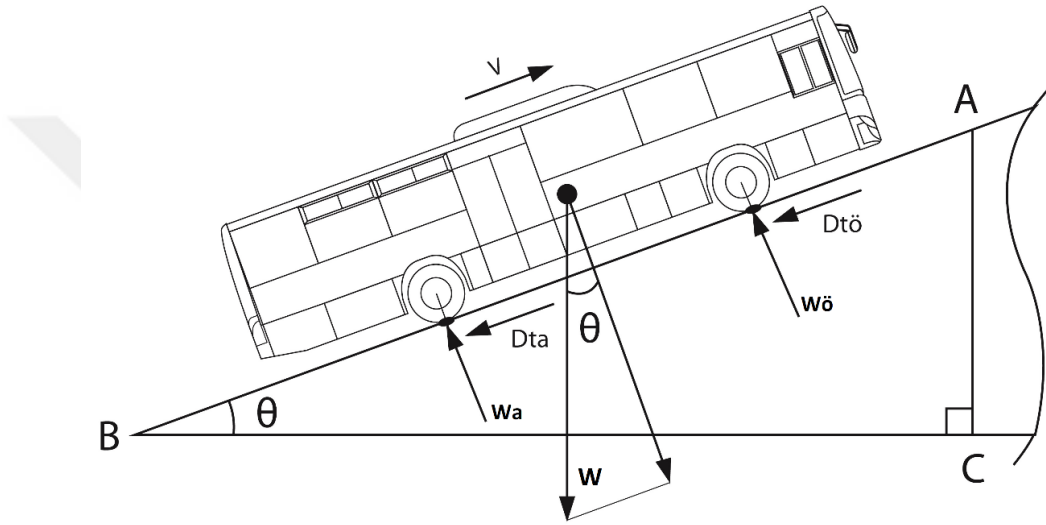
Denklem 2.10'da verilen dönen parçalarının atalet momentlerini bulmak oldukça güçtür ve detaylı çalışma gerektirir. Hesaplamalarda kolaylık sağlamak ve yapılan testlerin sonucu göz önünde bulundurularak, dönen parçaların atalet momentlerini hesaplamak yerine denklem 2.10'daki "güç aktarma organı toplam mekanik verimini (η)" uygun seçmek doğru çözüm olmaktadır. Bu durumda denklem 2.10 aşağıdaki gibi yazılır [6].

$$F_{\zeta} = \frac{T G_{\zeta} G_d \eta}{R} \quad (\text{kgf}) \quad (2.11)$$

Güç aktarma organı toplam mekanik verimi (η) otobüsler için şanzıman oranı 1.000 olduğunda 0.930 alınmaktadır. Bunun nedeni şanzıman oranı kullanılmayıp, motor tork ve devri direk diferansiyele aktarılmaktadır. Diğer şanzıman oranlarında ise 0.910 alınmaktadır [6].

2.7.2. Teker yuvarlanma direnç kuvvetleri

Otobüsün lastikleri her zaman yol yüzeyinden hareket yönüne ters yönde dirençle karşılaşır. Otobüsün yükü altında, lastiklerin şekilleri deforme olur. Yol durumuna göre lastiklerin deformasyonu farklı olur. Lastiklerin basma yüzeyinin önüne doğru küçük bir eğilim oluşur. Bu da tekerlerin yuvarlanma direncini oluşturur [9]. Ön ve arka tekerlere gelen direnç kuvvetleri Şekil 2.7.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Ön ve arka tekerlere gelen direnç kuvvetleri gösterimi

Teker yuvarlanma dirençlerinin ön ve arka tekerler için denklemleri aşağıda verilmektedir.

$$D_{tö} = \mu W_{ö} \cos(\theta) \quad (\text{kgf}) \quad (2.12)$$

$$D_{ta} = \mu W_a \cos(\theta) \quad (\text{kgf}) \quad (2.13)$$

Burada;

$D_{tö}$: Ön teker yuvarlanma direnç kuvveti (kgf)

D_{ta} : Arka teker yuvarlanma direnç kuvveti (kgf)

μ : Teker yuvarlanma direnç katsayısı

$W_{ö}$: Ön tekere gelen yük (kg)

W_a : Arka tekere gelen yük (kg)

Denklem 2.12 ve 2.13’de görüldüğü gibi teker yuvarlanma direnç kuvvetleri, teker yuvarlanma direnç katsayısı ile doğru orantılıdır. Teker yuvarlanma katsayısı yol yüzeyinin sertlik durumuna göre değişir. Hesaplamalarda asfalt yollar için teker yuvarlanma direnç katsayısı 0.01 alınırken, çakıllı yollarda teker yuvarlanma direnç katsayısı 0.025 alınabilir. Bu çalışmada teker yuvarlanma direnç katsayısı 0.01 alınmaktadır [6].

2.7.3. Yokuş direnç kuvveti

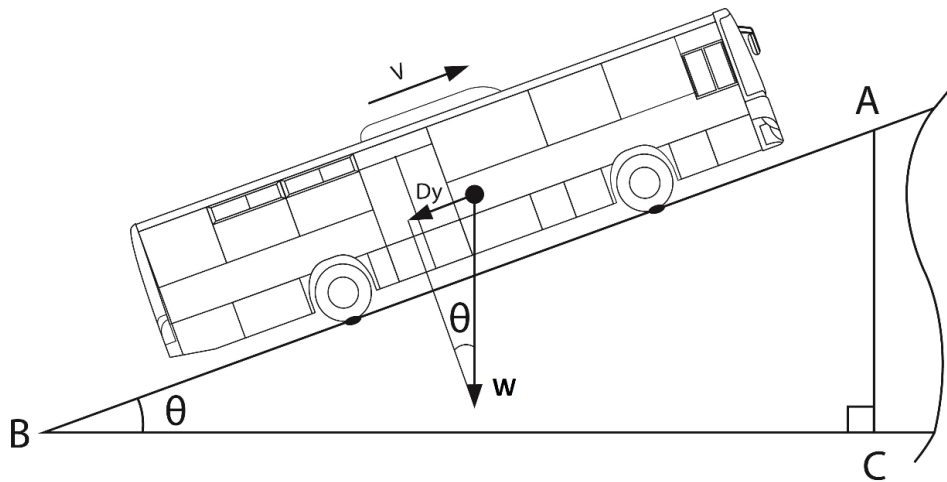
Bir otobüs Şekil 2.8.’de gösterildiği gibi eğimli bir yolda yukarı doğru hareket ederken yerçekimi kuvveti aracın ağırlık merkezine aşağıdaki denklemde belirtilen kuvveti uygular. Bu kuvvete yokuş direnç kuvveti adı verilir [6]. Aracın ağırlık merkezi iki aksın ortasına yakın olmalıdır. Yüksek eğimli yollarda aracın ağırlık merkezinden geçen kuvvet arka aksa yaklaştıkça, aracın ön aksına az yük geleceğinden dolayı, direksiyon kontrolü zayıflar.

$$D_y = W \sin(\theta) \quad (\text{kgf}) \quad (2.14)$$

Burada;

D_y : Yokuş direnç kuvveti (kgf)

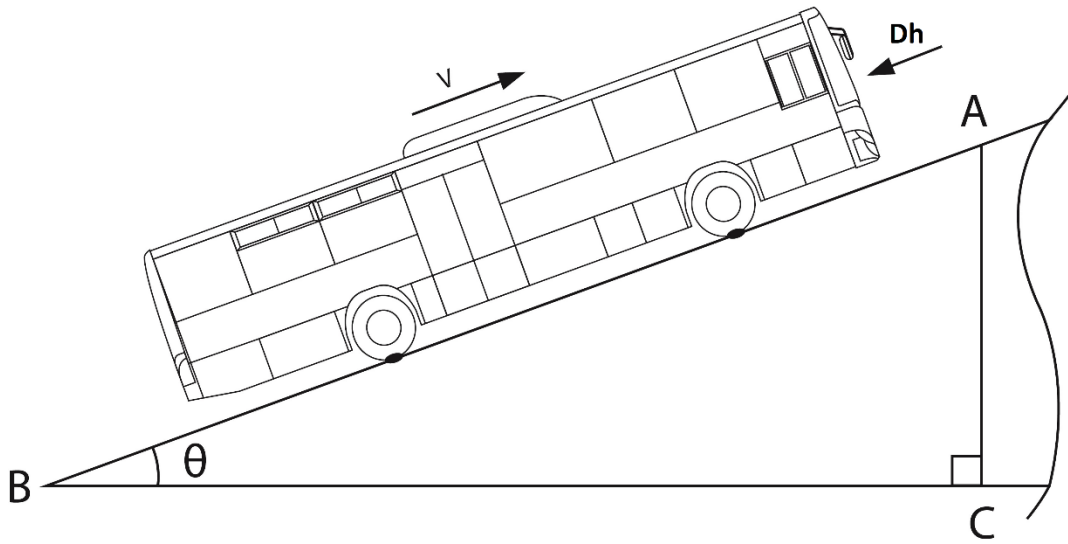
W : Araç ağırlığı (kg)



Şekil 2.8. Yokuş direnç kuvveti gösterimi

2.7.4. Hava direnç kuvveti

Otobüs hareket halindeyken, otobüsün hızına bağlı olarak hava direnç kuvveti oluşur. Bu direnç kuvveti Şekil 2.9.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.9. Hava direnç kuvveti gösterimi

Hava direnç kuvveti aracın ön kesit alanı ile doğru orantılı iken, aracın hızının karesi ile doğru orantılıdır ve aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi gösterilir.

$$D_h = \frac{1}{2} C_d \rho A V^2 \quad (2.15)$$

Yukarıdaki denklemin $\left(\frac{1}{2} C_d \rho\right)$ kısmı bir araç için değişmez bir sabittir. Dolayısı ile aşağıda belirtildiği gibi tek bir değişken (λ) ile ifade edilebilir [6].

$$D_h = \lambda A V^2 \quad (\text{kgf}) \quad (2.16)$$

Burada;

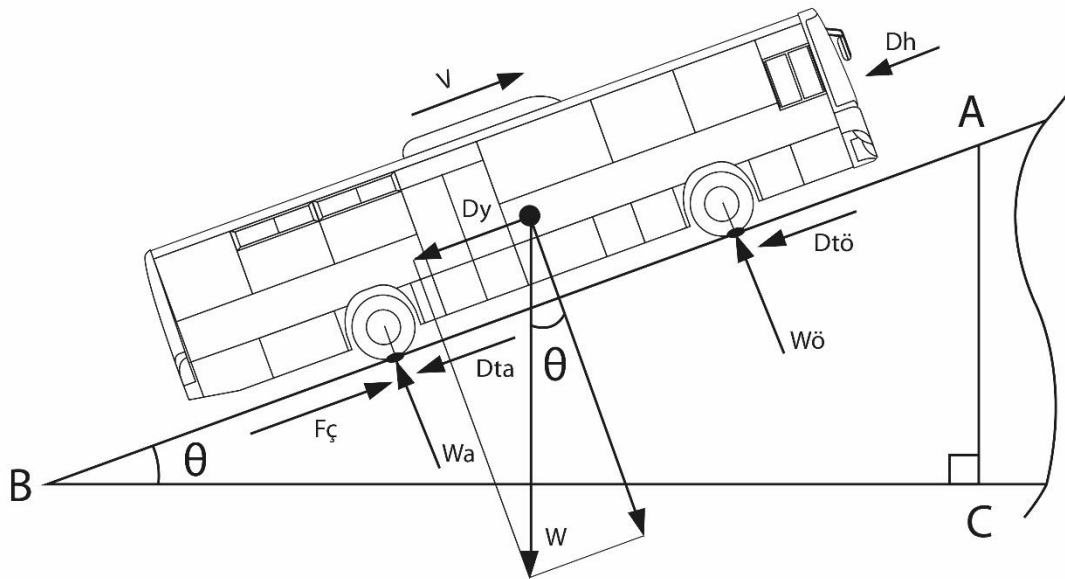
- D_h : Hava direnç kuvveti (kgf)
- C_d : Hava direnç katsayısı
- ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

- A : Araç ön kesit alanı (m^2)
 V : Araç hızı (km)
 λ : Geliştirilmiş hava direnç katsayısı

Bu çalışmada otobüsler için “geliştirilmiş hava direnç katsayısı (λ)” 0.0030 olarak alınmaktadır.

2.7.5. Araça etki eden kuvvetler

Aşağıdaki Şekil 2.10.’da yokuş çıkan bir otobüse etki eden kuvvetlerin tamamı görülmektedir. Bu kuvvetlerin her biri önceki bölümlerde tek tek anlatılmaktadır. Newton’un 2. yasasına göre, hareket halindeki bir araca etki eden kuvvetlerin denklemi aşağıda verilmektedir.



Şekil 2.10. Yokuş çıkan bir otobüse etki eden kuvvetlerin gösterimi

$$\sum F_{net} = ma \quad (N) \quad (2.17)$$

Denklem 2.17’nin her iki tarafı yerçekimi ivmesine bölündüğünde kuvvet birimi “kgf” olur ve aşağıdaki denklem elde edilir [9].

$$\sum F_{net} = \frac{m}{g} a \quad (kgf) \quad (2.18)$$

Toplam direnç kuvvetlerin kuvvetlerin denlemi 2.19'daki gibi yazılır.

$$F_d = D_{tö} + D_{ta} + D_y + D_h \quad (kgf) \quad (2.19)$$

Burada;

$\sum F_{net}$: Araç üzerine etki eden net kuvvet (kgf)

m : Kütle (kg)

a : İvme (m/s^2)

F_{ζ} : Çekme kuvveti (kgf)

F_d : Direnç kuvvetler toplamı (kgf)

$D_{tö}$: Ön teker yuvarlanma direnç kuvveti (kgf)

D_{ta} : Arka teker yuvarlanma direnç kuvveti (kgf)

D_y : Yokuş direnç kuvveti (kgf)

D_h : Araç üzerine etki eden net kuvvet (kgf)

Denklem 2.19'a denklem 2.12, 2.13, 2.14 ve 2.16 konduğunda aşağıdaki denklem elde edilir.

$$F_d = \mu W_{\bar{o}} \cos(\theta) + \mu W_a \cos(\theta) + W \sin(\theta) + \lambda A V^2 \quad (2.20)$$

Aracın ön aksına ve arka aksına gelen yüklerin toplamı aracın ağırlığını verir ve aşağıdaki denklemdeki gibi gösterilir.

$$W = W_{\bar{o}} + W_a \quad (2.21)$$

Denklem 2.20 aşağıdaki gibi yazılır.

$$F_d = (W_{\bar{o}} + W_a) \mu \cos(\theta) + W \sin(\theta) + \lambda A V^2 \quad (2.22)$$

Denklem 2.22'ye denklem 2.21 konulup W parantezine alındığında aşağıdaki denklem elde edilir.

$$F_d = W(\mu \cos(\theta) + \sin(\theta)) + \lambda A V^2 \quad (2.23)$$

Araç üzerine etki eden net kuvveti bulmak için denklem 2.18'de araç üzerine etki eden çekme ve direnç kuvvetler konduğunda aşağıdaki denklem elde edilir.

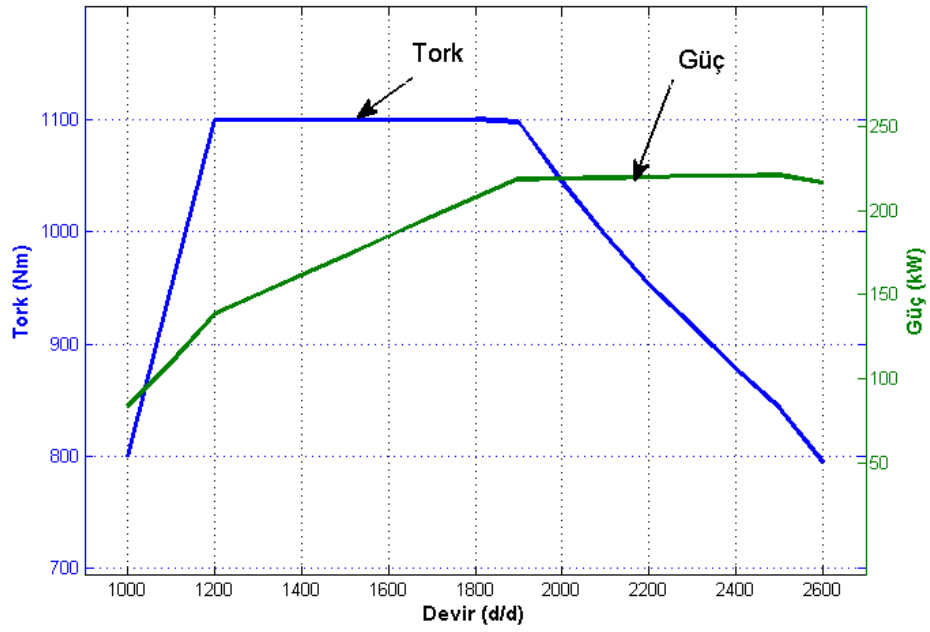
$$F_c - F_d = \frac{m}{g} a \quad (kgf) \quad (2.24)$$

2.8. Motor Performans Eğrisi

Motor performans eğrisi tork, güç ve yakıt sarfıyatı olmak üzere üç eğriden oluşur. Yakıt sarfıyatı eğrisi bu çalışmanın kapsamında olmadığı için burada anlatılmayacaktır. Motor tork ve güç eğrisi aşağıda açıklanmaktadır.

2.8.1. Tork eğrisi

Tork, motorun krank mili üzerine uyguladığı dönme kuvvetidir. Tork Nm veya kgm cinsinden ifade edilir ve krank mili merkezinden 1 metre yarıçapta uyguladığı kuvvet ile ölçülerek motor devir – tork grafiği elde edilir [6]. Aşağıdaki Şekil 2.11.'de Temsa Tourmalin aracında kullanılan CUMMINS ISB 6.7 E5 motorun “Güç Aktarma Organları Seçim” (GAOS) programı ile yapılmış tork ve güç grafiği görülmektedir.



Şekil 2.11. CUMMINS ISB 6.7 E5 motorun tork ve güç grafiği

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi, yatay ekseninde devir 1000 ile 2600 d/d arasında değişirken dikey sol ekseninde tork 800 Nm'den 1100 Nm'ye değişmektedir. Motor devri 1000 devirden itibaren artmaya başlayarak 1200 – 1900 devir arasında tork 1100 Nm maksimum seviyeye ulaşarak, düz bir hal alıp, geniş bir aralıkta maksimum tork elde edilmektedir. Motor devri 1900'den - 2600 devre kadar motor torku yaklaşık düzgün bir doğru ile düşmektedir.

2.8.2. Güç eğrisi

Motor gücü, motor torku ve devrinin bir fonksiyonudur ve aşağıdaki denklem ile ifade edilir [7].

$$P = T \omega \quad (2.20)$$

Burada;

P : Güç (W)

T : Tork (Nm)

ω : Açısal hız (rad/s)

Uygulamada ise, güç birimi “kW”, tork birimi “Nm” ve açısal hız “d/d (rpm)” olarak kullanılmaktadır. Bu durumda denklem 2.20 aşağıdaki gibi yazılır ve denklem 2.21 elde edilir.

$$P = T N \frac{2\pi}{60} \frac{1}{1000}$$

$$P = \frac{2\pi}{60000} T N \quad (2.21)$$

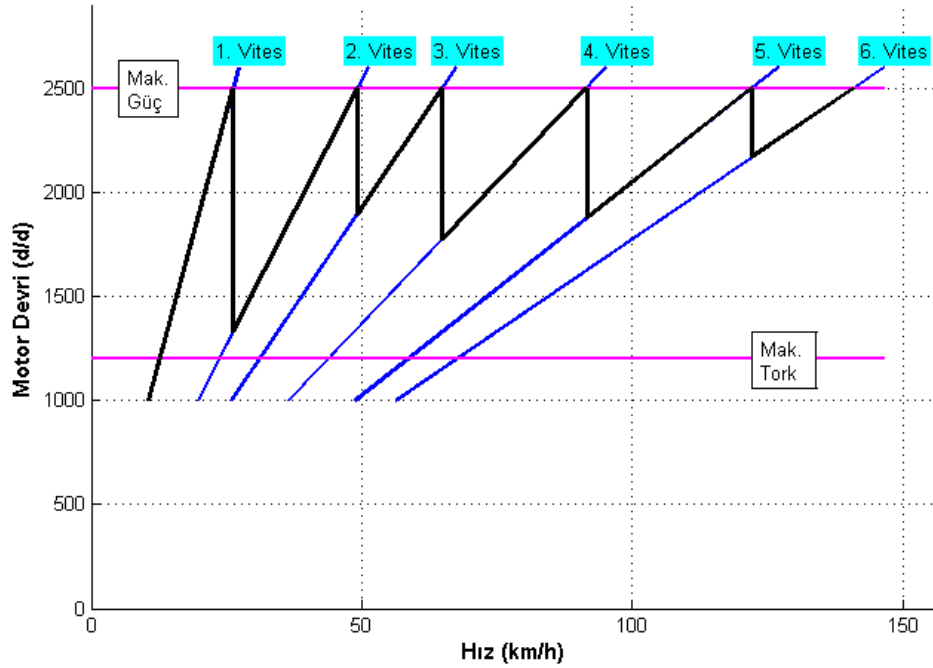
Burada;

- P : Güç (kW)
T : Tork (Nm)
N : Açısal hız (d/d)

Şekil 2.11.’deki tork verileri denklem 2.21’den faydalanılarak Şekil 2.11.’deki güç eğrisi elde edilir.

2.9. Araç Hızı – Motor Devri Grafiği

Bir aracın hızı ile motor devri arasındaki denklem 2.2’de verilmektedir. Denklem 2.2’de görüldüğü gibi, her bir vites için bağımsız değişken hız olurken, bağımlı değişken motor devri olmaktadır. Şekil 2.12.’de Temsa Tourmalin aracın “Güç Aktarma Organları Seçim” (GAOS) programı ile yapılmış araç hızı – motor devri grafiği verilmektedir.



Şekil 2.12. Temsa Tourmalin otobüsün araç hızı – motor devri grafiği

Şekil 2.12.'deki siyah koyu çizgiler aracın hızı ile motor devri arasındaki “ideal” araç hız- devir arasındaki bağlantıyı vermektedir. Bu çizgilerin uyumuna göre, şanzıman oranları hakkında yorumlar yapılabilir [10], [11], [12]. Şanzımanın 1. vites çizgisi motorun minimum devrinden başlayıp, gücün maksimum olduğu devre kadar yükselir ve 2. vites düşer. Şanzımanın 2. vites çizgisi aracın o andaki hızına denk gelen devirden başlayıp, gücün maksimum olduğu devre kadar yükselir ve 3. vites düşer. Diğer viteslere ait çizgilerde bu sırayı izler.

2.10. Araç Performans Grafiği

Araç performans grafiği, bir aracın hızına karşı her vitesteki çekme kuvvetlerini ve direnç kuvvetlerini yol eğime göre gösteren grafiklerdir [13]. Bu grafik okunarak aracın maksimum tırmanma kabiliyeti, her vitesteki tırmanma kabiliyeti, aracın her vitesteki yapabileceği hız, aracın maksimum hızı, herhangi bir hızda ve viteste aracın üzerine gelen kuvvet belirlenebilir [14], [15], [16]. Şekil 2.13.'de Temsa Tourmalin aracın “Güç Aktarma Organları Seçim” (GAOS) programı ile yapılmış araç performans grafiği verilmektedir.

Şekil 2.13.'de görüldüğü gibi, Temsa Tourmalin aracı 1. viteste %20, 2. viteste %10, 3. viteste %7, 4. Viteste %5, 5. viteste %3 ve 6. viteste % 2 eğime tırmanmaktadır. Temsa Tourmalin aracı düz ve rampası az olan şehirlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş yakıt sarfıyatı az olan bir belediye aracıdır.

Temsa Tourmalin aracın maksimum hızı, aracın 6. vitesteki çekme kuvveti ile düz yolda (% 0 eğimde) direnç kuvvetlerin kesişim noktasının belirlenmesi ile bulunur. Güç Aktarma Organları Seçim (GAOS) programında bu nokta büyütüldüğünde aracın maksimum hızı 130 km/h olarak okunur.

Herhangi bir viteste aracın yapabileceği hız, yine araç performans grafiğinden faydalanılarak belirlenebilir. Güç Aktarma Organları Seçim (GAOS) programında Şekil 2.13.'ü büyüterek Temsa Tourmalin aracın 4. viteste % 3 eğimi 85 km/h hız ile tırmandığı görülmektedir.

Herhangi bir viteste aracın üzerine etki eden çekme kuvveti, direnç kuvveti ve net kuvvet performans grafiğinden faydalanılarak belirlenebilir. Şekil 2.13.'ten faydalanarak Temsa Tourmalin aracına 3. viteste 40 km/h hız ile düz yolda giderken 1500 kg çekme kuvveti, 200 kg direnç kuvvetleri ve 1300 kg net kuvvet etki ettiği tespit edilmektedir.

2.11. Güç Aktarma Organları İle İlgili İlave Bilgiler

Buraya kadar olan bölümlerde otobüsün güç aktarma organları ana parçaları hakkında kısa bilgiler verilerek araç kinematiği ve araç dinamiği ile ilgili formüller elde edildi. Bu aşamadan sonra güç aktarma organları ve onun araç performansına etkileri hakkında ilave bilgiler verilmektedir.

Günümüzde benzinli ve dizel motorlar araçlarda yaygın kullanılmaktadır. Elektrik motorlu araçların kullanımına da yeni yeni başlanmaktadır. Dizel motorlarda düşük devirlerde yüksek tork elde edilmesinden dolayı otobüs, kamyon ve iş makineleri

gibi ağır tonajlı araçların motorlarında dizel motor tercih edilmektedir [17], [18]. Geçmişte otomobil ve kamyonetlerde benzinli motorlar yaygın olarak tercih edilirken, günümüzde dizel motora doğru bir geçiş gözlemlenmektedir[19]. Otomobil, kamyonet, kamyon ve otobüslerde elektrik motorlu araçlar için deneme üretimleri yapılarak piyasaya sürülmektedir [20], [21], [22] Elektrikli araçların güç aktarma organları seçim programı bu çalışmanın konusu değildir. Ancak bu çalışmadan faydalanılarak yapılabilir.

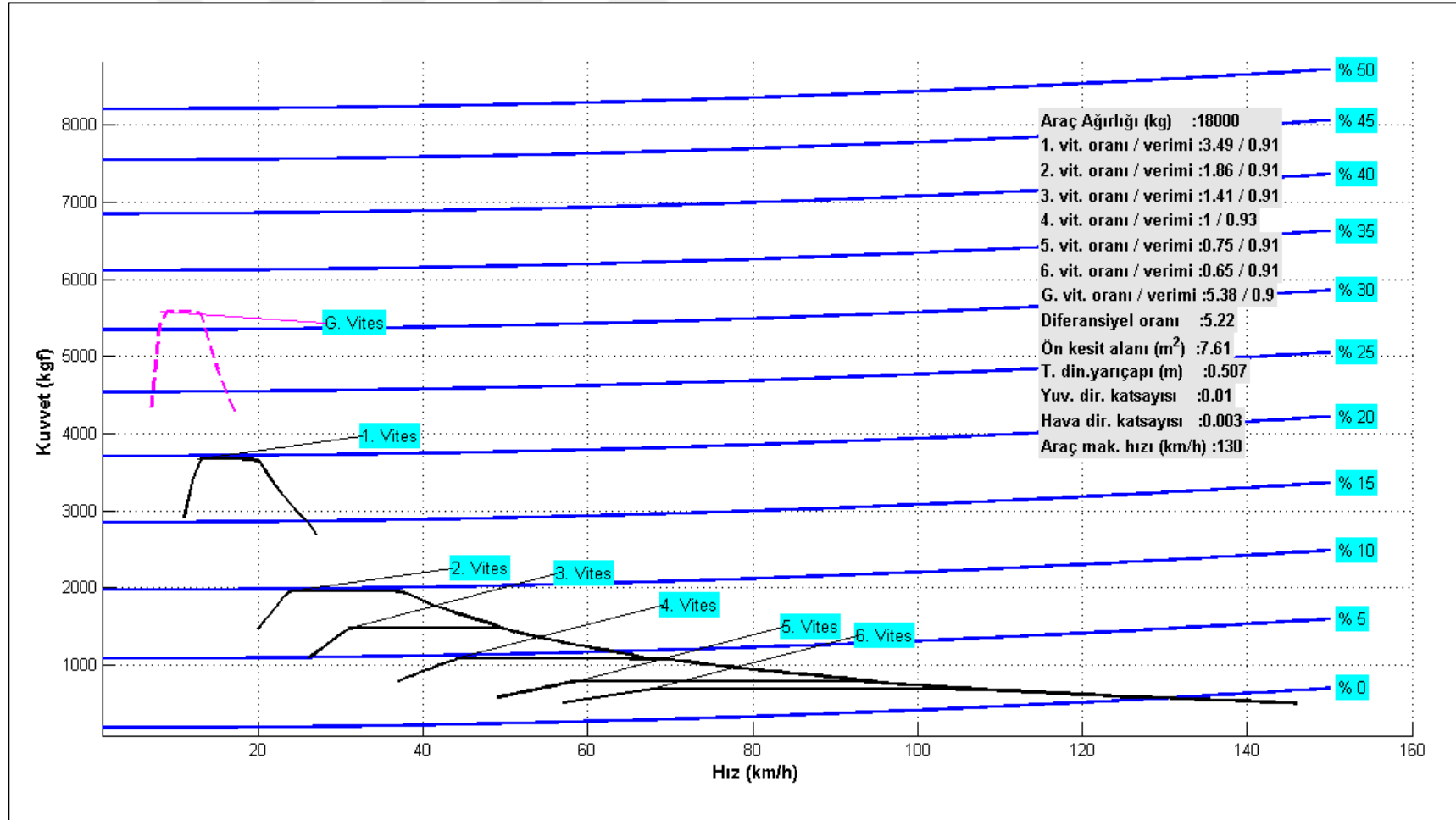
Gününüzde otobüslerde mekanik, yarı otomatik ve otomatik şanzımanlar kullanılmaktadır. Mekanik şanzımanlar şehirlerarası çalışan otobüslerde tercih edilmektedir [23], [24]. Çünkü mekanik şanzımanlar yakıt ekonomisi sağlamaktadır ve araç hareket halinde iken çok fazla vites değişimine ihtiyaç duyulmamaktadır [25], [26]. Şehir içi çalışan otobüslerde ise yarı otomatik veya otomatik şanzımanlar kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise, aracın durma ve kalkma ihtiyacının çok olmasıdır. Yarı otomatik veya otomatik şanzımanlı araçlarda sürücünün vites değiştirme işlemi yapmadığı için sürücüye kolaylık sağlamaktadır [27]. Otobüslerde CVT (Continuously Variable Transmission) çalışmaları olmakla birlikte henüz ticari olarak uygulamada yaygın değildir. CVT şanzımanlar daha çok binek otomobillerde tercih edilmektedir [28], [29].

Otobüslerde motorun ürettiği tork baskı-balata, şanzıman, kardan şaft üzerinden diferansiyele aktarılır. Diferansiyelde torku arttırarak arka aks içindeki şaftlarla torku tekerlere iletilir. Arka aks otobüsün arka gövdesinin yükünü taşıyarak, yükü tekerlere iletilir [30]. Genellikle diferansiyeller arka aks ile birlikte temin edilir[31], [32]. Müşterinin talebine göre, aks sabit kalmak şartıyla diferansiyel kolaylıkla değiştirilebilir.

Lastik ve jantın birleşimine teker denir. Motorun ürettiği tork güç aktarma organları parçaları üzerinden yola lastiğin teması ile aktarılarak araç hareket eder. Lastik ve jant standartlar ETRTO (The European Tyre and Rim Technical Organization) tarafından belirlenir ve buna göre üretim yapılır[33]. Ülkemizde otobüs, kamyon ve

diğer araçların lastikleri yerli olarak üretilmektedir [34], [35], [36], [37]. Aynı araçların jantları da yerli üretilmektedir [38], [39].

Otobüslerde kullanılan lastikler havalı lastiklerdir. Lastiklerin sürtünme katsayıları lastiğin malzemesine, yapısına, yol yüzeyine, hava basıncına ve araç geometrisine bağlıdır [40], [41]. Ayrıca hava sıcaklığının değişmesi de sürtünme katsayısını etkilemektedir [42]. Araç ile yol yüzeyi arasındaki bağlantıyı sağlaması nedeni ile lastikler emniyet parçalarıdır. Bu neden ile üzerinde sürekli çalışmalar yapılarak geliştirilmektedir [43]. Tekerlerin kayma açısına karşılık uygulanan kuvveti veren bir formül geliştirilmiştir. Bu formül her durumda doğru sonuç verdiği için adına “The Magic Formula” (Sihirli Formül) denmiştir [44].



Şekil 2.13. Temsa Tourmalin otobüsün araç performans grafiği

BÖLÜM 3. GÜÇ AKTARMA ORGANLARI SEÇİM PROGRAMININ YAPILMASI

3.1. Programlama

“Güç Aktarma Organları Seçim” (GAOS) programı yapılmaya karar verildiğinde, hangi bilgisayar programlama dilinde yapılması gerektiği hususunda araştırmalar yapılmış, mühendislik uygulamalarının etkin ve yaygın kullanıldığı MATLAB programı seçilmiştir. Deneme lisansı ile program geliştirilmiştir.

MATLAB, Matrix Laboratory (Matris Laboratuvarı) kelimelerinin ilk üç harfi alınıp birleştirilerek oluşturulmuş bir kelimedir ve teknik bir programlama dilidir [45], [46]. Bu programlama dilinin arka planında çok ciddi bir akademik çalışma bulunmaktadır. Bu programlama dilinde kontrol, görüntü işleme, istatistik, optimizasyon, bulanık mantık, sinir ağları, sayısal işaret işleme, güç sistemleri, filtre tasarımı, genetik algoritma, grafik, veri tabanı, web sunucusu, uzay, ölçme ve finans gibi bir çok alanda güvenli bir şekilde kullanılabilecek araç kutuları (toolbox) içerir [45], [46].

MATLAB birçok algoritmayı bir kaç komut ile kullanıcının hizmetine sokarak, ciddi zaman ve emek tasarrufu sağlamaktadır ve geleneksel programlama dillerinin aksine, programı derleyip (compile) çalışabilir bir dosya (dosya_adı.exe) haline getirmeden, yorumlayarak (interpret) çalıştırır [45], [46]. Böylece programın hatalardan arındırılması sürecinde ciddi bir zaman tasarrufu sağlanmış olur [45], [46].

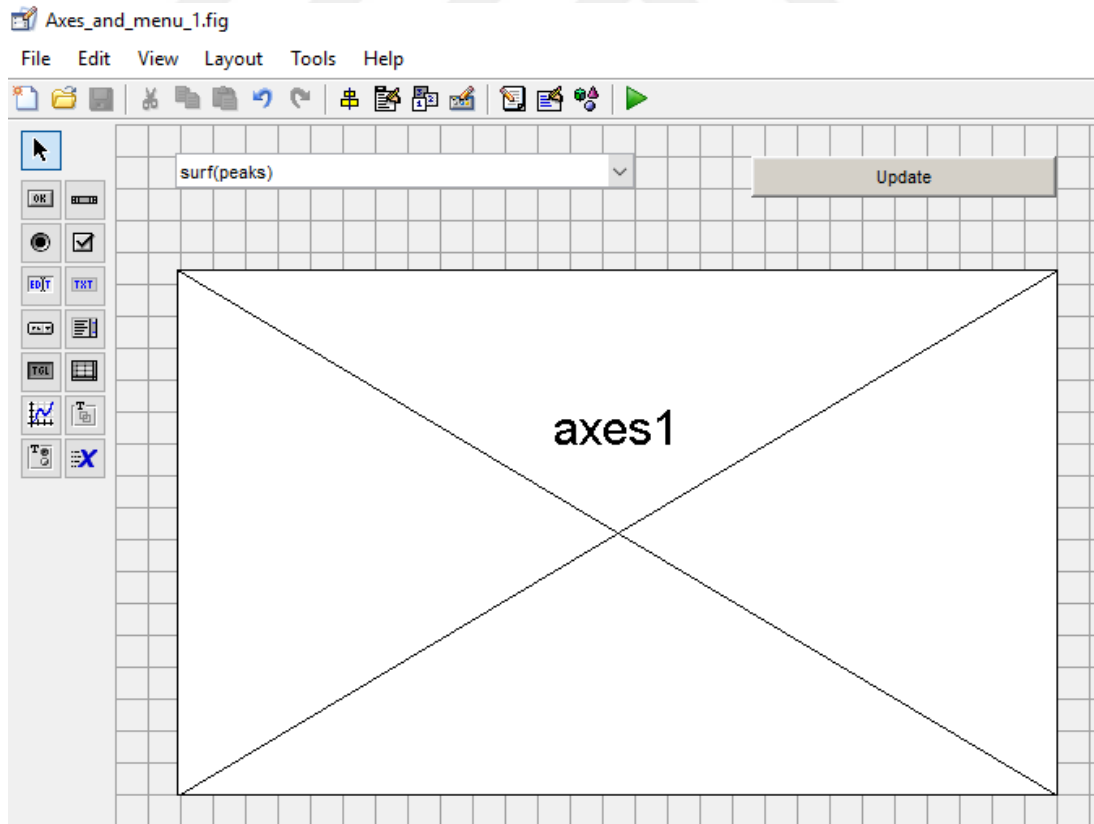
Bu çalışmada, “Güç Aktarma Organları Seçim” (GAOS) programını yapmak için gerekli mühendislik bilgisine ilave olarak programlama, program akış diyagramı, GUI (Graphical User Interface: Grafiksel Ara Yüzü) ve grafik çizimi bilgilerine

ihtiyaç duyulmuştur [47]. Bir sonraki bölümde Grafiksel Ara Yüzü ile programlama kısaca anlatılmaktadır.

3.2. Grafiksel Kullanıcı Arayüzü (GUI) ile Programlama

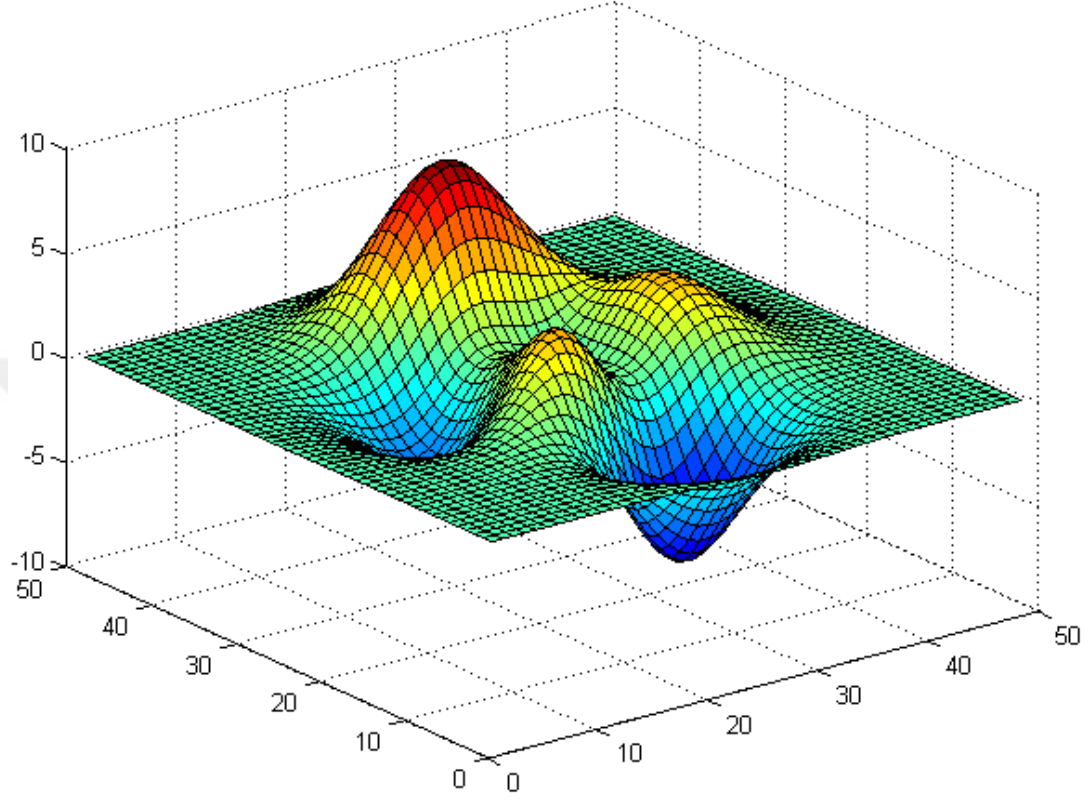
Grafiksel Kullanıcı Arayüzü (GUI) içerisinde yer alan nesnelerin kullanılması ile kullanıcı ile etkileşim sağlayan ve bir programın çalıştırılmasını sağlayan grafiksel ara yüzüdür [20]. GUI'nin İngilizce açılımı “Graphical User Interface”dir. Türkçe anlamı ise, “Grafiksel Kullanıcı Arayüzü”dür.

GUI nesneleri menüler, araç çubukları, komut butonları, radio butonları, liste kutuları, kaydırma çubukları, grafik tanımlama alanları ve tablolar olabilir [48]. Bunlara ilave olarak GUI ile MATLAB'ın sunduğu hesaplama imkânları kullanılarak veri alımı ve grafik çizimi gibi pek çok işlem gerçekleştirilebilir [48].



Şekil 3.1. Programlama dili ile birlikte verilen yüzey ve zirve çizme programı arayüzü

Programlama dili bilgisayara yüklenirken beraberinde hazır gelen program arayüzü Şekil 3.1.’de verilmektedir. Bu program çalıştırıldıktan sonra, çizilen grafik ise, Şekil 3.2.’de verilmektedir.

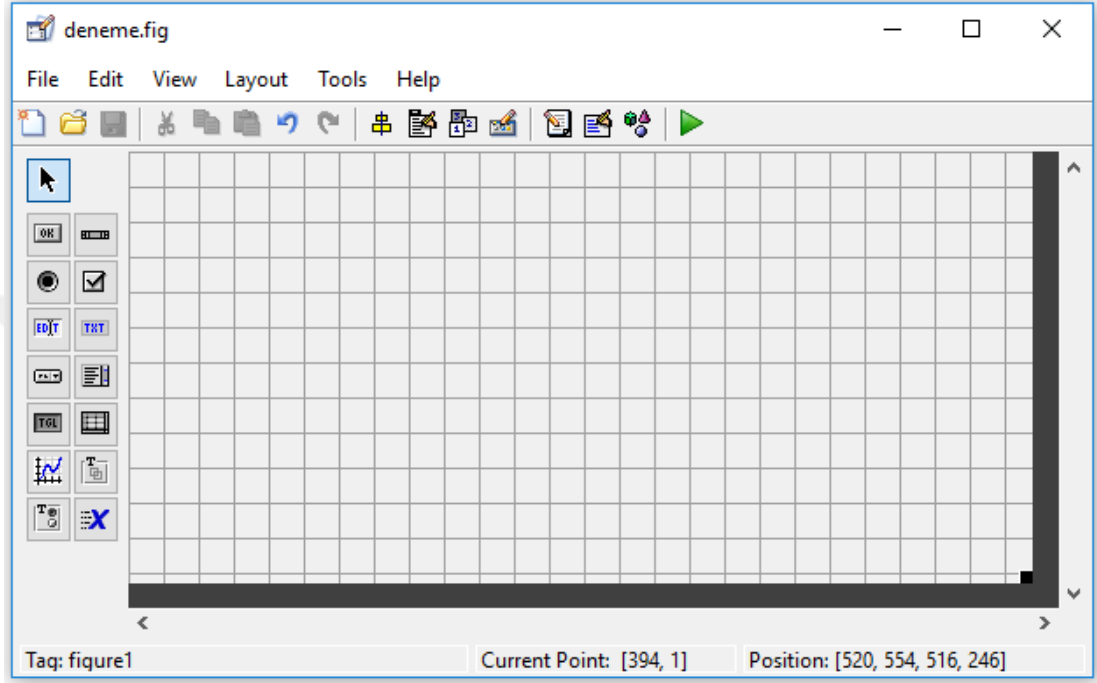


Şekil 3.2. Programlama dili ile birlikte verilen yüzey ve zirve çizme programı çalıştırılınca elde edilen grafik

Her bir nesne GUI için tanımlanan dosyasından “callback” (geri çağırma) diye adlandırılan ayrı alt programlama parçalarına sahiptir [48]. Bu şekilde herbir nesne altında yazılmış programı icra ettirir [48]. Yani GUI hem bir arayüz hemde bir program çağrılarını icra ettirme mekanizmasıdır [48]. Bu işleme nesne tabanlı programlama denmektedir [48]. Bu tür programlamada her bir nesneye ait alt program diğer nesnelerin alt programlarından bağımsız çalışmaktadır [48].

GUI tasarımları, GUI araçları kullanarak ve m-file programlama yöntemleri kullanılarak yapılabilir [48]. Özellikle GUI ile hızlı arayüzler tasarlamak kolaydır [48]. GUI arayüzü sürükle - bırak ve özelliklerini değiştir yöntemiyle çalışır. Çünkü işlemler görerek yapılmaktadır. Diğer programlama türü olan m-file yönteminde, tüm GUI tasarımları ve “callback” (geri çağırma) program parçalarının yazılması

program kodları kullanılarak yapılır [48]. M-file tasarım süresi uzamasına rağmen, programcı her türlü detayı bildiği için programa daha hâkimdir. GUI tasarımı ile yeni bir program yapmak için Şekil 3.3.'de görülen arayüzü ile başlamak gerekir. Bu aşamadan sonra program ara yüzü tasarımına geçilebilir.



Şekil 3.3. GUI tasarımı yapmak için hazır boş kullanıcı arayüzü

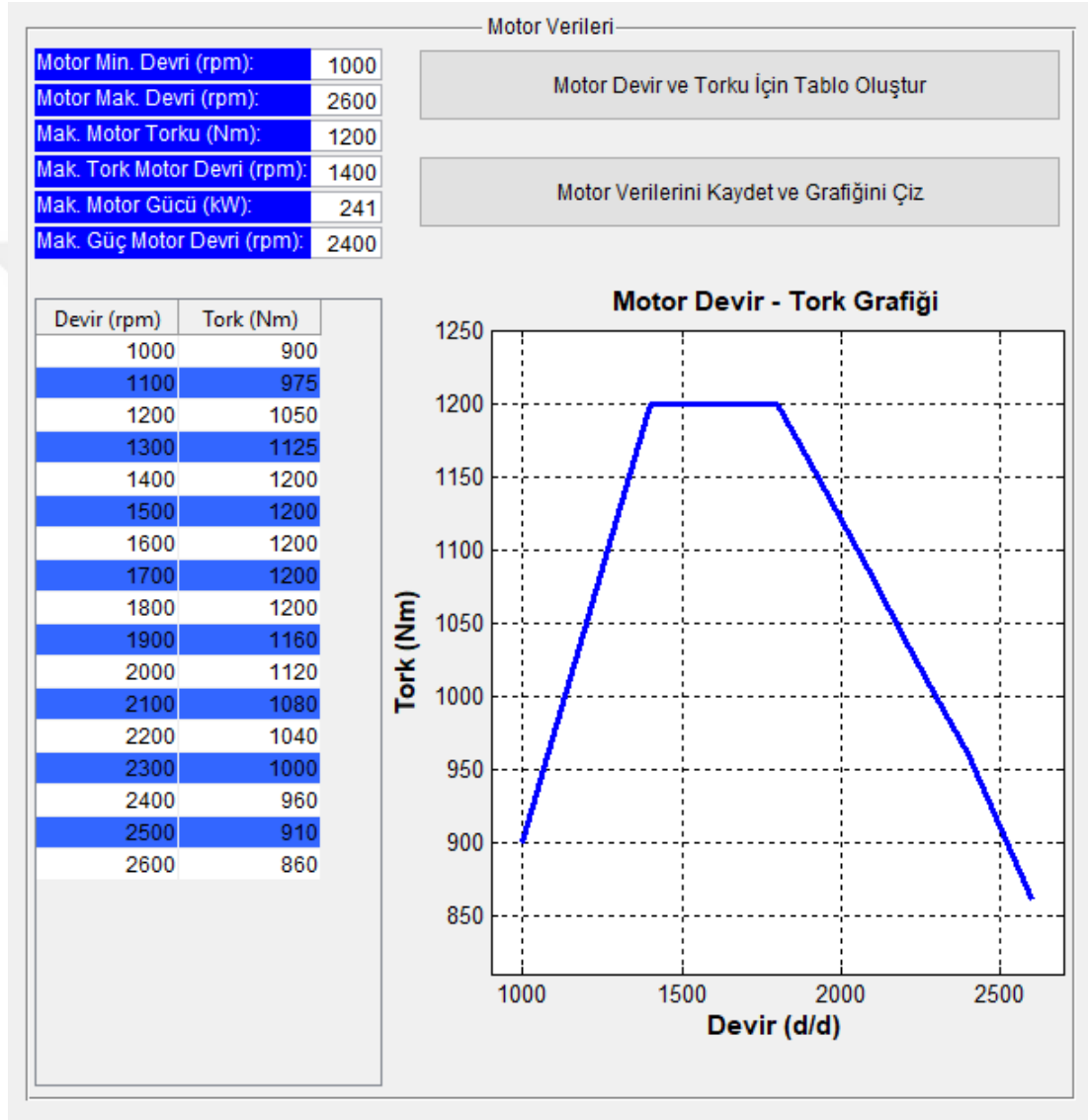
3.3. Program Arayüzünün Hazırlanması

Program arayüzü hazırlanırken motor verileri, şanzıman verileri, diğer araç verileri ve analizler programın kullanımını kolaylaştırmak için ayrı grublar halinde düzenlenmiştir.

3.3.1. Motor verileri arayüzünün hazırlanması

Motor verileri arayüzü aşağıdaki Şekil 3.4.'de verilmektedir. Bu arayüzdeki motor minimum devri, motor maksimum devri, maksimum motor torku, maksimum tork motor devri, maksimum motor gücü ve maksimum tork motor devri “Static Text” komutu ile yazılmıştır. Bunların karşısındaki veri giriş alanları “Edit Text” komutu ile yazılmıştır.

“Motor Devir ve Torku İçin Tablo Oluştur” ve “Motor Verilerini Kaydet ve Grafiğini Çiz” komut butonları “Push Button” komutu ile yazılmıştır. Motor devir ve tork değerlerinin girildiği tablo “Table” komutu ile hazırlanmıştır. Motor devir ve tork grafiği “Axes” komutu ile oluşturulmuştur. Programın kullanımı esnasında ve çıktı alındığında kolay anlaşılması için gerek görülen alanlar renklendirilmiştir.



Şekil 3.4. Motor verileri giriş, devir ve tork grafiği arayüzü

3.3.2. Şanzıman verileri ve diğer araç verileri arayüzünün hazırlanması

Şanzıman verileri ve Diğer araç verileri arayüzü aşağıdaki Şekil 3.5.’de verilmektedir. Bu arayüzdeki “Şanzıman İçin Tablo Oluştur”, “Şanzıman Verilerini Kaydet” ve “Diğer Araç Verileri İçin Tablo Oluştur” komut butonları “Push Button” komutu ile yazılmıştır. Şanzıman oranları ve verimlerinin girildiği tablo “Table” komutu ile hazırlanmıştır.

Araç ağırlığı, ön izdüşüm alanı, diferansiyel oranı, taker dinamik yarıçapı, taker yuvarlanma direnç katsayısı ve hava direnç katsayısı “Static Text” komutu ve bunların karşısındaki veri giriş alanları “Edit Text” komutu ile yazılmıştır.

Şanzıman Verileri

Şanzıman Oranları İçin Tablo Oluştur

	Vites Oranı	Verim
1. vites	3.49	0.91
2. vites	1.86	0.91
3. vites	1.41	0.91
4. vites	1.00	0.93
5. vites	0.75	0.91
6. vites	0.65	0.91
7. vites		
8. vites		
G. Vites	5.38	0.90

Şanzıman Verilerini Kaydet

Diğer Araç Verileri

Diğer Araç Verileri İçin Tablo Oluştur

Araç Ağırlığı (kg):

18000

Ön İzdüşüm Alanı (m2):

7.61

Diferansiyel Oranı:

5.22

Teker Dinamik Yarıçapı (m):

0.507

Teker Yuv. Direnç Katsayısı:

0.01

Hava Direnç Katsayısı:

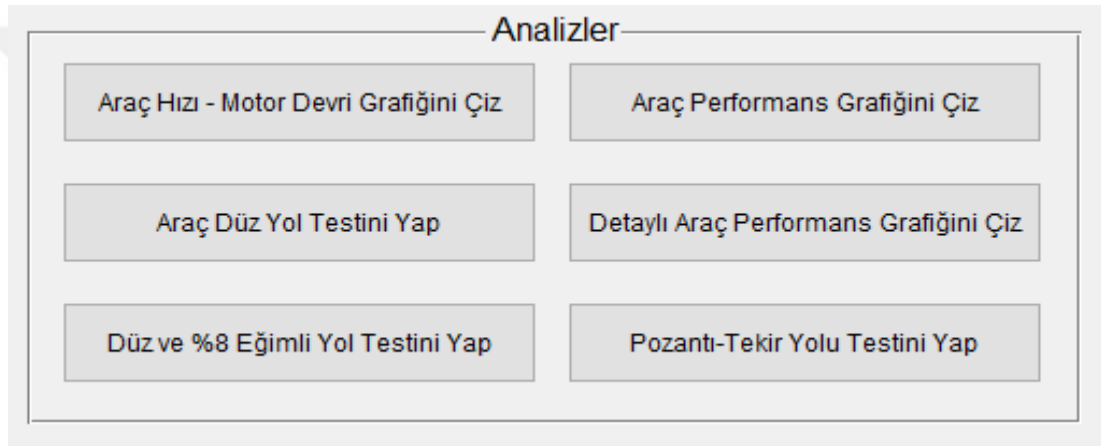
0.0030

Şekil 3.5. Şanzıman verileri ve Diğer araç verileri arayüzü

3.3.3. Analizler arayüzünün hazırlanması

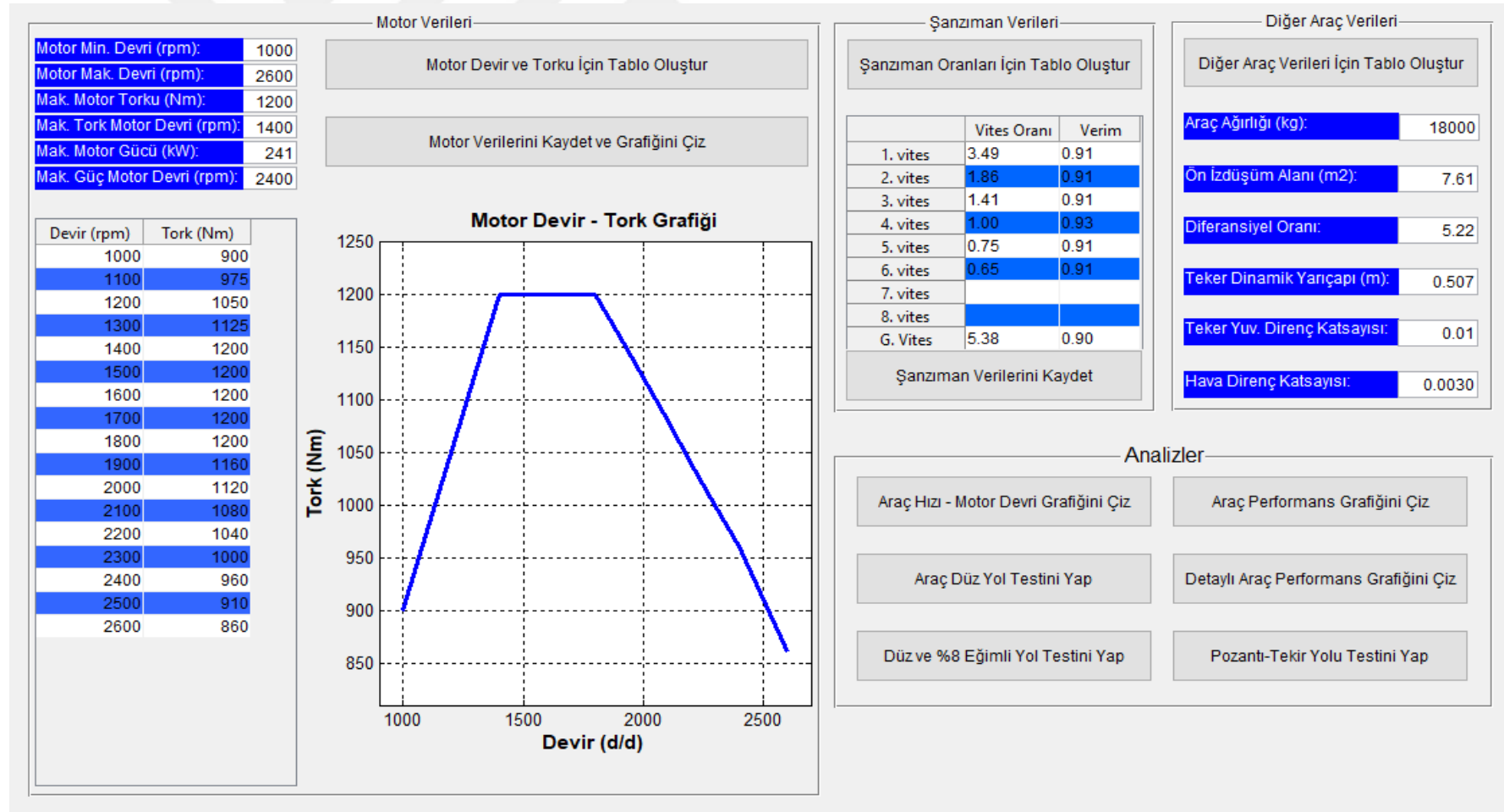
Analizler arayüzü aşağıdaki Şekil 3.6.'da verilmektedir. Bu arayüzdeki “Araç Hızı - Motor Devri Grafiğini Çiz”, “Araç Performans Grafiğini Çiz”, “Araç Düz Yol Testini Yap”, “Detaylı Araç Performans Grafiğini Çiz”, “Düz ve %8 Eğimli Yol Testini Yap” ve “Pozantı-Tekir Yolu Testini Yap” komut butonları “Push Button” komutu ile yazılmıştır.

Analizler arayüzünde kullanılan komutlar ortak verileri kullanmasına rağmen, hepsi birbirinden bağımsız fonksiyonlardır ve birbirleri ile bağlantıları yoktur.



Şekil 3.6. Analizler arayüzü

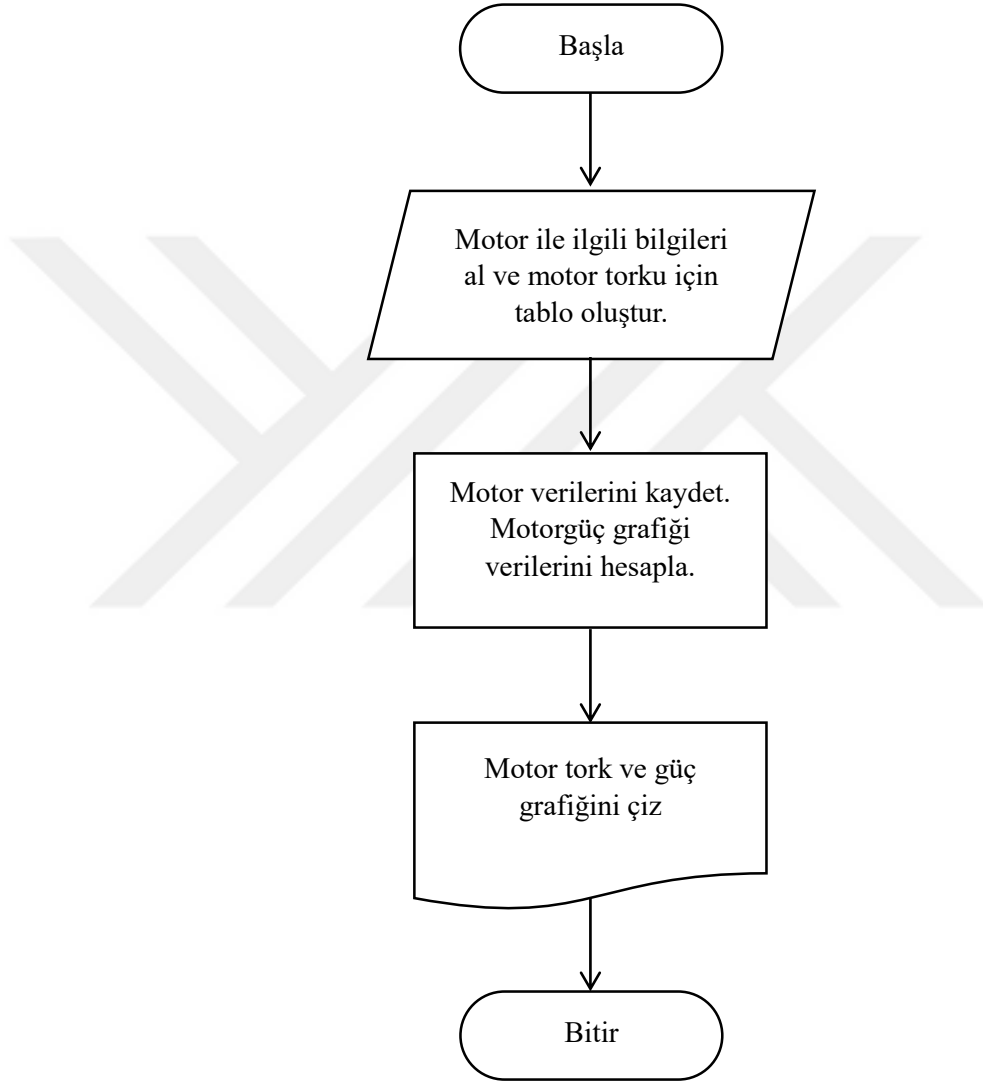
Motor verileri arayüzü, Şanzıman verileri arayüzü, Diğer araç verileri arayüzü ve Analizler arayüzü birleştirilerek Şekil 3.7.'de verilen Güç Aktarma Organları Seçim (GAOS) Programı arayüzü elde edilmiştir.



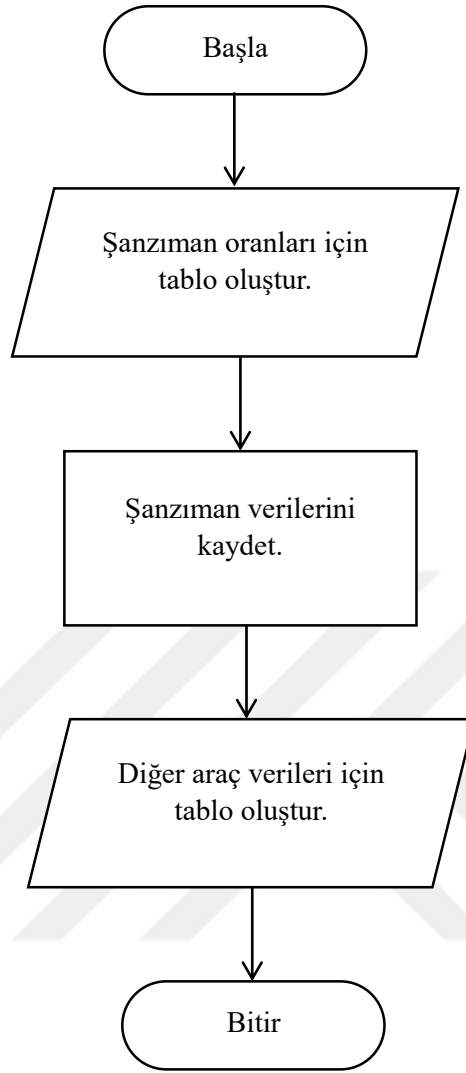
Şekil 3.7. Güç Aktarma Organları Seçim (GAOS) Programı arayüzü

3.4. Program Algoritmasının Hazırlanması

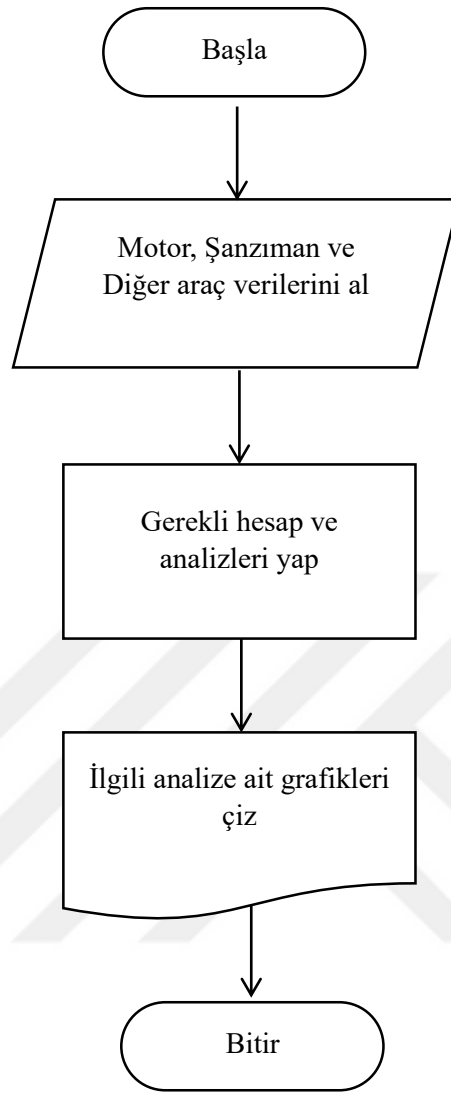
Program algoritmaları “motor verileri algoritması” Şekil 3.8.’de, “şanzıman ve diğer araç verileri algoritması” Şekil 3.9.’da ve “analizler algoritması” Şekil 3.10.’da gösterildiği gibi, üç ana algoritmadan oluşmaktadır.



Şekil 3.8. Motor verileri programlama algoritması



Şekil 3.9. Şanzıman ve diğer araç verileri programlama algoritması



Şekil 3.10. Analizler programlama algoritması

3.5. Programın Yazılması

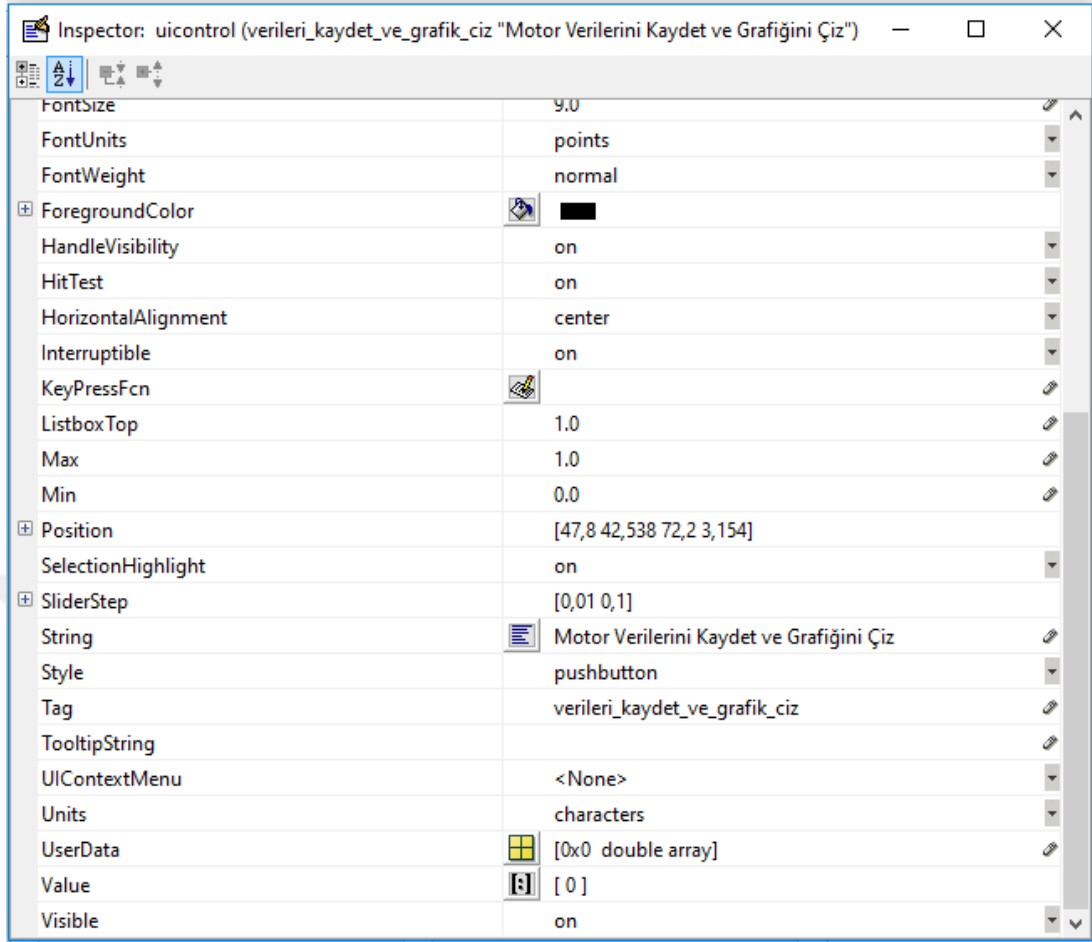
Programlama dili ile oluşturulan ara yüz bilgisayarda “fig” uzantılı dosyada yani “dosya_adi.fig” formatında kaydedilmektedir. Yine programlama dili ile oluşturulan program dosyası bilgisayarda “m” uzantılı dosyada yani “dosya_adi.m” formatında kaydedilmektedir. Program yazımı aşağıda belirtilen üç ana bölümden oluşmaktadır.

1. Motor tork tablosu oluşturma, verileri kaydetme, tork ve güç grafiğini çizme
2. Şanzıman oranları ve diğer araç verileri için tablo oluşturma
3. Analizler

Program arayüzündeki programı çalıştıran komutlar GUI tasarımın “push button” ikonu ile oluşturulmuştur. “Push button” ikonunun özellikleri komut üzerine çift tıklandığında Şekil 3.11.’de görüldüğü gibi “Inspector: uicontrol (verileri_kaydet_ve_grafik_ciz “Motor Verilerini Kaydet ve Grafiğini Çiz”)” başlıklı tablo yeni bir pencere açılarak bilgisayar ekranına gelir.

Burada örnek olarak “Motor Verilerini Kaydet ve Grafiğini Çiz” “push button” ikonu verilmektedir. “Motor Verilerini Kaydet ve Grafiğini Çiz” “push button” ikonun açıklaması (string), “verileri_kaydet_ve_grafik_ciz” “push button” ikonun etiketi (tag)’dır. Diğer komutlarda benzer yöntemlerle oluşturulmuştur.

“Push button” ikonun inspector özelliği kullanılarak bir çok işlem yapılabilir. Bu çalışma esnasında en çok kullanılan BackgroundColor (arka alan rengi), Callback (geri çağırma), FontSize (font büyüklüğü), ForegroundColor (metin rengi), String (Açıklama), Tag (etiket) ve Visible (görünür) özelliklerdir. String kısmında Türkçe karakterler kullanılabilirken Tag kısmında Türkçe karakter kullanımına program izin vermemektedir. “Push button” ikonun diğer özellikleri de kullanılmak istenirse ilgili kaynaklara bakılmalıdır [48].



Şekil 3.11. “Push button”un ikonunun inspector penceresi

Yukarıda da belirtildiği gibi, bu çalışmada programı çalıştıran ikon olarak “push button” kullanılmıştır. “Push button” ikonuna sağ mouse ile tıklandığında bir pencere açılır. Bu pencerenin üzerinde “View Callbacks” yazısı vardır. Bu yazının üzerindeki ok tıklandığında “Callback” yazısı çıkar. “Callback” tıklandığında ise Şekil 3.12.’de görülen program yazma penceresi çıkar. Bu pencereye “dosya_adi.m” olan dosyasının ilgili butona (fonksiyona) ait kısmı gelir. Çağırılan komut ile yaptırılacak işlemler programlama dili ile buraya yazılır.

Şekil 3.12.’de görülen yeşil renkli satırlar açıklamayı gösterirler ve başında % işareti vardır. Mavi renkli kelimeler programlama dilinin fonksiyonunu tanımlar. Siyah olan kelimeler program satırının bir parçasıdır ve programlama dilinin fonksiyonu yada programcı tarafından tanımlanmış bir fonksiyondur. Mor olan renkteki kelimeler ise, bir fonksiyonun alt özelliğidir.

```

200 % --- Executes on button press in motor_tablosu_olustur.
201 function motor_tablosu_olustur_Callback(hObject, eventdata, handles)
202 % hObject handle to motor_tablosu_olustur (see GCBO)
203 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
204 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
205
206 satir_sayisi = (handles.metricdata.maksimum_devir - handles.metricdata.minimum_devir)/100+1;
207 display (satir_sayisi);
208
209 a=(handles.metricdata.minimum_devir);
210 for j=1:1
211     for i=1:satir_sayisi
212         % display (i)
213         % display (j)
214         x(i,j)=a;
215         a=a+100;
216     end
217 end
218 for j=2:2
219     for i=1:satir_sayisi
220         % display (i)
221         % display (j)
222         x(i,j)=0;
223     end
224 end
225 set(handles.motor_tablosu,'visible','on');
226 set(handles.motor_tablosu, 'data', x);
227 set(handles.verileri_kaydet_ve_grafik_ciz,'visible','on');

```

Şekil 3.12. “Callback”un işlemi ile çağrılan program penceresi

3.6. Program Çıktılarının Doğrulanması

Programın en önemli çıktısı “Araç Performans Grafiği” çizimidir. “Araç Performans Grafiği” Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation (MFTBC) dokümanlarıyla [6] karşılaştırılarak doğruluğu teyit edilmiştir. Diğer analizler “Araç Hızı - Motor Devri Grafiğini Çiz”, “Araç Düz Yol Testini Yap”, “Detaylı Araç Performans Grafiğini Çiz”, “Düz ve %8 Eğimli Yol Testini Yap” ve “Pozantı-Tekir Yolu Testini Yap” bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir.

BÖLÜM 4. PROGRAMIN KULLANIMI VE UYGULAMALAR

4.1. Programın Kullanımı

Program motor verileri, şanzıman verileri, diğer araç verileri ve analizler bölümlerinden oluşmaktadır. Program kullanılırken Şekil 3.7.'de verilen programı arayüzünde belirtilen motor verileri, şanzıman verileri ve diğer araç verileri sırayla girilmelidir. Aksi takdirde program hata verecektir. Daha sonra da analizler yapılmalıdır.

Motor verileri; motor minimum devri, motor maksimum devri, maksimum motor torku, maksimum tork motor devri, maksimum motor gücü ve maksimum tork motor devri sırayla girilir ve “Motor Devir ve Torku İçin Tablo Oluştur” butonuna mause ile basılarak tablo oluşturulur. Yeni oluşan tabloya motor tork değerleri girilir ve “Motor Verilerini Kaydet ve Grafiğini Çiz” komutuna basılır. Ekranda motor devir - tork grafiği çizilir ve yeni açılan pencerede ise devir – tork – güç grafiği çizilerek “Şanzıman Oranları İçin Tablo Oluştur” komutu ekrana gelir.

Şanzıman verilerini girmek için “Şanzıman Oranları İçin Tablo Oluştur” komutuna basıldığında şanzıman verilerinin girileceği tablo ekrana gelir. Tabloya şanzıman oranları ve verimler girilerek “Şanzıman Verilerini Kaydet” komutuna basılır. Şanzıman verileri kaydedilerek “Diğer Araç Verileri İçin Tablo Oluştur” komutu ortaya çıkar. Bu komuta basıldığında araç ağırlığı, ön izdüşüm alanı, diferansiyel oranı, taker dinamik yarıçapı, taker yuvarlanma direnç katsayısı, hava direnç katsayısı ve analizler bölümü ortaya çıkar. Bu tabloya ait veriler girilerek analiz çalışması aşamasına geçilir.

Analizler aşamasında “Araç Hızı - Motor Devri Grafiğini Çiz”, “Araç Performans Grafiğini Çiz”, “Araç Düz Yol Testini Yap”, “Detaylı Araç Performans Grafiğini

Çiz”, “Düz ve %8 Eğimli Yol Testini Yap” ve “Pozantı-Tekir Yolu Testini Yap” komutları kullanılarak analizler grafik formatında ekrana gelir.

4.2. Güç Aktarma Organlarını Oluşturan Alternatif Parçalar

Bir aracın güç aktarma organlarını tanımlarken tedarik edilebilecek motor, şanzıman, diferansiyel ve teker araştırılır. Bu çalışmada için aşağıdaki Şekil 4.1.’de verilen güç aktarma organı parçalarının araştırmalar sonunda tedarik edilebildiği var sayılmaktadır.

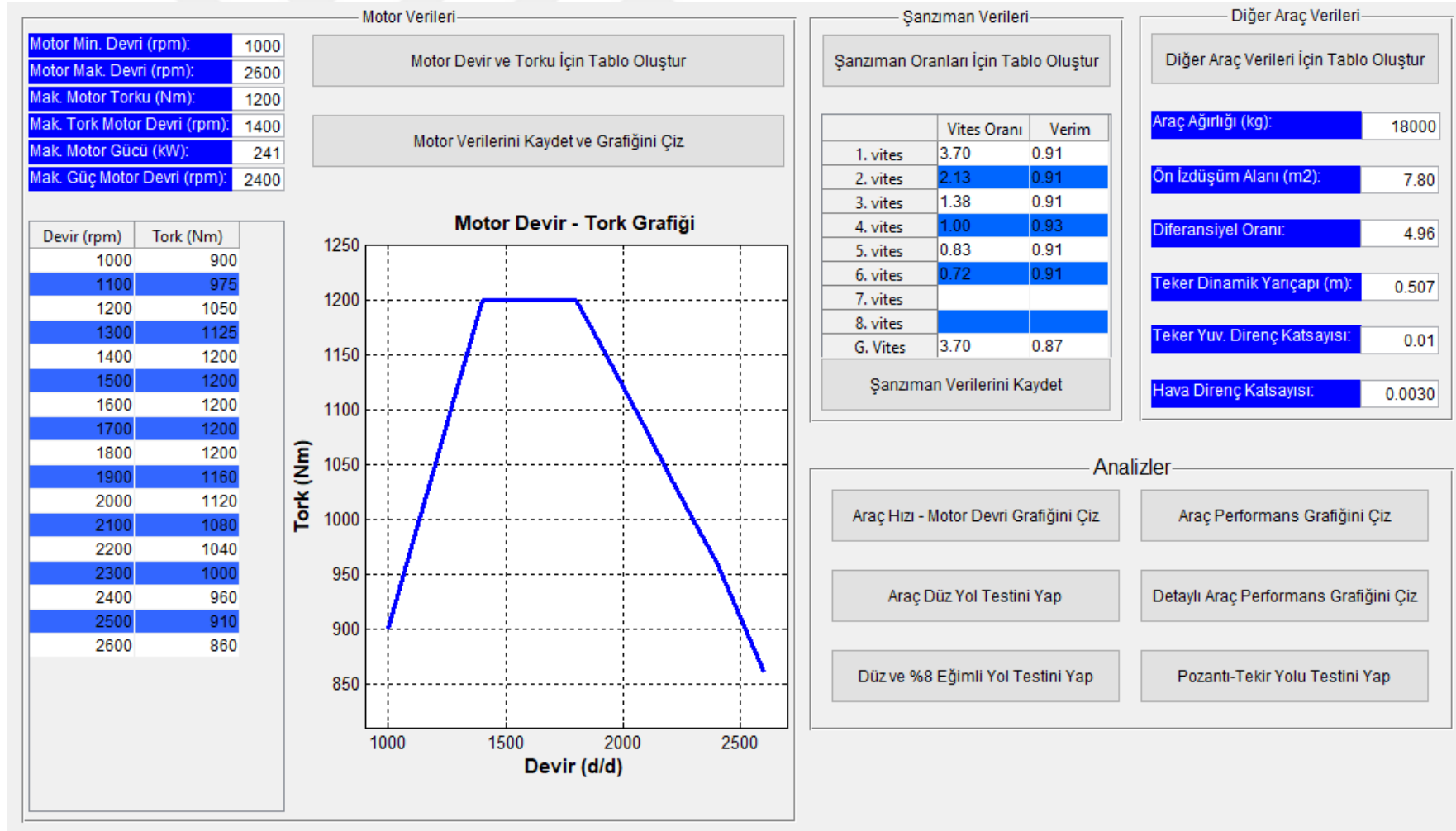
Motor		Şanzıman 1			Şanzıman 2			Diferansiyeller	Teker
6S1200		6VECO			6VUZY				295/80R22.5
Devir (d/d)	Tork (Nm)	Vites No	Vites Oranı	Verim	Vites No	Vites Oranı	Verim		Dinamik Yarıçap (m)
1000	900								
1100	975								
1200	1050							Diferansiyel 1	
1300	1125							D496	
1400	1200							Oran: 4,96	
1500	1200	1	3,70	0,91	1	6,36	0,91		
1600	1200	2	2,13	0,91	2	4,01	0,91		
1700	1200	3	1,38	0,91	3	2,52	0,91	Diferansiyel 2	
1800	1200	4	1,00	0,93	4	1,59	0,91	D558	0,507
1900	1160	5	0,83	0,91	5	1,00	0,93	Oran: 5,58	
2000	1120	6	0,72	0,91	6	0,63	0,91		
2100	1080	G	3,70	0,90	G	0,86	0,90		
2200	1040							Diferansiyel 3	
2300	1000							D620	
2400	960							Oran: 6,20	
2500	910								
2600	860								

Şekil 4.1. Güç aktarma organlarını oluşturan alternatif parçalar

Çalışmanın bundan sonraki aşamasında yukarıdaki Şekil 4.1.’de verilen alternatif parçalar kullanılarak Fırat, Seyhan ve Sakarya araçları tanımlanmaktadır. Bu araçlar birbirleriyle mukayese edilerek güç aktarma organlarının nasıl seçildiği ile ilgili örnekler verilmektedir.

4.3. Fırat Aracı Güç Aktarma Organlarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi

Fırat aracını oluşturan güç aktarma organları aşağıdaki Tablo 4.1.’de verilmektedir. Bu tablodaki motor, şanzıman, diferansiyel ve tekerin kullanıldığı program arayüzü Şekil 4.2.’de verilmektedir.

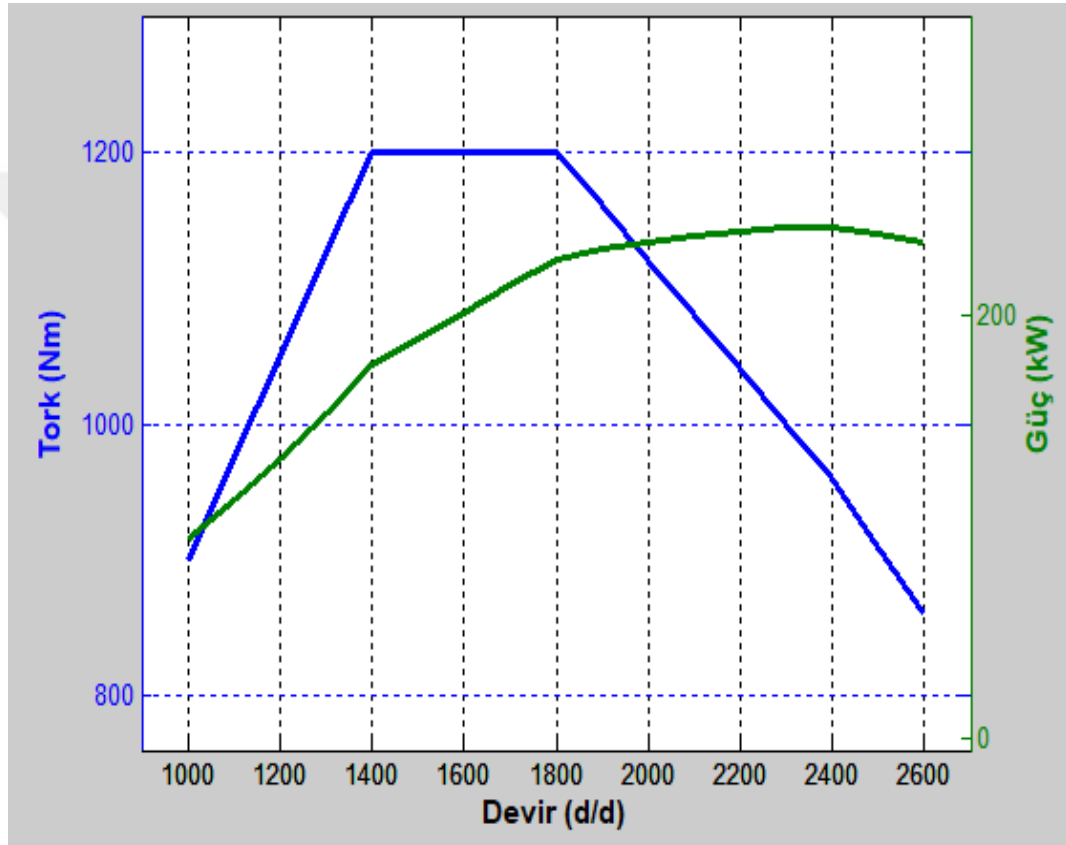


Şekil 4.2. Fırat aracı güç aktarma organları seçim programı arayüzü

Tablo 4.1. Fırat aracının güç aktarma organları tablosu

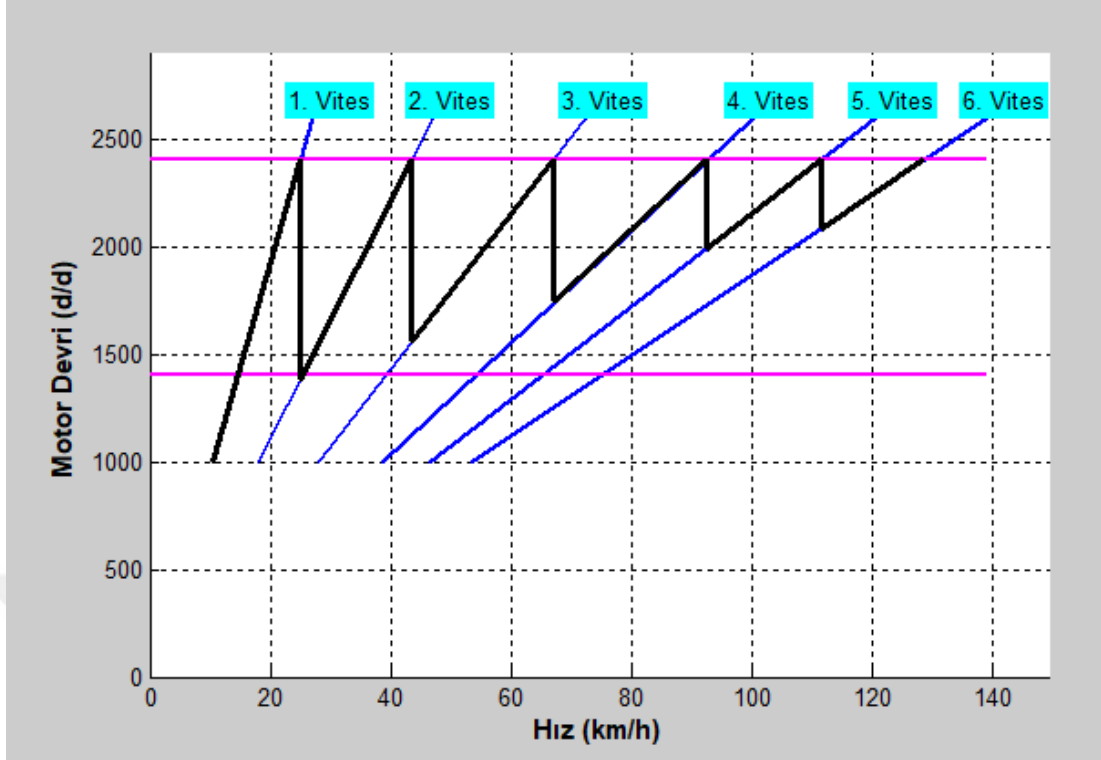
Motor	Şanzıman	Diferansiyel	Teker
6S1200	6VECO	D496	295/80R22.5

Programın “Motor Verilerini Kaydet ve Grafiğini Çiz” butonuna basıldığında Şekil 4.2. programın ara yüzünde görülen “motor devir – tork grafiği” çizilir. Ayrıca yeni açılan pencere de ise; Şekil 4.3.’de görülen motor devir – tork – güç grafiği çizilir.



Şekil 4.3. Fırat aracı motor devir – tork – güç grafiği

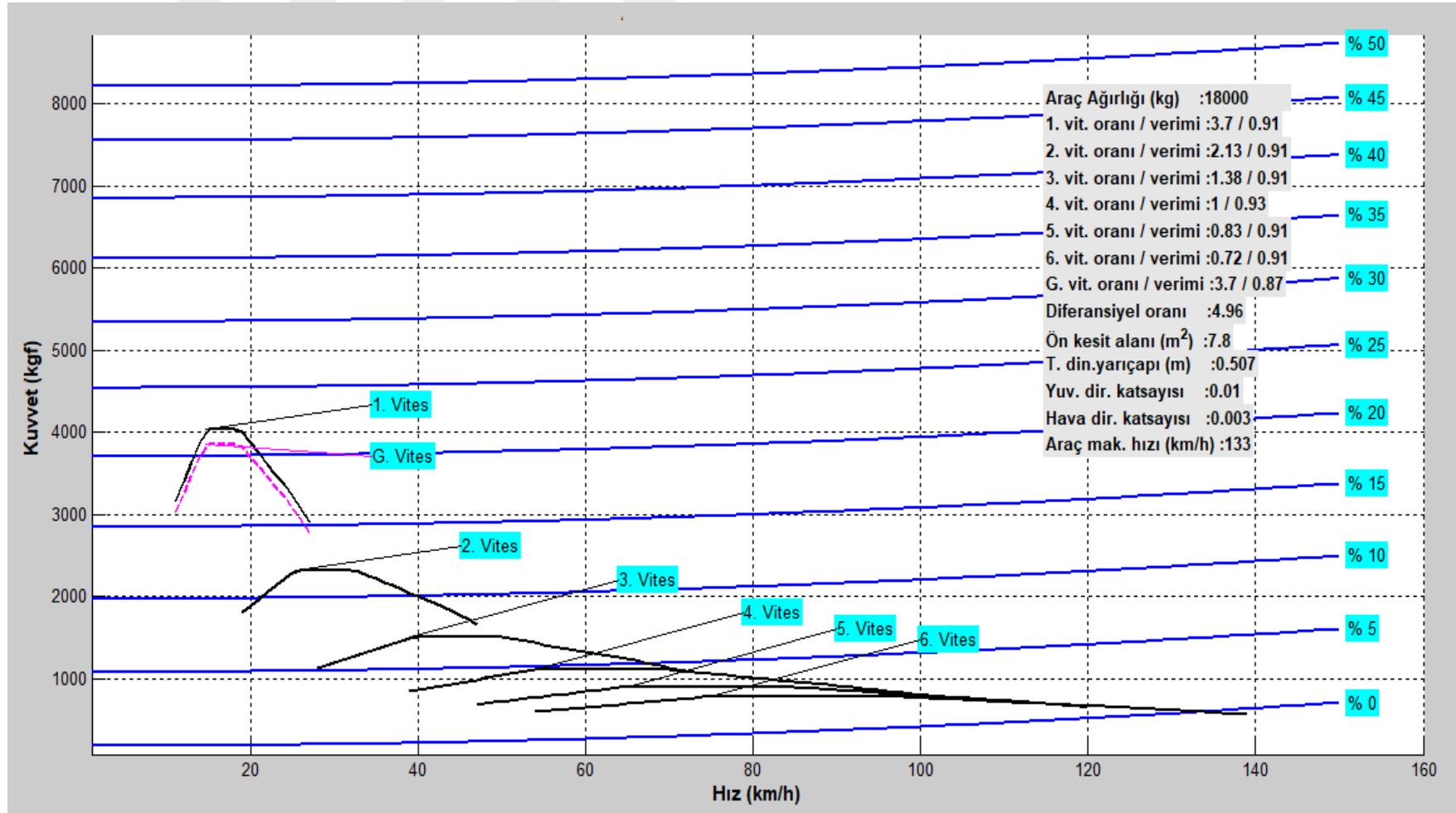
Programın “Araç Hızı – Motor Devri Grafiğini Çiz” butonuna basıldığında yeni açılan pencere de ise; Şekil 4.4.’de görülen Fırat aracı hız – motor devri grafiği çizilir. Bu grafik aracın hızına göre ideal olarak her vitesin hangi hızlarda kullanıldığını göstermektedir. Araç hız – motor devri grafiği şanzımanın vites oranlarının dizayn parametrelerini gösterdiği için çok önemlidir. Şanzımanın vites geçiş oranlarının uyumluluğu, sürüş esnasında maksimum motor torkunun etkin kullanılıp kullanılmadığı, aracın yakıt ekonomisi yapıp yapmadığı bu grafikten anlaşılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı bu grafiğin çok iyi yorumlanması gerekir.



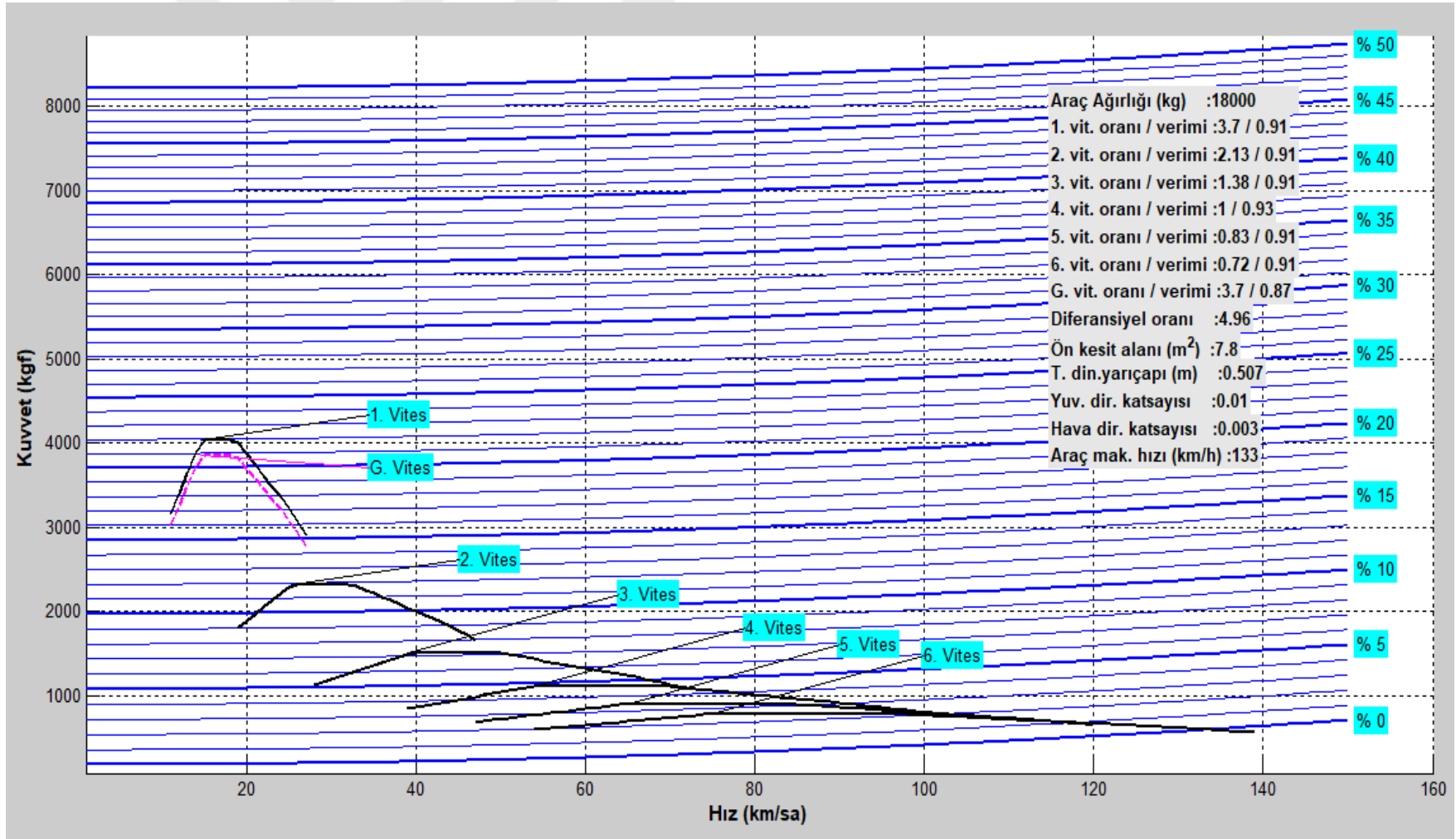
Şekil 4.4. Fırat aracı hız – motor devri grafiği

Programın “Araç Performans Grafiğini Çiz” butonuna basıldığında yeni açılan pencere de ise; Şekil 4.5.’de görülen Fırat aracı performans grafiği çizilir. Programın “Detaylı Araç Performans Grafiğini Çiz” butonuna basıldığında yeni açılan pencere de ise; Şekil 4.6.’da görülen Fırat aracı detaylı performans grafiği çizilir. Araç performans grafiğinde her % 5 eğimde direnç kuvvetlerinin grafiği çizilirken detaylı araç performans grafiğinde her % 1 eğimde direnç kuvvetlerinin grafiği çizilmektedir.

Fırat aracının performans grafikleri değerlendirildiğinde, araç 1. viteste % 22 eğimi tırmanırken 6. viteste 133 km/h hız yapmaktadır. Bu araç düz yollar için yakıt ekonomisi sağlayan yüksek hızlı bir araçken, rampaların çok olduğu bir yolda ivmelenmesi yavaş çekiş problemi olan bir araçtır. Fırat aracı rampların çok olduğu bir yolda kullanılmak istenirse, iyileştirme yapmanın en kolay yöntemi diferansiyel oranını büyötmek olacaktır. Bu da aşağıda tanımlanan Seyhan aracında yapılmaktadır.



Şekil 4.5. Fırat aracı performans grafiği



Şekil 4.6. Fırat aracı detaylı performans grafiği

4.4. Seyhan Aracı Güç Aktarma Organlarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi

Seyhan aracını oluşturan güç aktarma organları aşağıdaki Tablo 4.2’de verilmektedir. Bu tablodaki motor, şanzıman, diferansiyel ve tekerin kullanıldığı program arayüzü Şekil 4.7.’de verilmektedir. Fırat aracının diferansiyel oranı 4,96 iken Seyhan aracının diferansiyel oranı 6,20’dir ve iki araç arasında tek fark diferansiyel oranıdır.

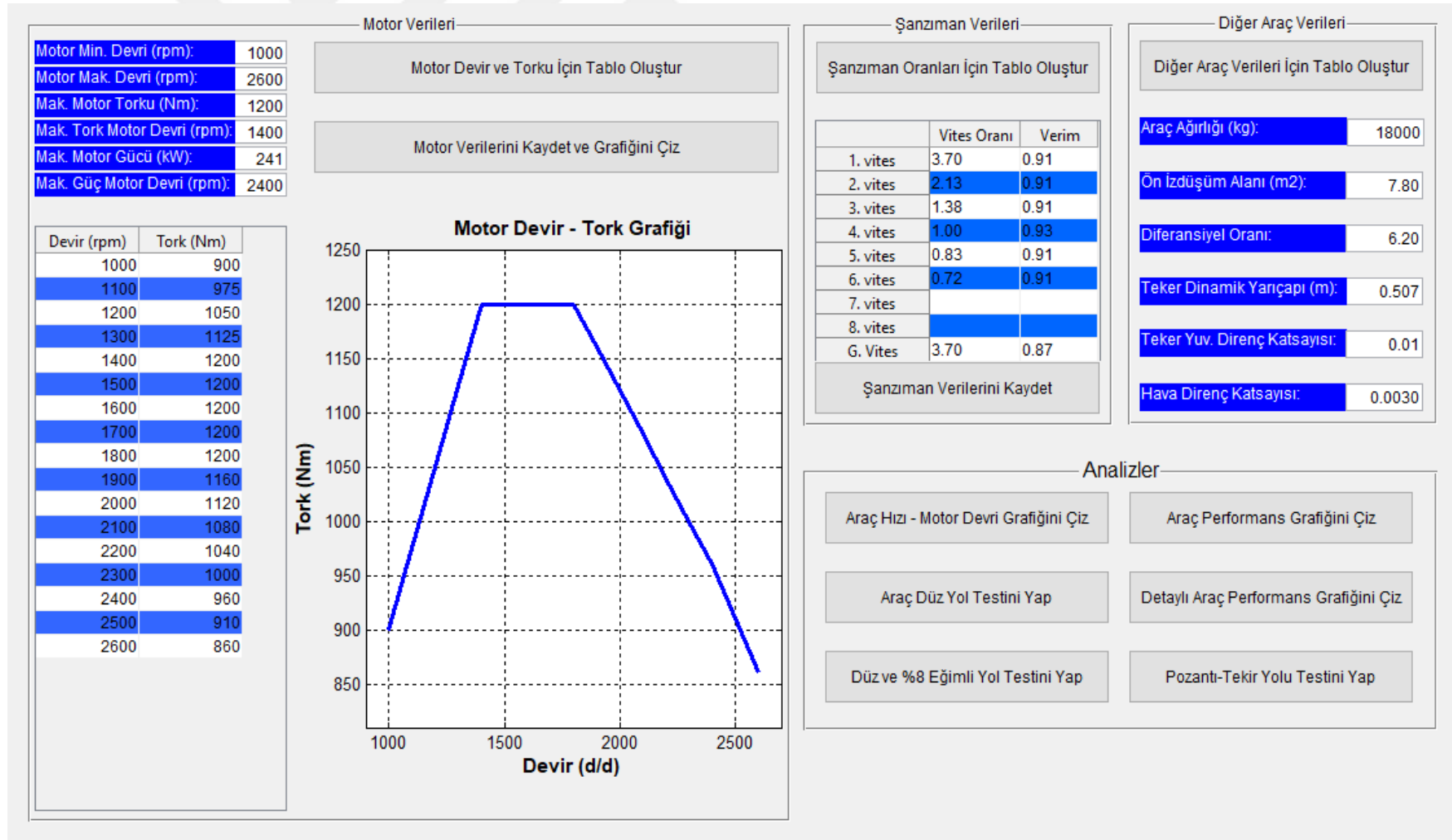
Tablo 4.2. Seyhan aracının güç aktarma organları tablosu

Motor	Şanzıman	Diferansiyel	Teker
6S1200	6VECO	D620	295/80R22.5

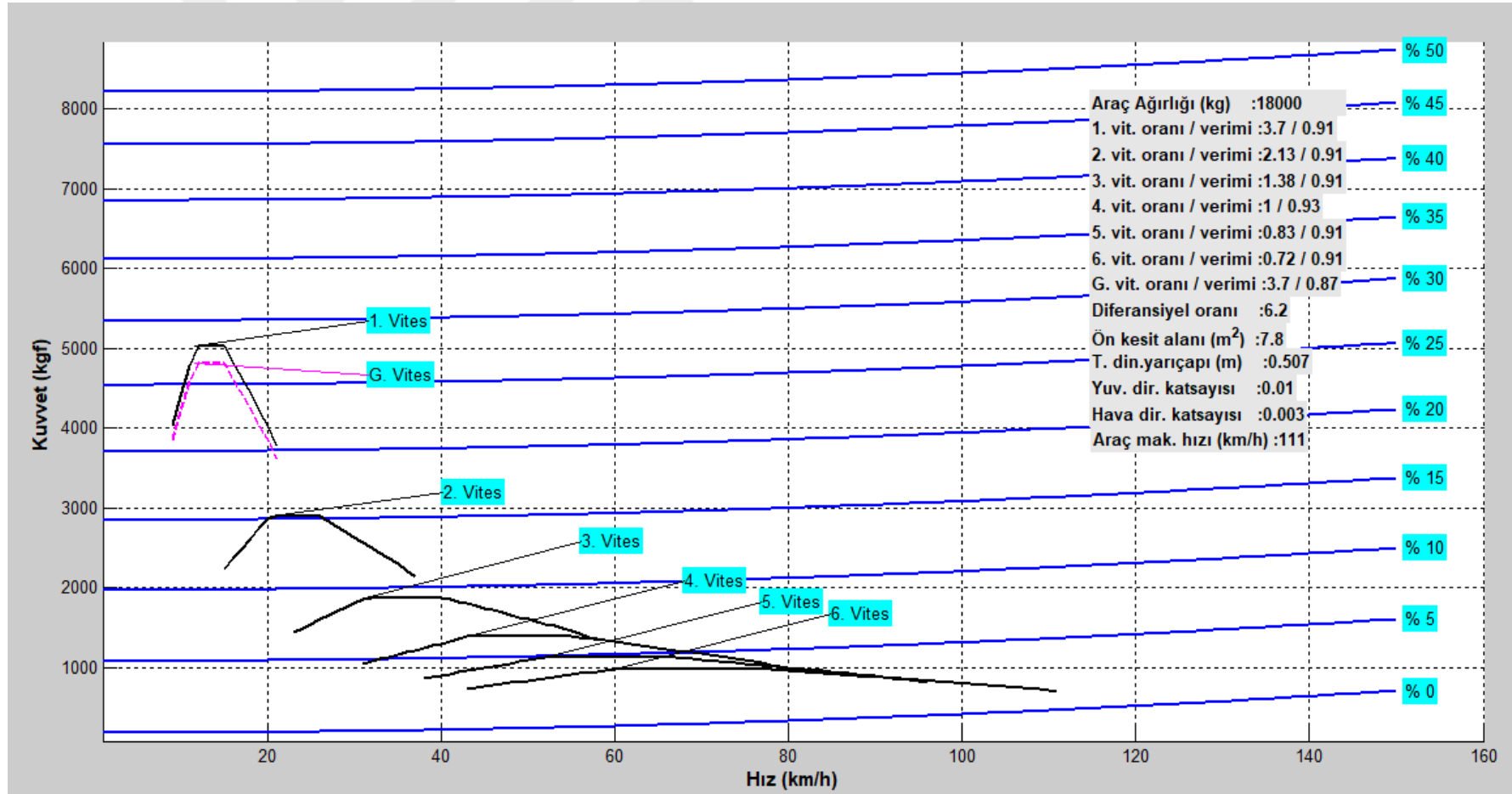
Seyhan aracının performans grafikleri Şekil 4.8. ve Şekil 4.9. incelenip, Fırat aracının performans grafikleri ile karşılaştırıldığında; Fırat aracının 1. viteste maksimum tırmanma kabiliyeti % 22 iken Seyhan aracının 1. viteste maksimum tırmanma kabiliyeti % 28 olduğu görülür. Fırat aracının 6. viteste maksimum hızı 133 iken Seyhan aracının 6. viteste maksimum hızı 111 km/h olmuştur. Yani diferansiyel oranını büyütmek her vitesteki araç çekme kuvvetlerini arttırırken, araç hızlarını düşürmektedir.

Maksimum hız açısından Seyhan aracının performans grafikleri Şekil 4.8. ve Şekil 4.9. incelendiğinde 6. vites çekme kuvveti eğrisi % 0 eğimde (düz yolda) direnç kuvvetleri eğrisini kesmemektedir. Bu da seçilen şanzıman, diferansiyel ve teker oranları için motor devrinin yeterli olmadığını göstermektedir. Araç düz yolda (% 0 eğimde) ilerlerken araç ivmelenmek isteyecek, fakat motorun devri yeterli olmayacağı için araç hızlanamayarak maksimum 111 km/h hızda kalacaktır.

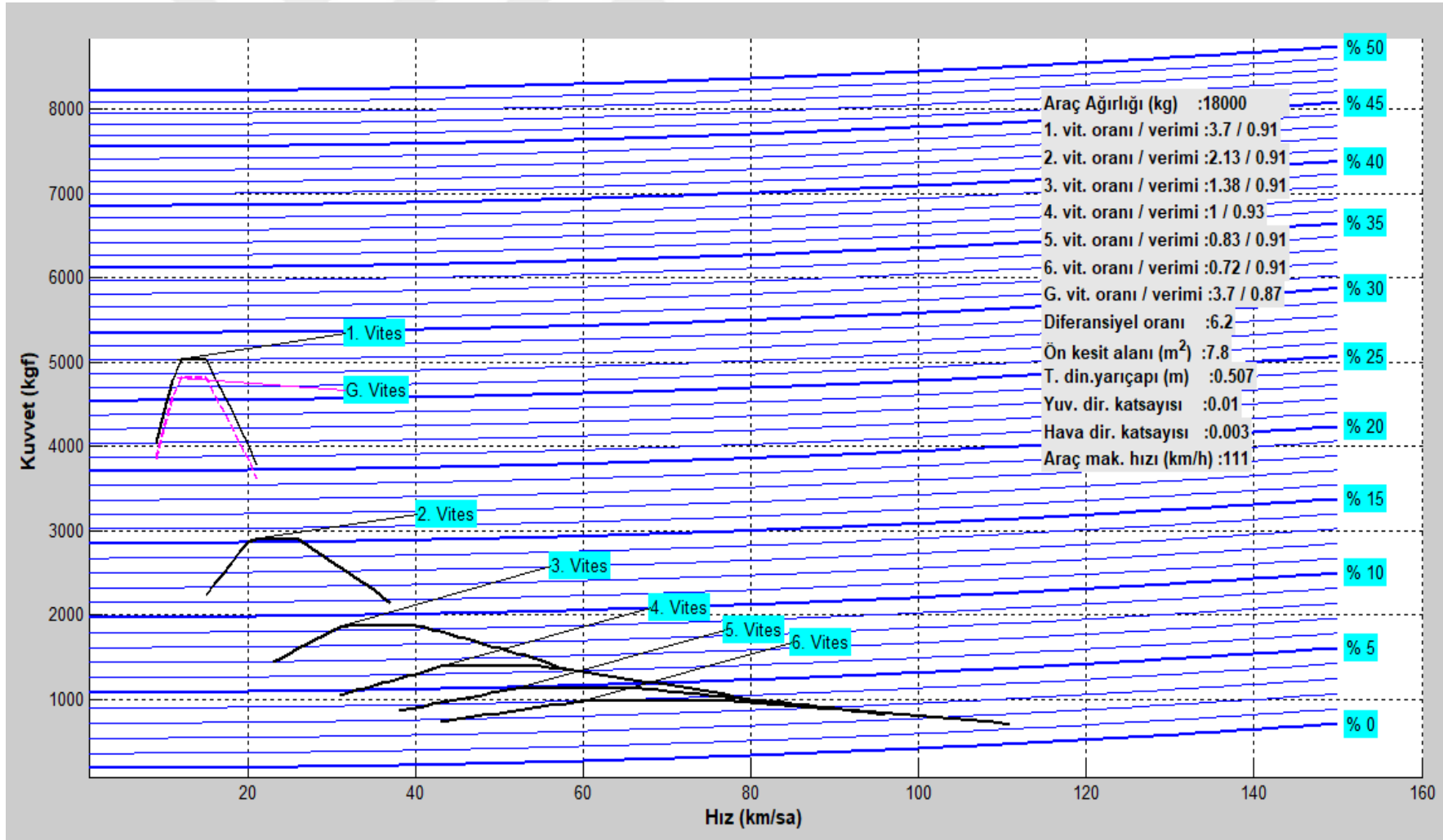
Seyhan aracı rampların çok olduğu bir yolda kullanılmak istenirse, Fırat aracından daha iyi performans gösterir. Ancak ülkemiz gibi çok farklı rampaların olduğu bir yol için Seyhan aracı da iyi bir çözüm değildir. Daha iyi bir çözümü bulmak için şanzımanında değiştirilmesi gerekmektedir. Bu da aşağıda tanımlanan Sakarya aracında yapılmaktadır.



Şekil 4.7. Seyhan aracı güç aktarma organları seçim programı arayüzü



Şekil 4.8. Seyhan aracı performans grafiği



Şekil 4.9. Seyhan aracı detaylı performans grafiği

4.5. Sakarya Aracı Güç Aktarma Organlarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi

Sakarya aracını oluşturan güç aktarma organları aşağıdaki Tablo 4.3.'de verilmektedir. Bu tablodaki motor, şanzıman, diferansiyel ve tekerin kullanıldığı program arayüzü Şekil 4.10.'da verilmektedir.

Tablo 4.3. Sakarya aracının güç aktarma organları tablosu

Motor	Şanzıman	Diferansiyel	Teker
6S1200	6VUZY	D558	295/80R22.5

Sakarya aracının şanzıman grafiği Şekil 4.11.'de görüldüğü gibi, Şekil 4.4.'de görülen Fırat ve Seyhan araçların şanzıman grafiğinden farklıdır. Fırat ve Seyhan araçlarının vites değiştirme devirleri yüksek iken, Sakarya aracının vites değiştirme devri düşüktür. Dizel motorlu araçlarda düşük devirlerle tork yüksek olduğu için Şekil 4.11.'de grafiği verilen şanzıman otobüs gibi ağır vasıtalar için uygun iken Şekil 4.4.'de verilen şanzıman torkları yüksek devirlerde olan benzinli otomobiller için daha uygundur.

Sakarya aracının performans grafikleri Şekil 4.12. ve Şekil 4.13. incelenip, Fırat ve Seyhan aracının performans grafikleri ile karşılaştırıldığında; Sakarya aracının 1. viteste maksimum tırmanma kabiliyeti % 47'dir. Önceki bölümlerde belirtildiği gibi, Fırat aracının 1. viteste maksimum tırmanma kabiliyeti % 22, Seyhan aracının 1. viteste maksimum tırmanma kabiliyeti % 28'dir.

Sakarya aracının 6. viteste hızı 134 km/h iken Fırat aracının 6. viteste maksimum hızı 133 km/h, Seyhan aracının 6. viteste maksimum hızı 111 km/h'dir. Sakarya aracının maksimum hızı Fırat aracı ile neredeyse aynı iken, Seyhan aracının maksimum hızından oldukça yüksektir.

Sakarya aracı rampalarda ve düz yolda hem Fırat aracından hemde Seyhan aracından performansı daha iyidir. Ülkemiz gibi çok farklı rampaların olduğu bir yol için Sakarya aracı uygun bir çözümdür. Ancak yakıt sarfiyatına dikkat edilmelidir.

Motor Verileri

Motor Min. Devri (rpm): 1000

Motor Mak. Devri (rpm): 2600

Mak. Motor Torku (Nm): 1200

Mak. Tork Motor Devri (rpm): 1400

Mak. Motor Gücü (kW): 241

Mak. Güç Motor Devri (rpm): 2400

Motor Devir ve Torku İçin Tablo Oluştur

Motor Verilerini Kaydet ve Grafiğini Çiz

Devir (rpm)Tork (Nm)

1000	900
1100	975
1200	1050
1300	1125
1400	1200
1500	1200
1600	1200
1700	1200
1800	1200
1900	1160
2000	1120
2100	1080
2200	1040
2300	1000
2400	960
2500	910
2600	860

Motor Devir - Tork Grafiği

Şanzıman Verileri

Şanzıman Oranları İçin Tablo Oluştur

	Vites Oranı	Verim
1. vites	6.36	0.91
2. vites	4.01	0.91
3. vites	2.52	0.91
4. vites	1.59	0.91
5. vites	1.00	0.93
6. vites	0.63	0.91
7. vites		
8. vites		
G. Vites	6.36	0.87

Şanzıman Verilerini Kaydet

Diğer Araç Verileri

Diğer Araç Verileri İçin Tablo Oluştur

Araç Ağırlığı (kg):	18000
Ön İzdüşüm Alanı (m2):	7.80
Diferansiyel Oranı:	5.58
Teker Dinamik Yarıçapı (m):	0.507
Teker Yuv. Direnç Katsayısı:	0.01
Hava Direnç Katsayısı:	0.0030

Analizler

Araç Hızı - Motor Devri Grafiğini Çiz

Araç Performans Grafiğini Çiz

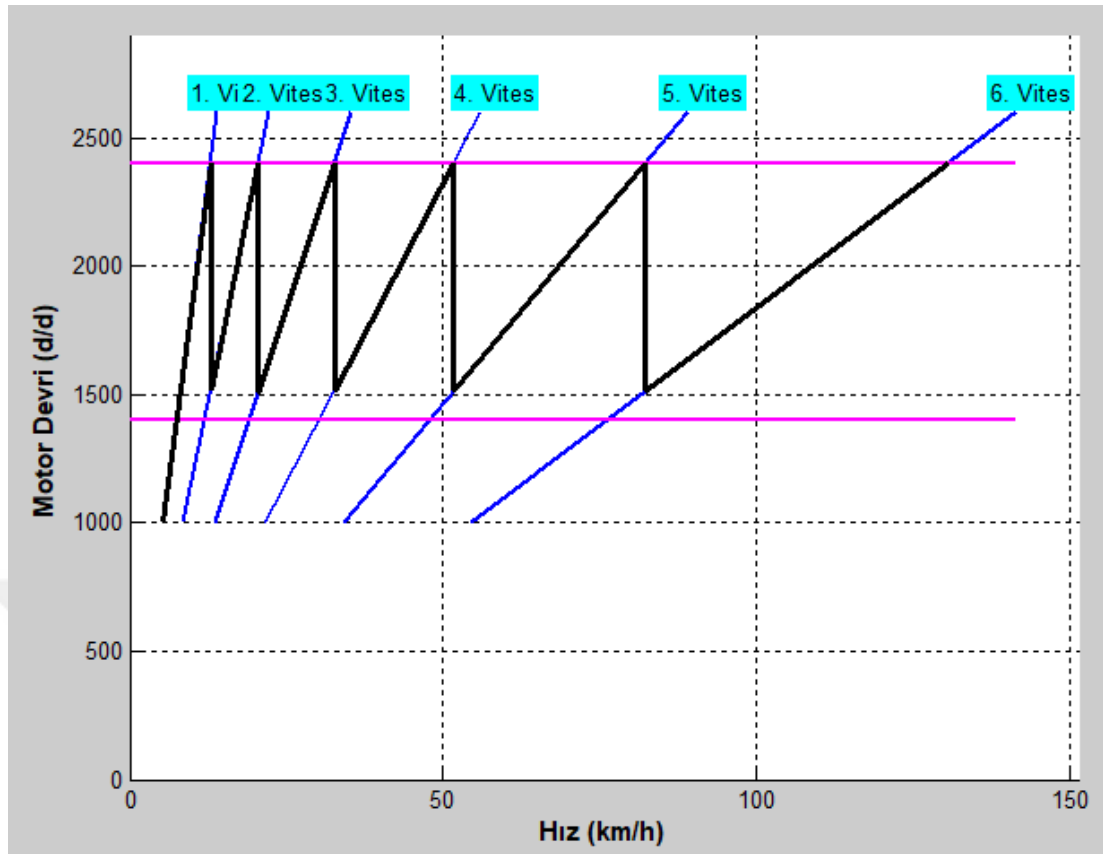
Araç Düz Yol Testini Yap

Detaylı Araç Performans Grafiğini Çiz

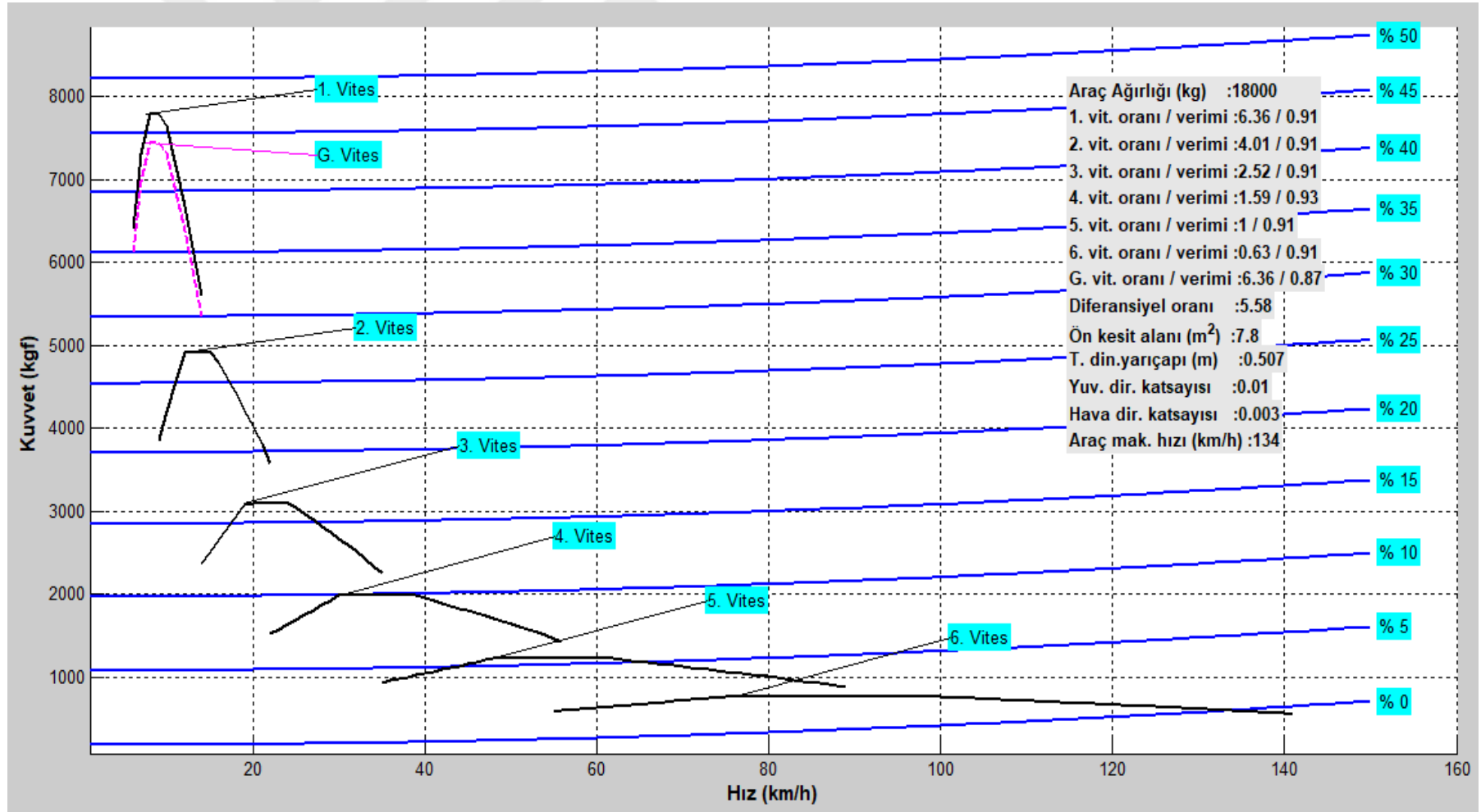
Düz ve %8 Eğimli Yol Testini Yap

Pozantı-Tekir Yolu Testini Yap

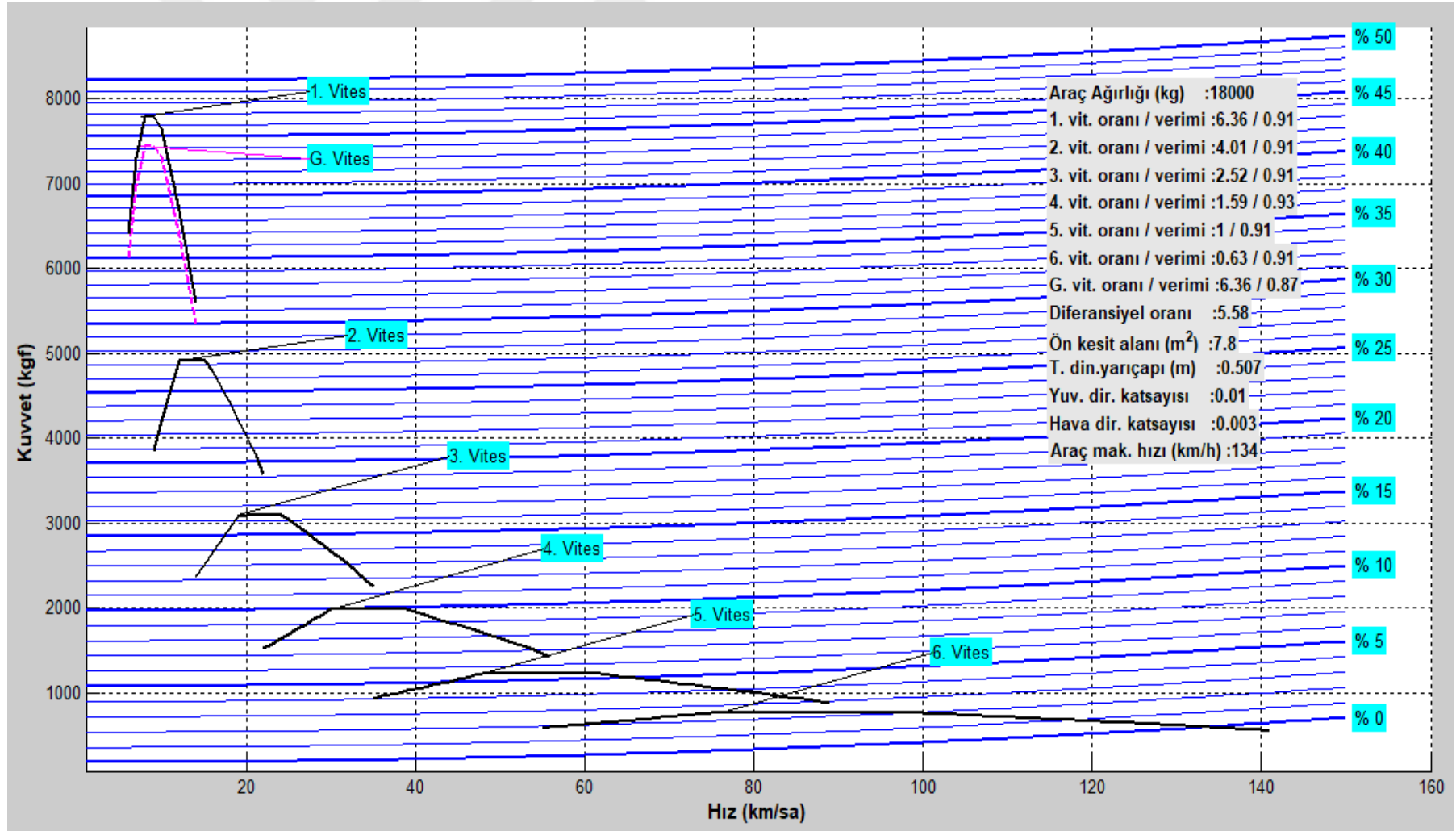
Şekil 4.10. Sakarya aracı güç aktarma organları seçim programı arayüzü



Şekil 4.11. Sakarya aracı hız – motor devri grafiği



Şekil 4.12. Sakarya aracı performans grafiği



Şekil 4.13. Seyhan aracı detaylı performans grafiği

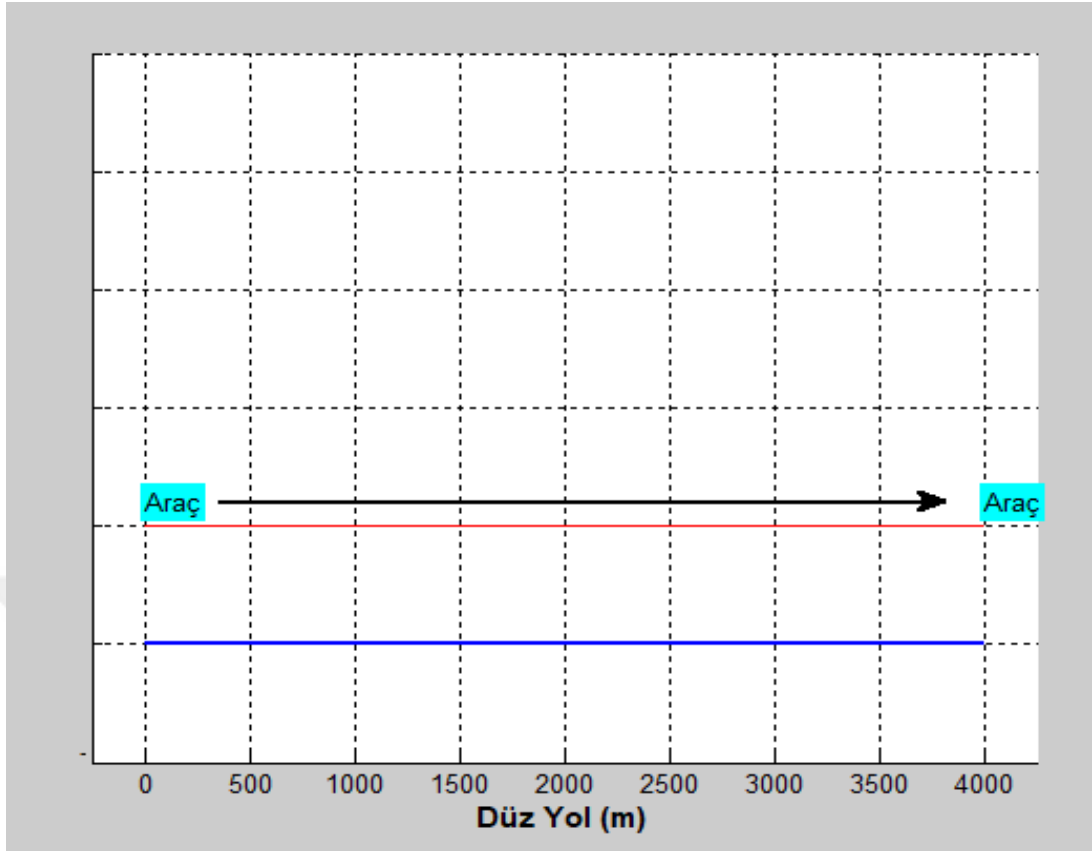
4.6. Program ile Yol Testlerinin Yapılması

Güç Aktarma Organları Seçim (GAOS) programında “Araç Düz Yol Testi”, “Araç Düz ve % 8 Eğimli Yol Testi” ve “Pozantı – Tekir Yolu Testi” olmak üzere üç test bulunmaktadır. Program ile araçların düz, düz ve sabit %8 eğimli yollarda testi yapıldıktan sonra % 0 eğimden başlayarak % 10 eğime kadar değişen Türkiye’nin zorlu yollarından bir olan Pozantı – Tekir rampası Google Earth yardımıyla alınan yol verileri programın içine yerleştirilmiştir.

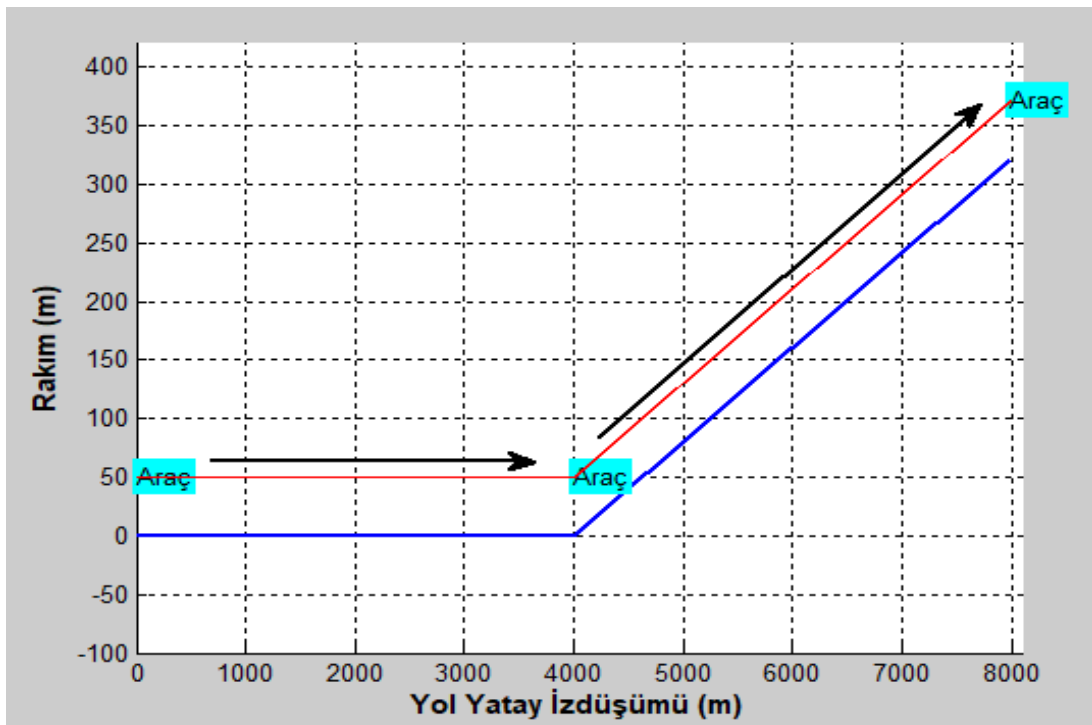
Programın çalışması sonucunda elde edilen grafik sayısının çok olması nedeni ile bu çalışmada sadece Sakarya aracının grafikleri verilmektedir.

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.14. Sakarya aracı düz yol testinin gösterimi ilk sırada ekrana gelir. “Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.15. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin gösterimi ilk sırada ekrana gelir. “Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.16. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin gösterimi ilk sırada ekrana gelir. Bu şekiller testlerin nasıl bir yolda yapıldığını göstermektedir. Şekil üzerindeki oklar aracın gittiği yönü göstermek amacı ile el ile sonradan ilave edilmiştir.

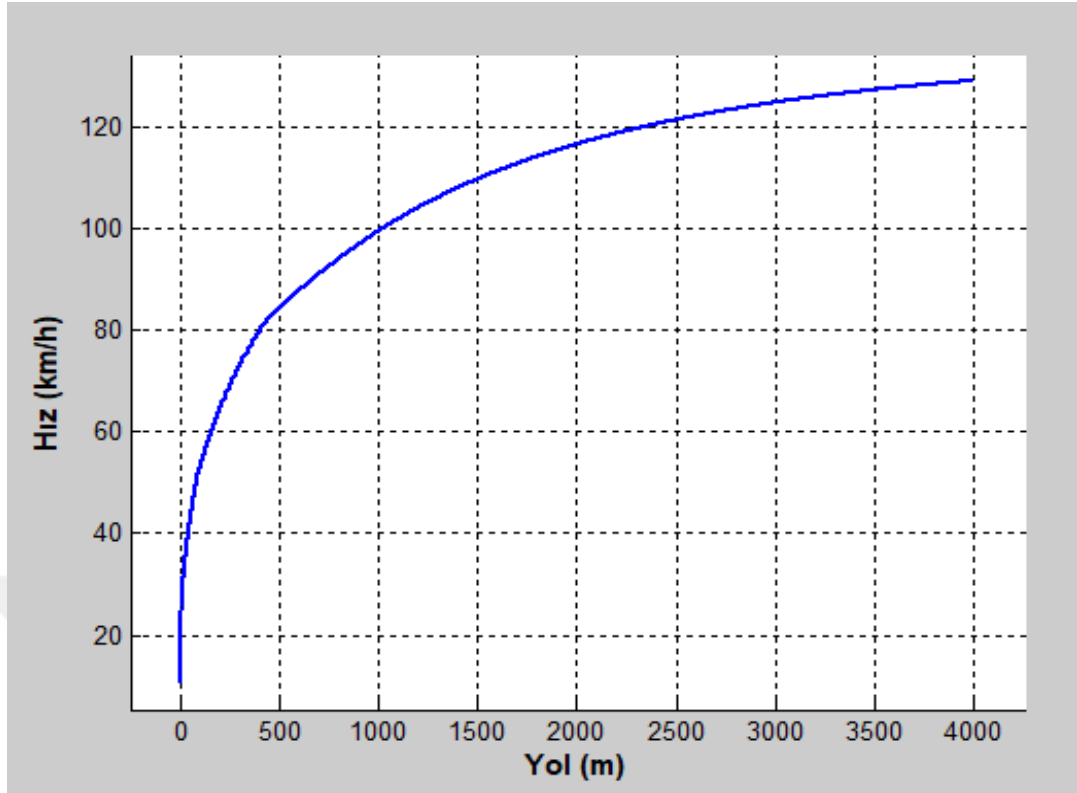
Düz yol, her aracın nasıl gittiği ile ilgili önemli bilgiler sağlamaktadır. Özellikle bir aracın maksimum hızı düz yola göre tespit edilir. Düz yoldan % 8 eğimli bir yola geçen aracın davranışı özellikle Türkiye yolları için önemli veriler sağlamaktadır. Pozantı – Tekir yolu Türkiye’nin zorlu rampalarından biridir ve 15 km gibi kısa mesafede % 0 eğimden % 10 eğimlere kadar değişmektedir. Pozantı – Tekir yolu Adana – Ankara otabanı üzerinde bulunmaktadır. Dolayısı ile şehirlerarası yol yapan araçlar için yaygın kullanımı olan önemli bir güzergâhtır. Bu nedenlerden dolayı program yapılırken düz yol, düz yol ve % 8 eğimli yol ve Pozantı – Tekir yolu programın içine konmuştur. Yol testleri sonucunda elde edilen grafikler iyi değerlendirilirse, aracın güç aktarma organlarının seçiminde hata yapılmaz ve müşterinin isteği araç performansı sağlanır.



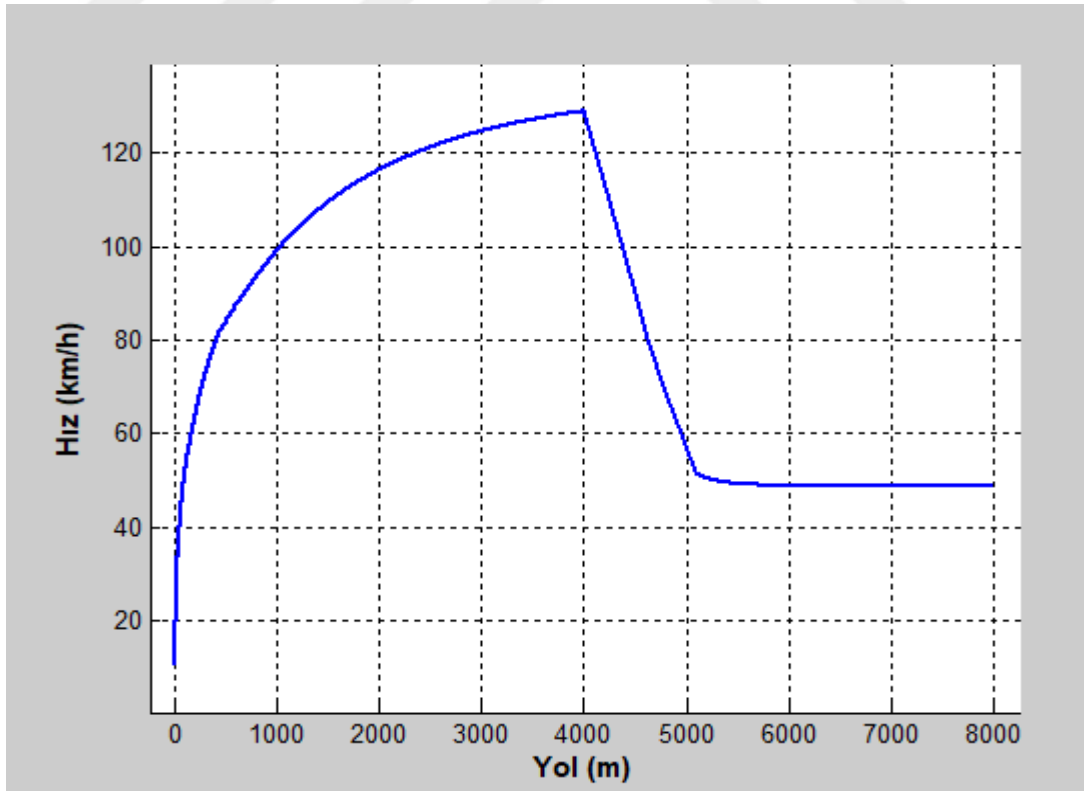
Şekil 4.14. Sakarya aracı düz yol testinin gösterimi



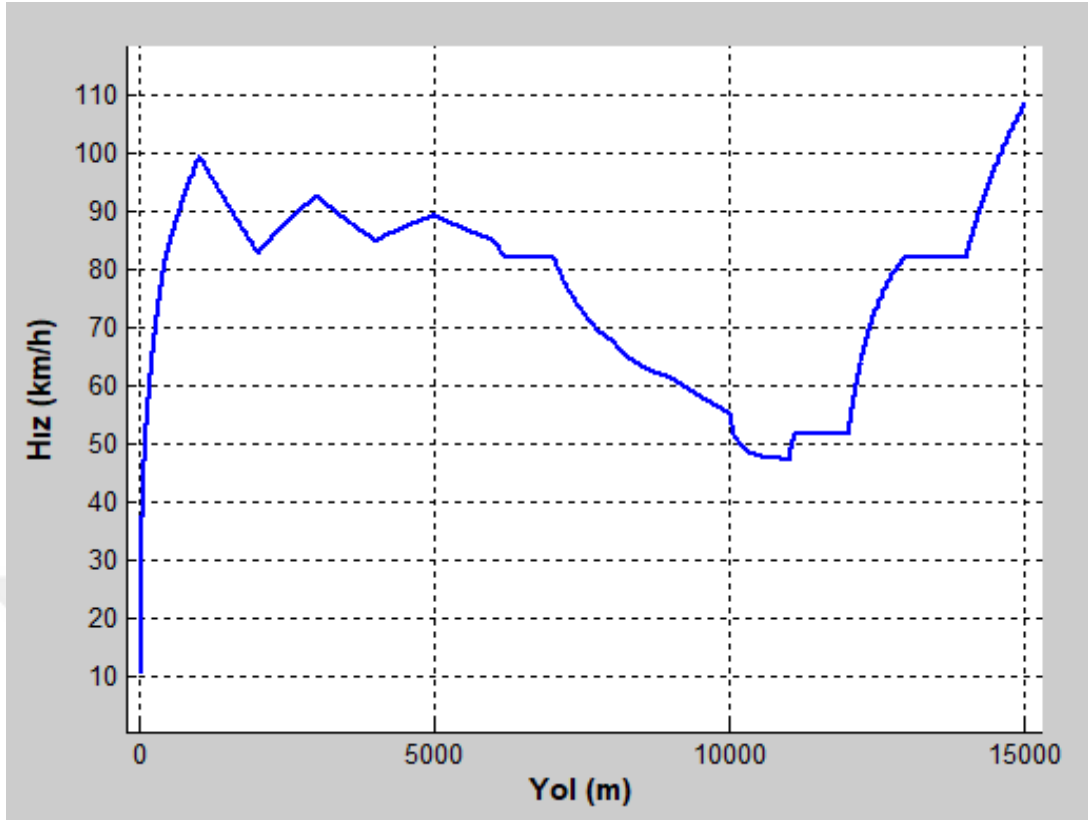
Şekil 4.15. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin gösterimi



Şekil 4.17. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-hız” grafiği



Şekil 4.18. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-hız” grafiği

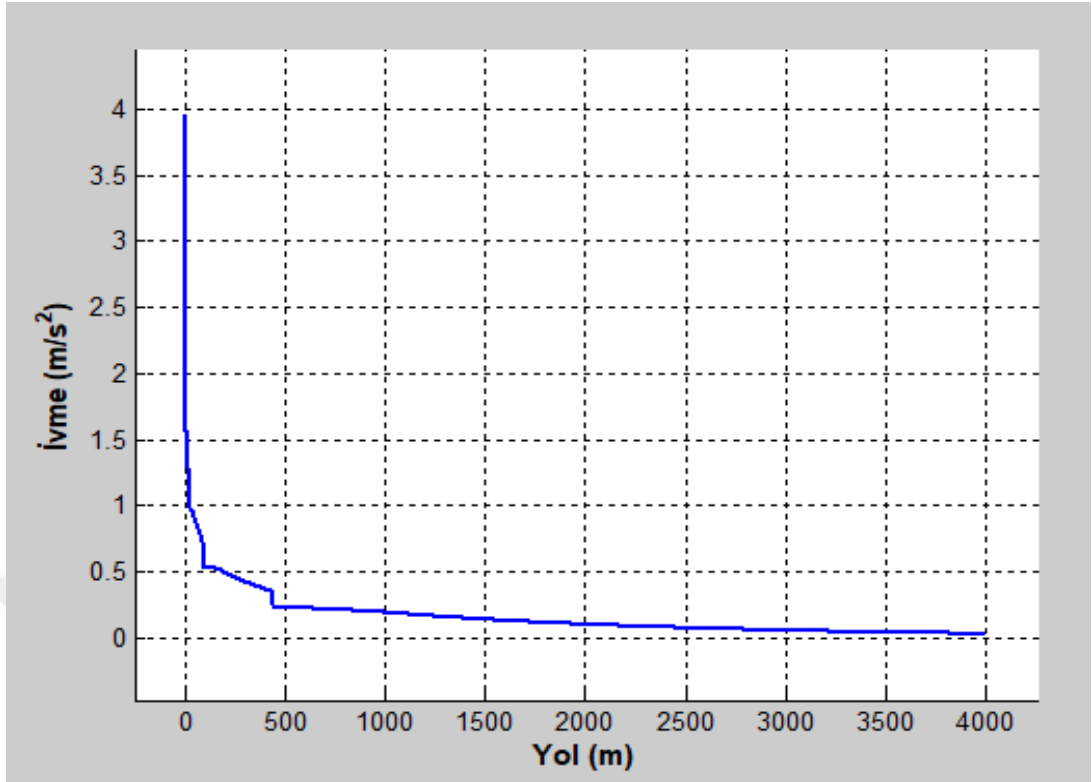


Şekil 4.19. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-hız” grafiği

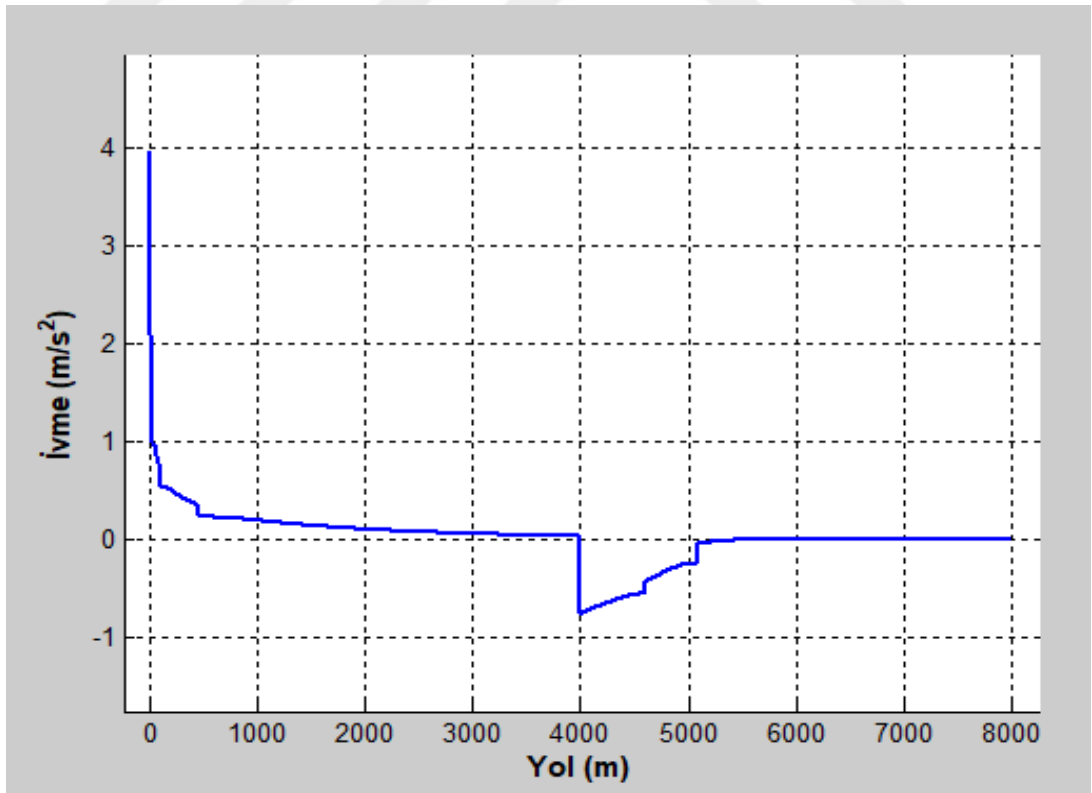
Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.20. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-ivme” grafiği üçüncü sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın ivmesinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.21. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-ivme” grafiği üçüncü sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın ivmesinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

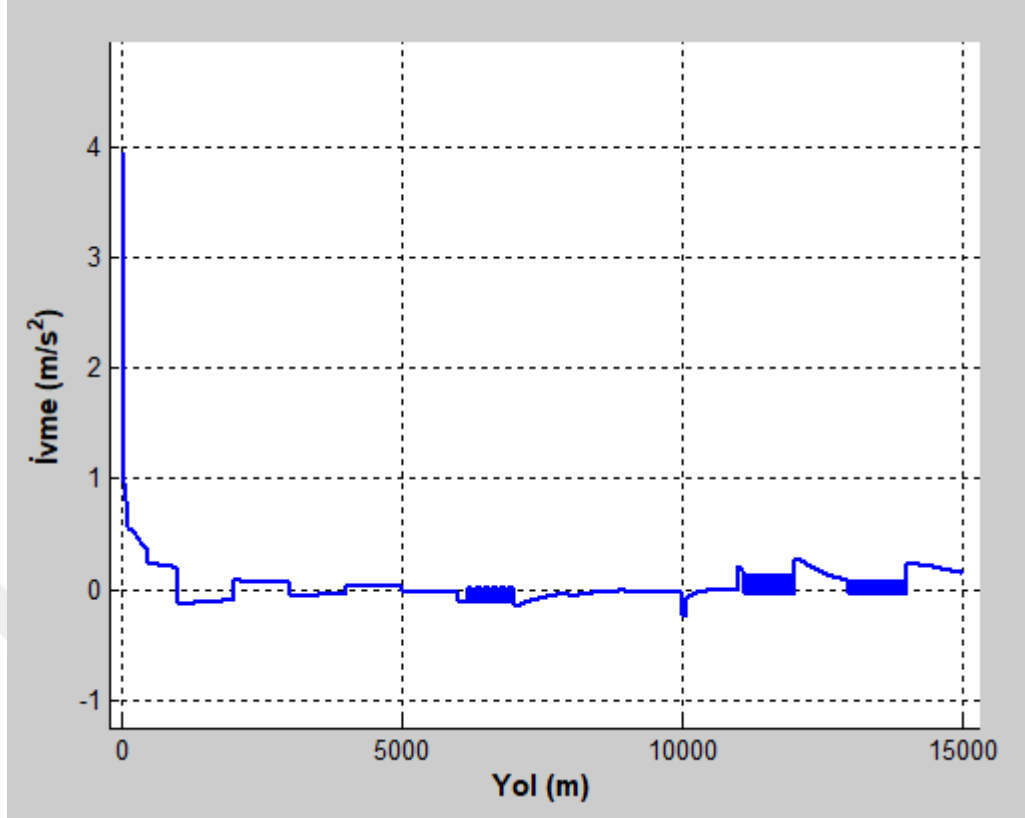
“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.22. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-ivme” grafiği üçüncü sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın ivmesinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir. Grafikte aşağı yukarı sık çizgilerin olduğu yerler, yolun bir üst vitese geçmek için uygun olduğunu, ancak üst vitese geçildiğinde yeterli çekme kuvvetinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.20. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-ivme” grafiği



Şekil 4.21. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-ivme” grafiği

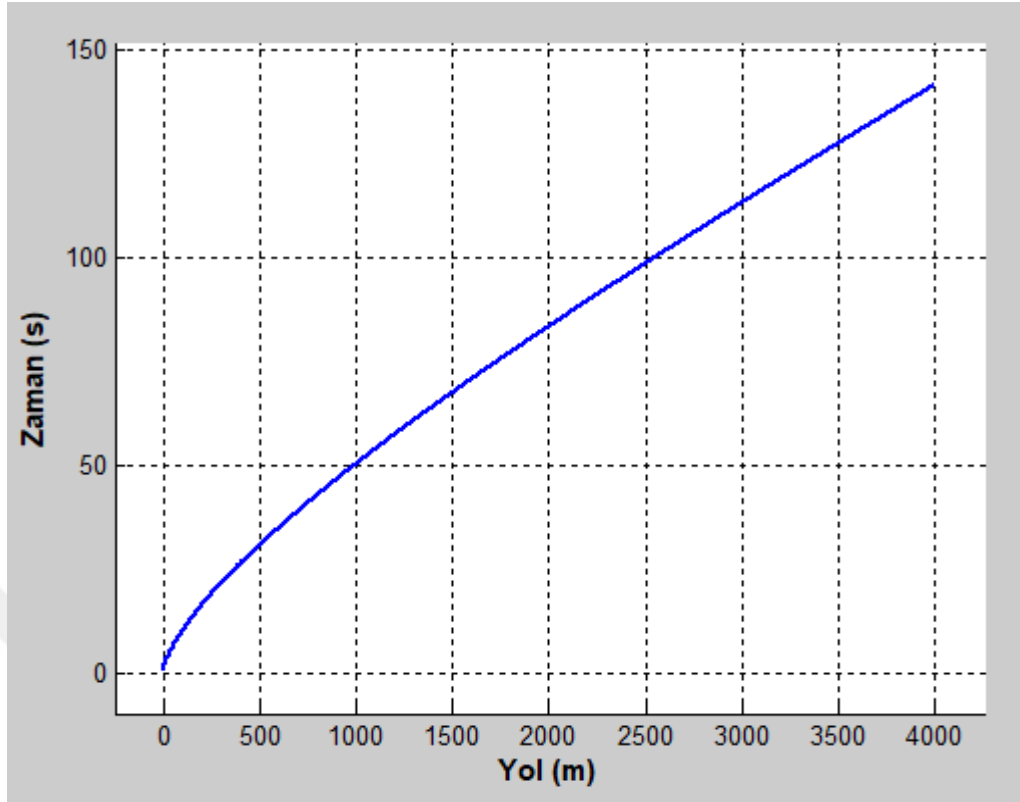


Şekil 4.22. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-ivme” grafiği

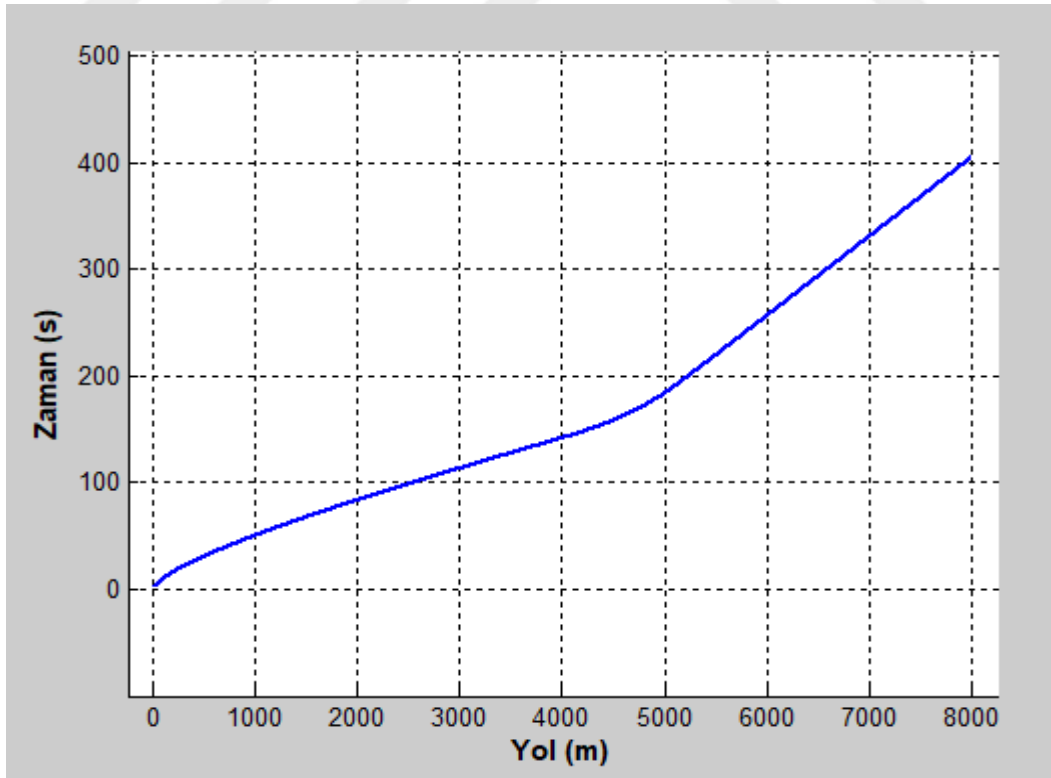
Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.23. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-zaman” grafiği 4. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.24. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-zaman” grafiği 4. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

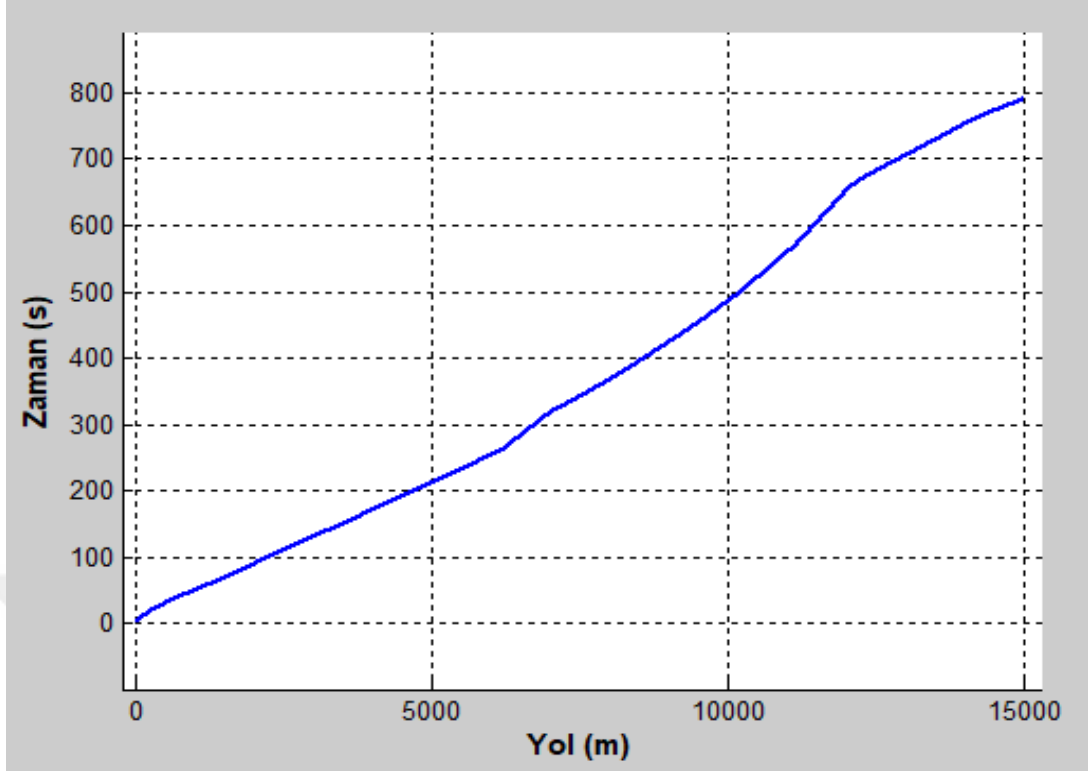
“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.25. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-zaman” grafiği 4. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir. Grafikte yolun eğimi düştüğünde yol-zaman eğrisinin eğiminin azaldığı, yolun eğimi arttığında yol-zaman eğrisinin eğiminin arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 4.23. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-zaman” grafiği



Şekil 4.24. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-zaman” grafiği

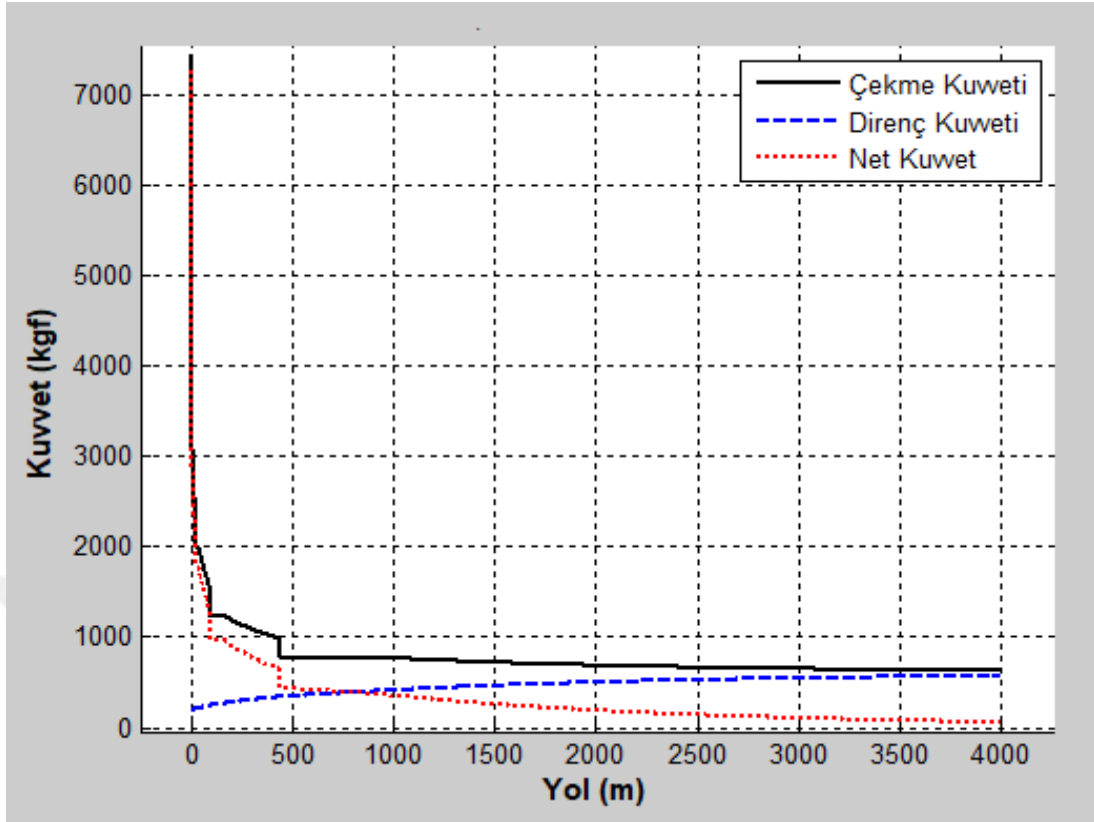


Şekil 4.25. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-zaman” grafiği

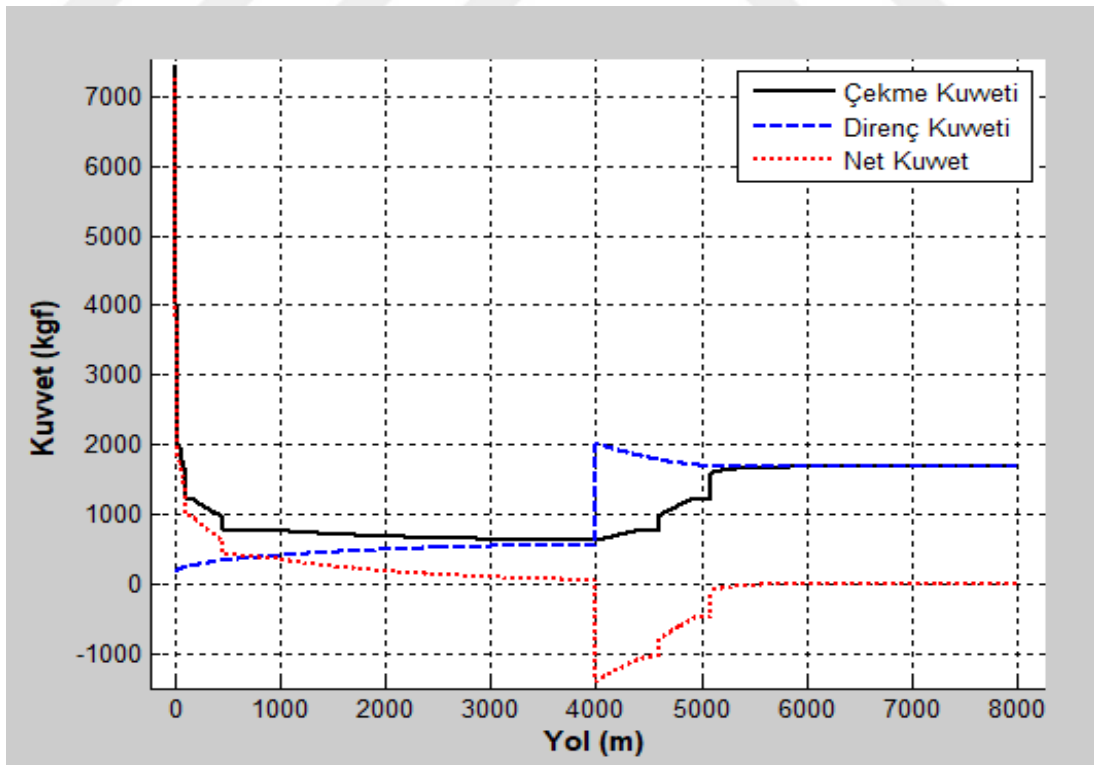
Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.26. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-kuvvet” grafiği 5. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, araç üzerine etki eden kuvvetlerin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.27. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol-kuvvet” grafiği 5. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, araç üzerine etki eden kuvvetlerin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

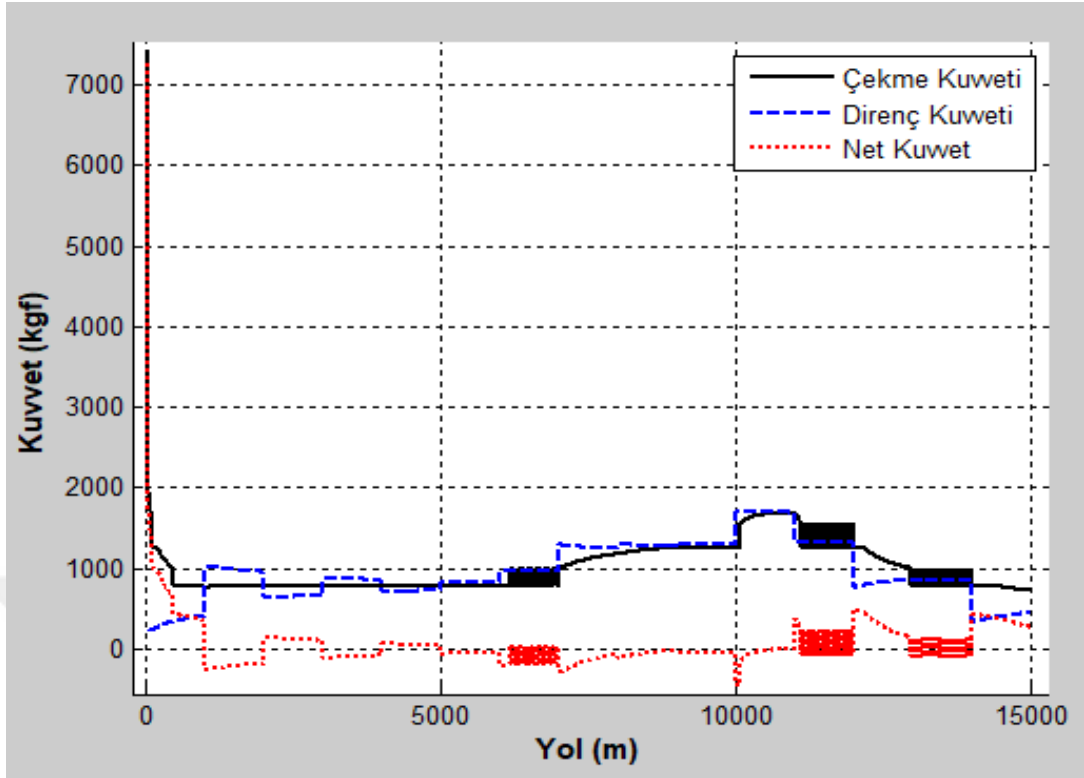
“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.28. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-kuvvet” grafiği 5. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, araç üzerine etki eden kuvvetlerin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir. Grafikte aşağı yukarı sık çizgilerin olduğu yerler, yolun bir üst vitese geçmek için uygun olduğunu, ancak üst vitese geçildiğinde yeterli çekme kuvvetinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.26. Sakarya aracı düz yol testinin "yol-kuvvet" grafiği



Şekil 4.27. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin "yol-kuvvet" grafiği

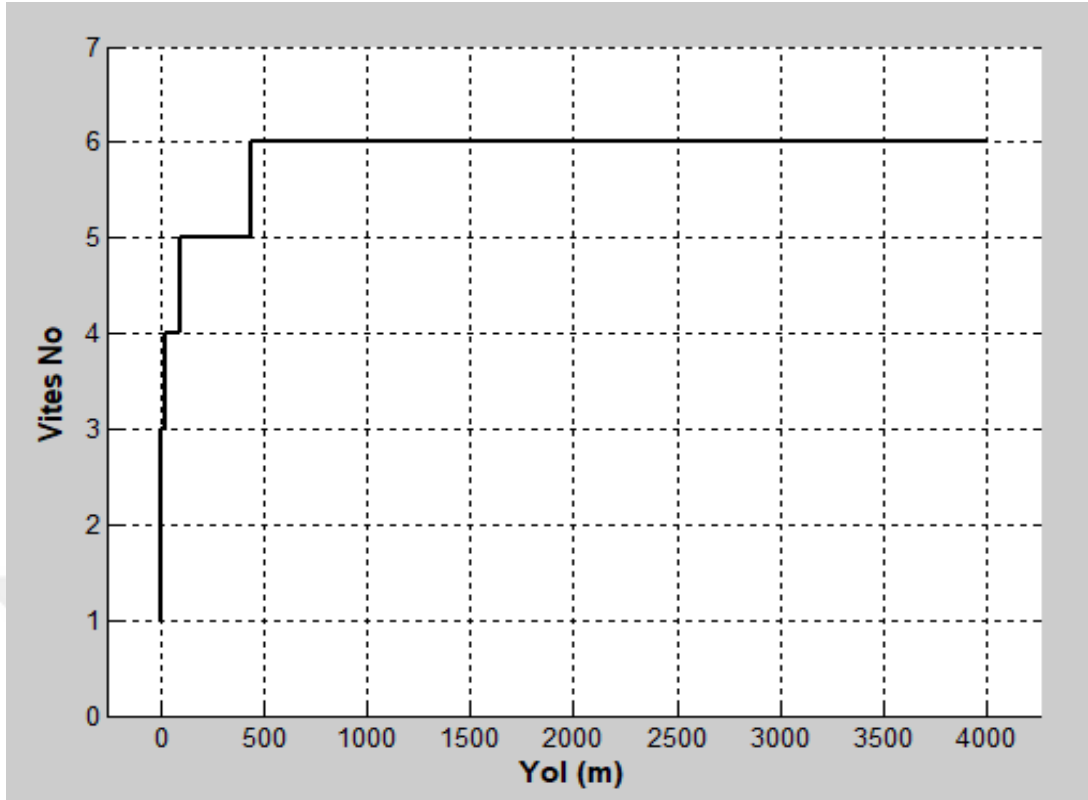


Şekil 4.28. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol-kuvvet” grafiği

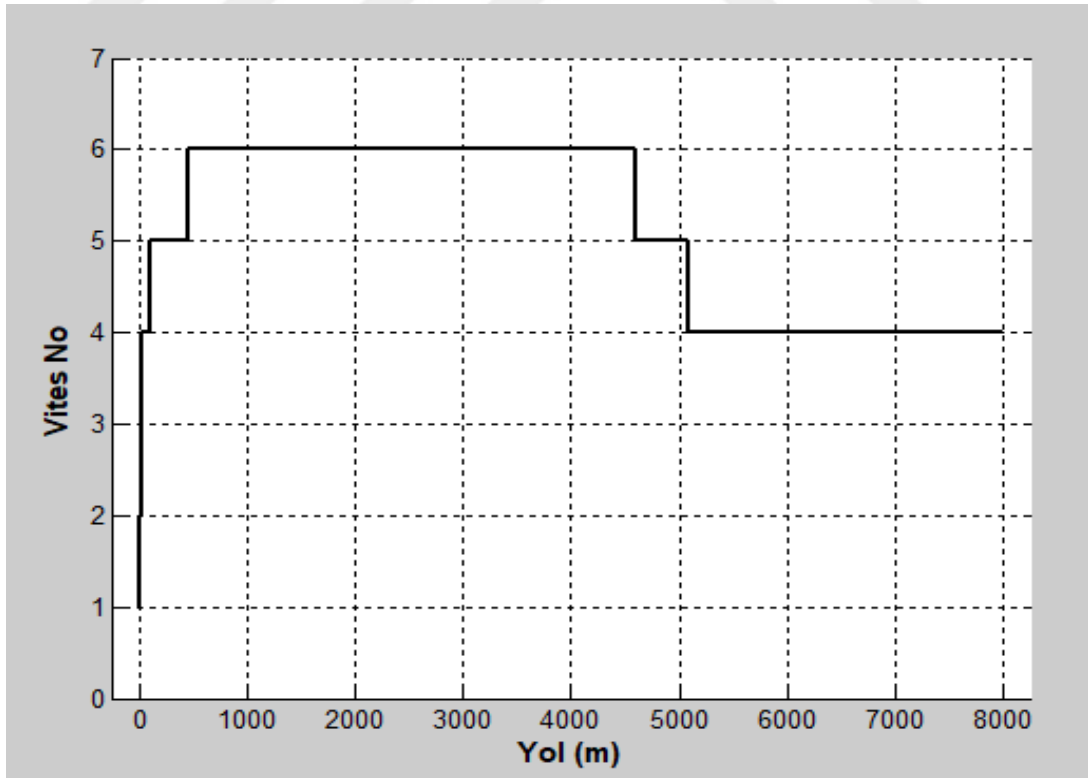
Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.29. Sakarya aracı düz yol testinin “yol - vites no” grafiği 6. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın viteslerinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.30. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin “yol - vites no” grafiği 6. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın viteslerinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

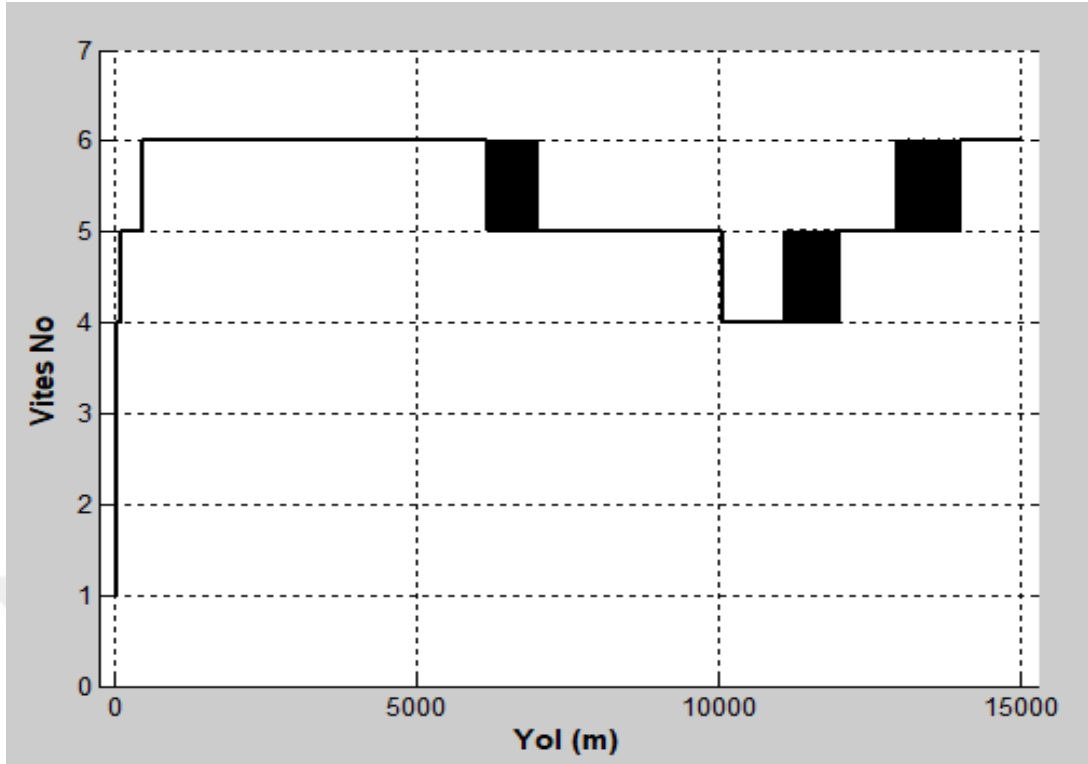
“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.31. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol - vites no” grafiği 6. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın viteslerinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir. Grafikte aşağı yukarı sık çizgilerin olduğu yerler, yolun bir üst vitese geçmek için uygun olduğunu, ancak üst vitese geçildiğinde yeterli çekme kuvvetinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.29. Sakarya aracı düz yol testinin "yol - vites no" grafiği



Şekil 4.30. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testinin "yol - vites no" grafiği



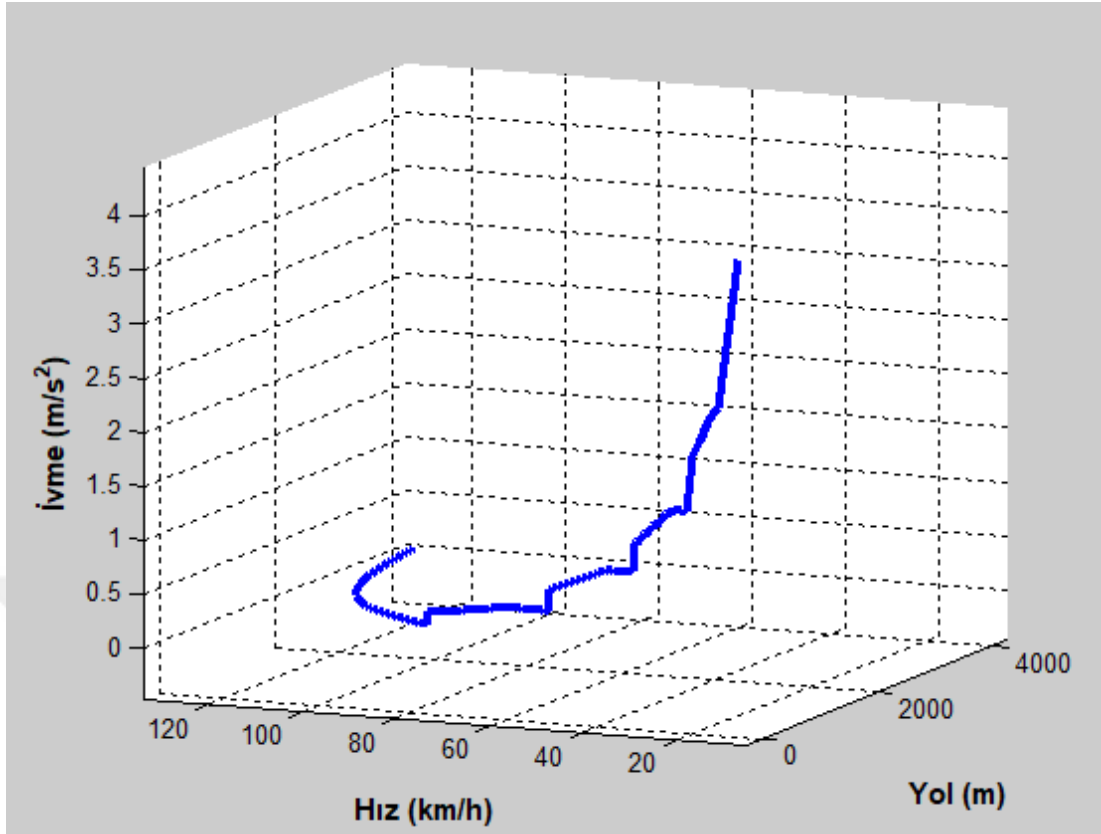
Şekil 4.31. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testinin “yol - vites no” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.32. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-ivme” grafiği 7. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın hız ve ivmesinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

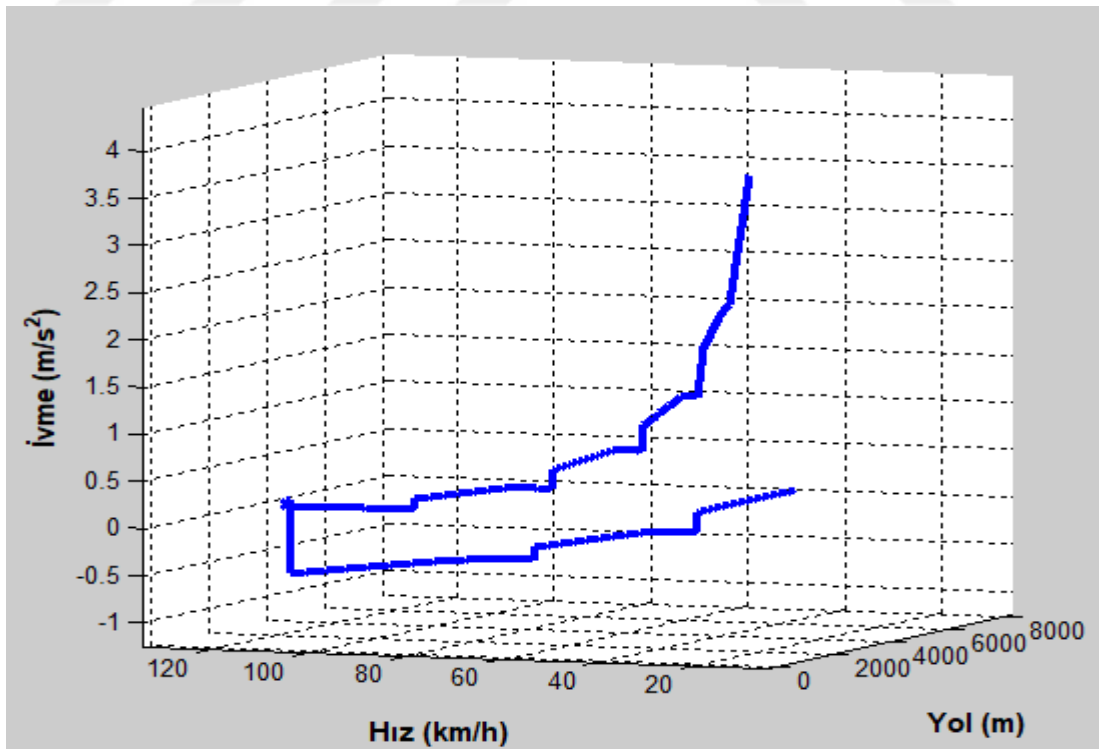
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.33. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-ivme” grafiği 7. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın hız ve ivmesinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.34. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-ivme” grafiği 7. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın hız ve ivmesinin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

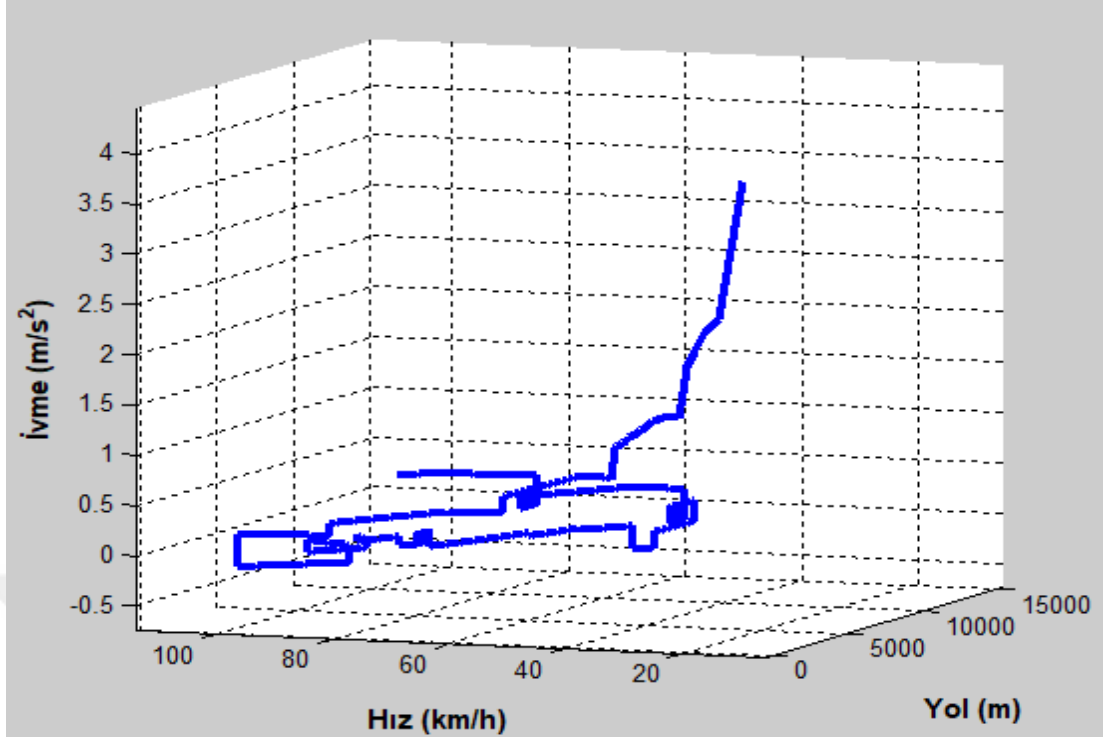
Şekil 4.32., Şekil 4.33. ve Şekil 4.34. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.32. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-ivme” grafiği



Şekil 4.33. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-ivme” grafiği



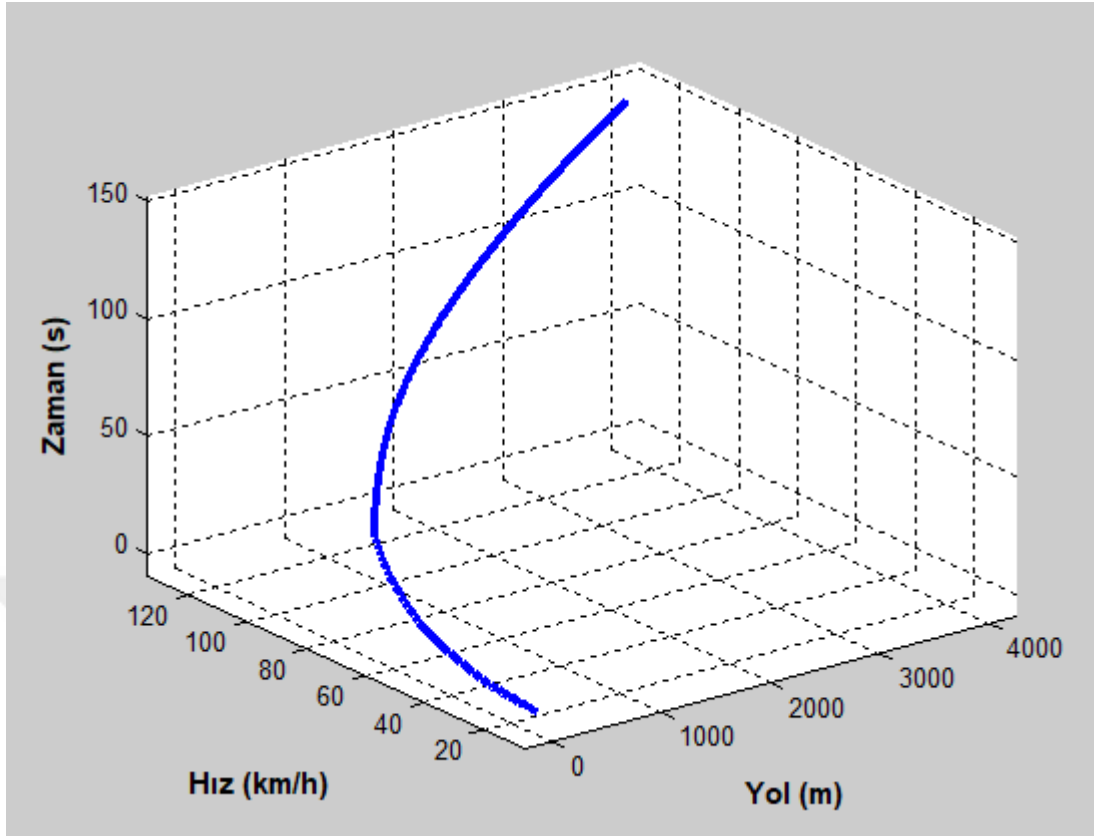
Şekil 4.34. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-ivme” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.35. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-zaman” grafiği 8. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın hız ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

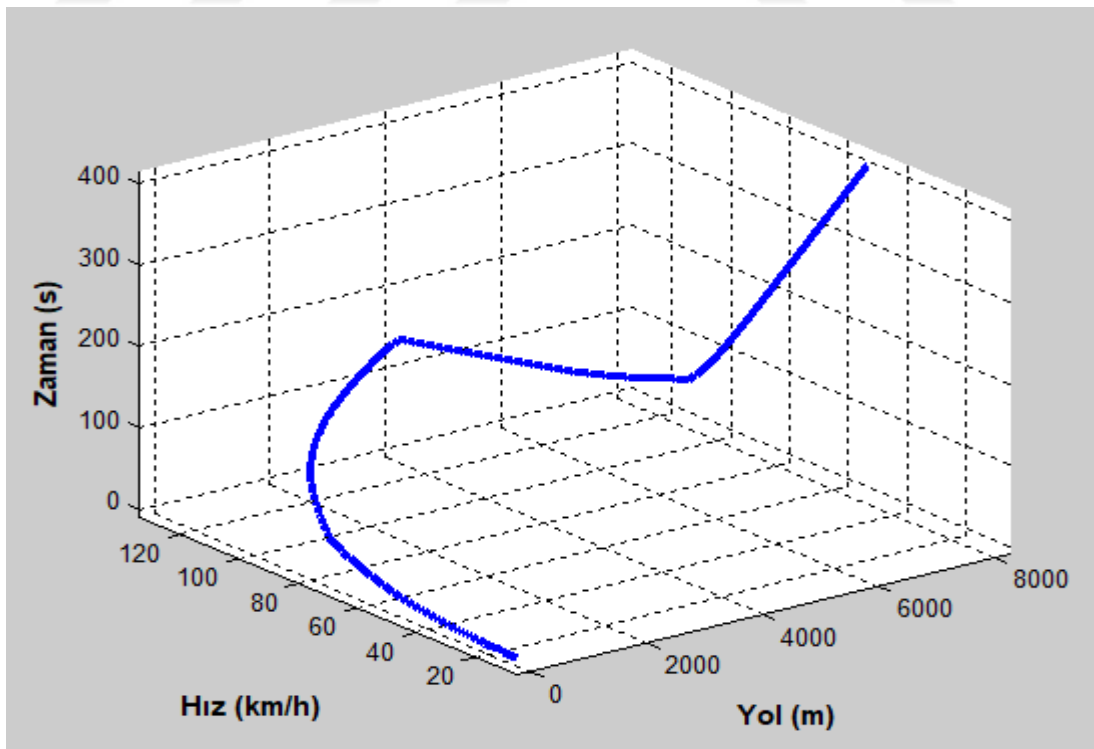
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.36. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-zaman” grafiği 8. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın hız ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.37. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-zaman” grafiği 8. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın hız ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

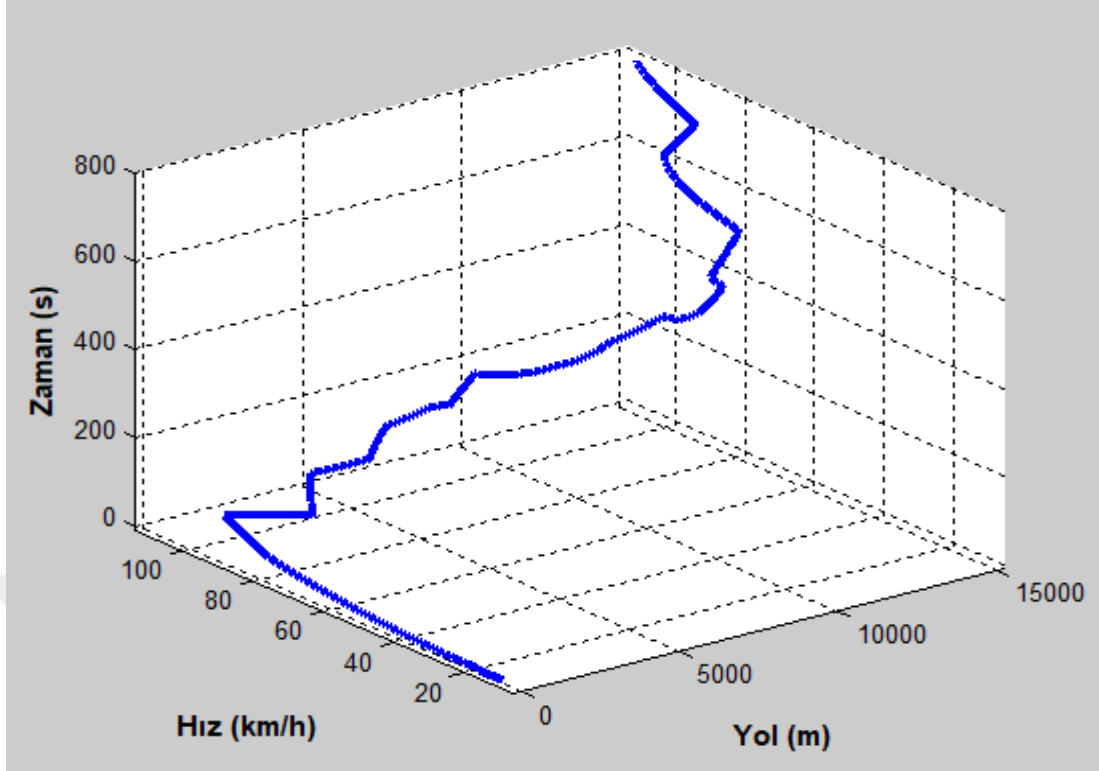
Şekil 4.35., Şekil 4.36. ve Şekil 4.37. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.35. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-zaman” grafiği



Şekil 4.36. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-zaman” grafiği



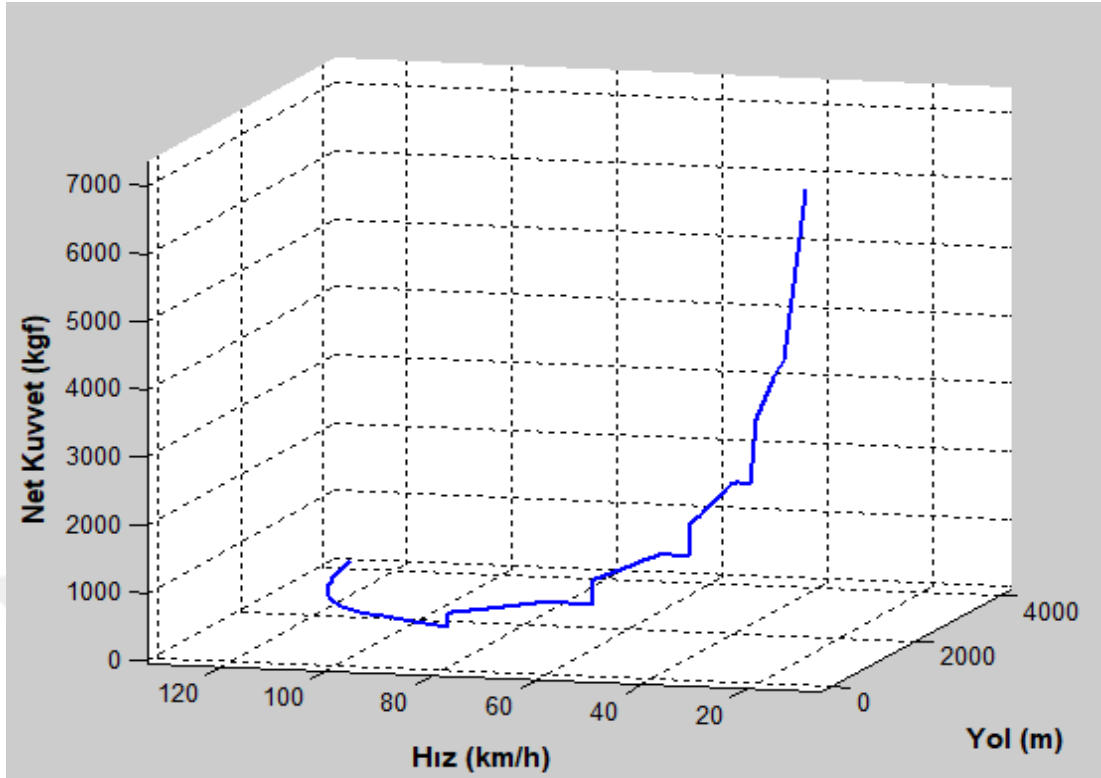
Şekil 4.37. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-zaman” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.38. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-hız-net kuvvet” grafiği 9. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın hızı ve net kuvvetin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

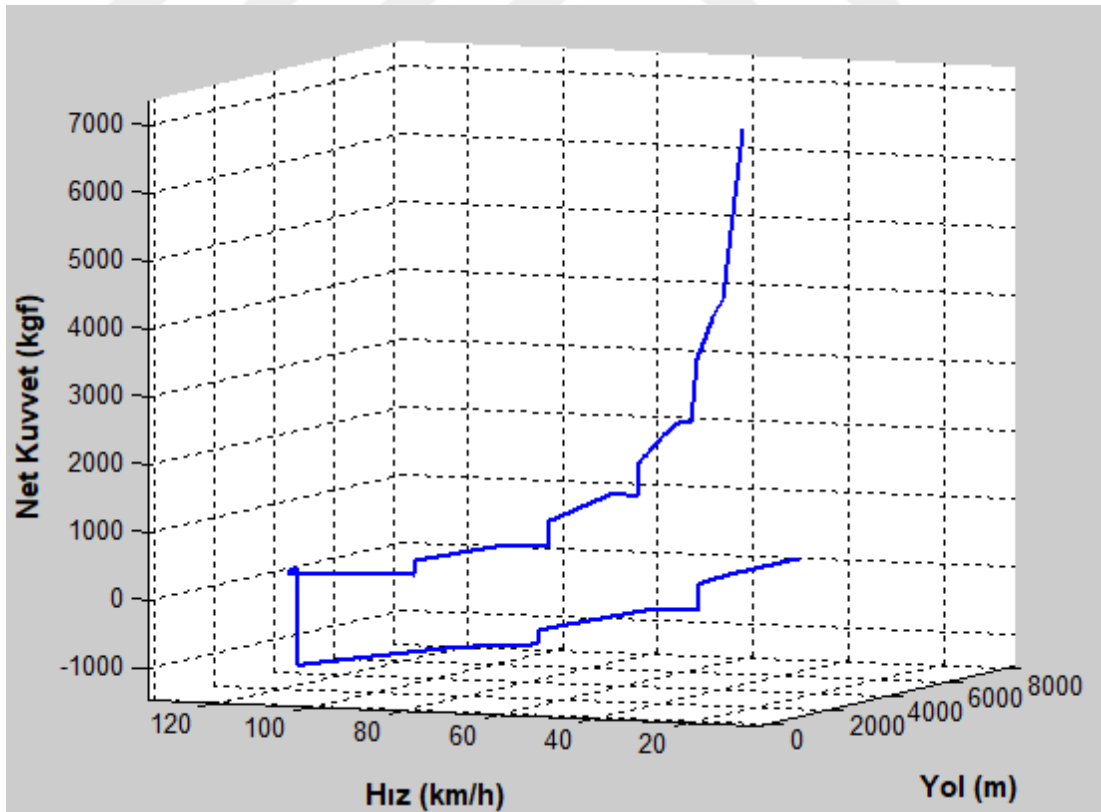
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.39. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-net kuvvet” grafiği 9. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın hızı ve net kuvvetin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.40. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-net kuvvet” grafiği 9. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın hızı ve net kuvvetin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

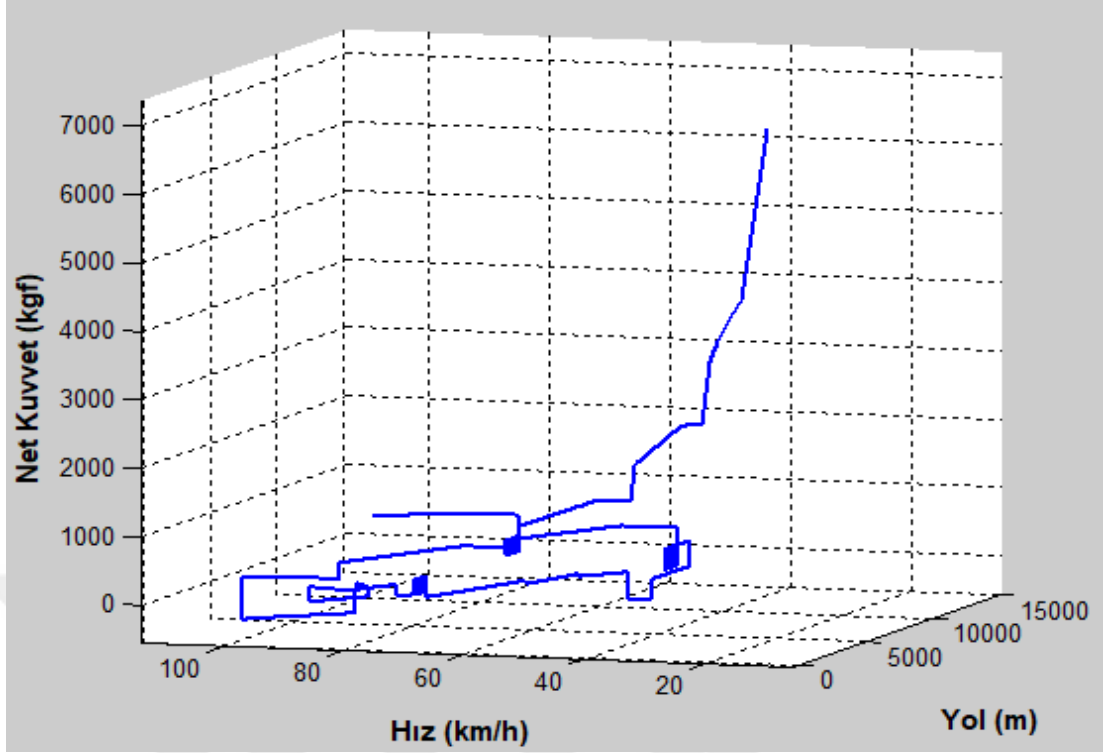
Şekil 4.38., Şekil 4.39. ve Şekil 4.40. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.38. Sakarya aracı düz yol testinin “yol-hız-net kuvvet” grafiği



Şekil 4.39. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-net kuvvet” grafiği



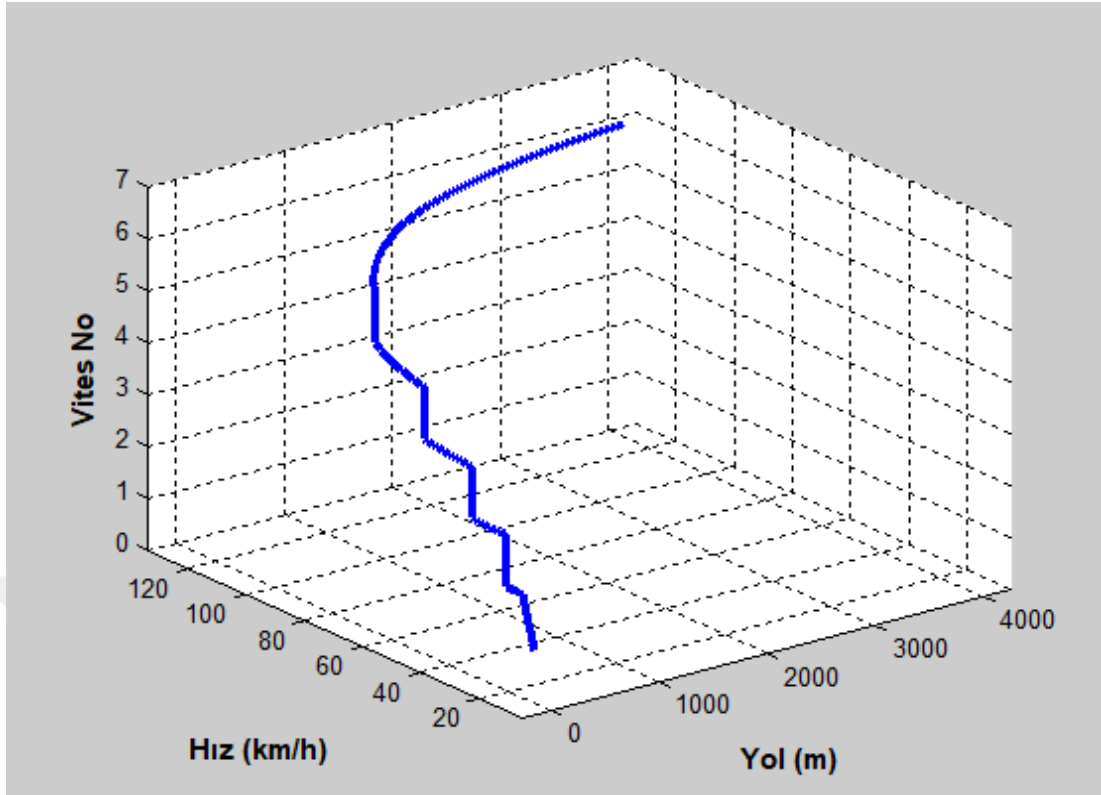
Şekil 4.40. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-net kuvvet” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.41. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-vites no” grafiği 10. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığıında, aracın hızı ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

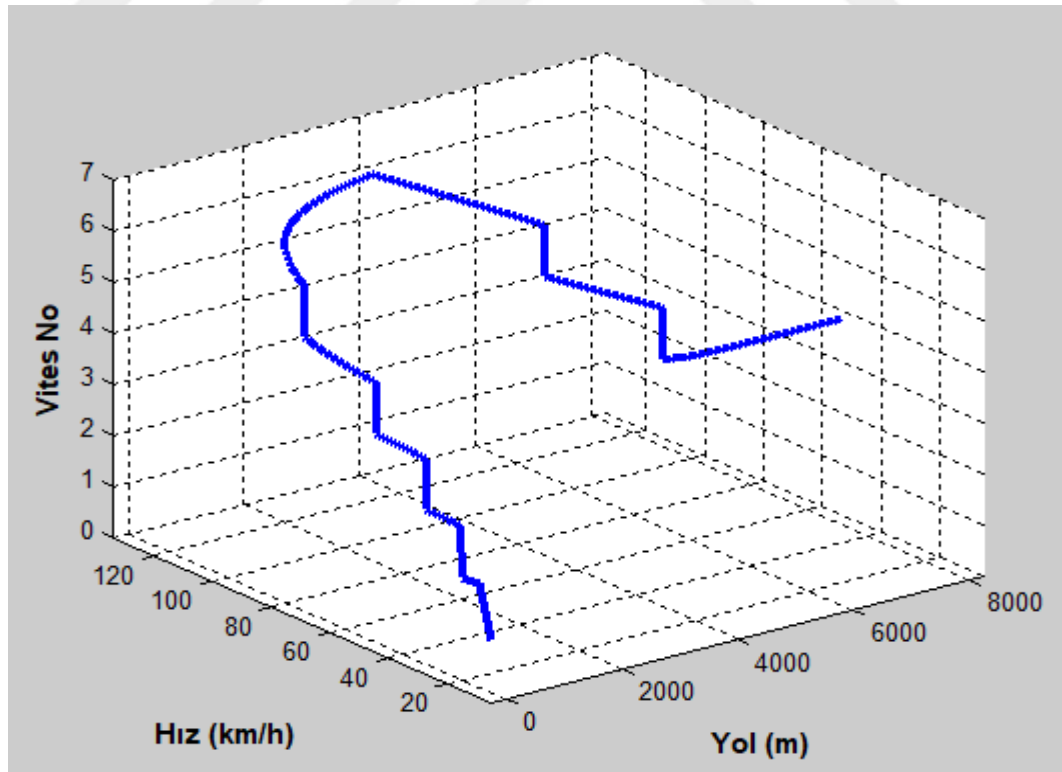
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.42. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-vites no” grafiği 10. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığıında, aracın hızı ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.43. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-vites no” grafiği 10. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın hızı ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

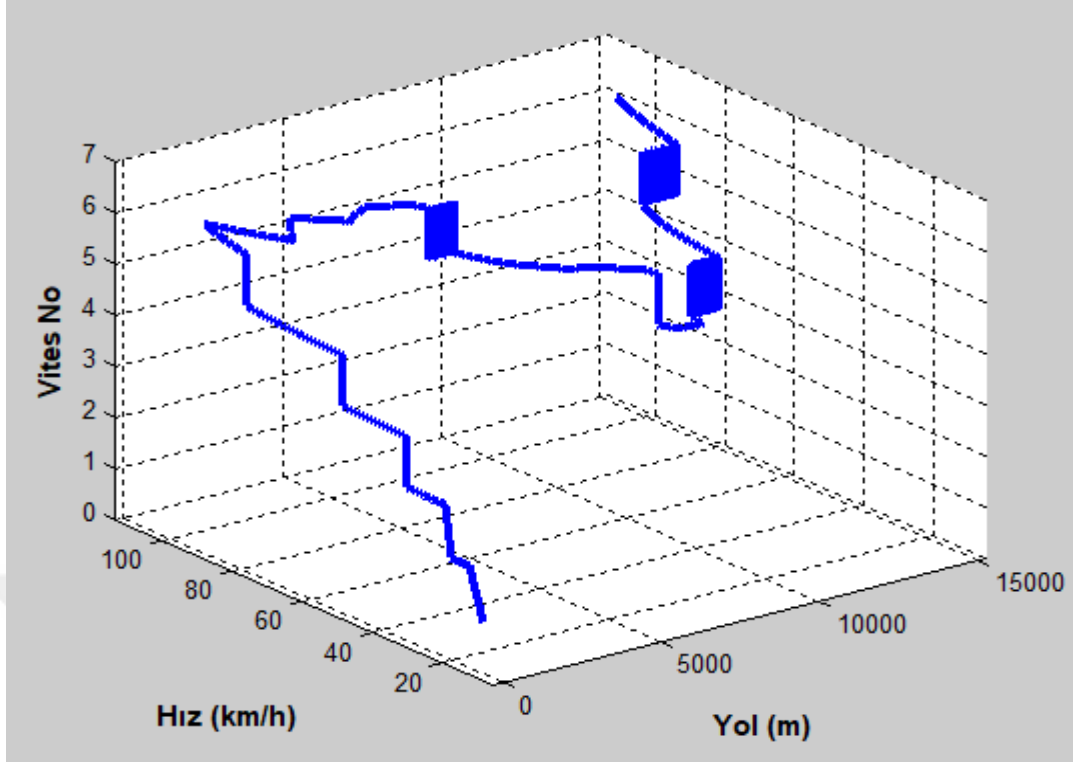
Şekil 4.41., Şekil 4.42. ve Şekil 4.43. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.41. Sakarya aracı düz yol testi “yol-hız-vites no” grafiği



Şekil 4.42. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-hız-vites no” grafiği



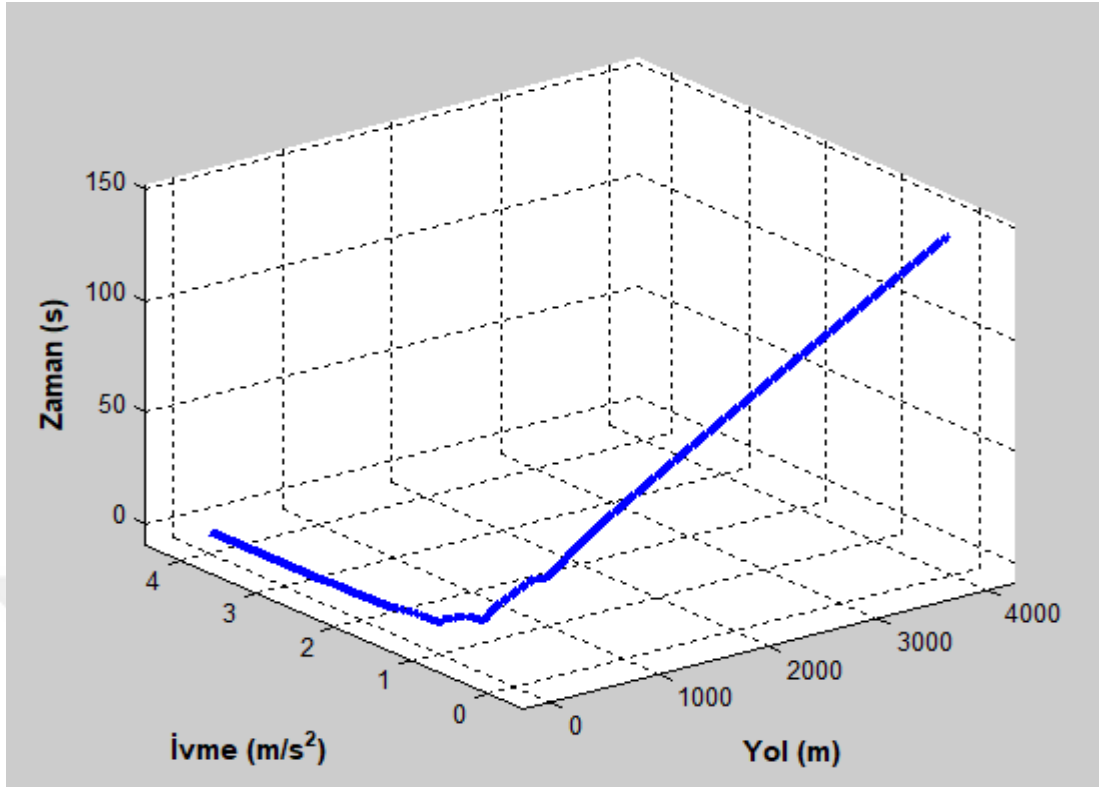
Şekil 4.43. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-hız-vites no” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.44. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-zaman” grafiği 11. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın ivmesi ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

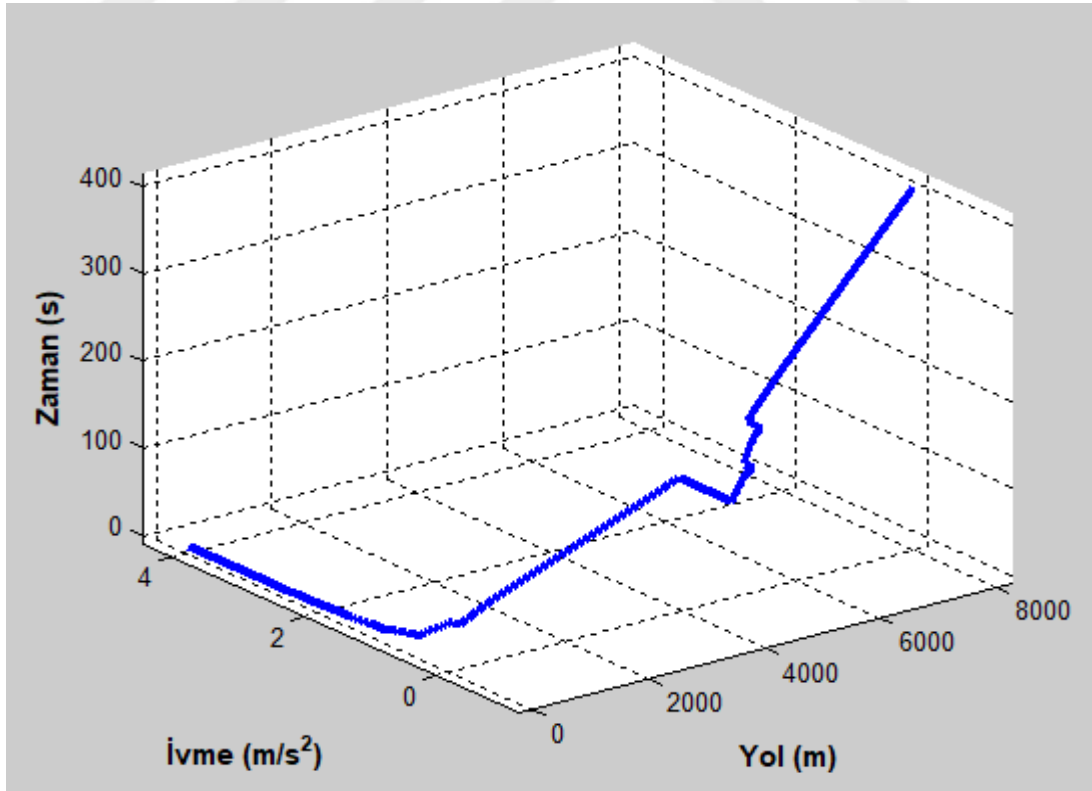
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.45. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-ivme-zaman” grafiği 11. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın ivmesi ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.46. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-zaman” grafiği 11. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın ivmesi ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

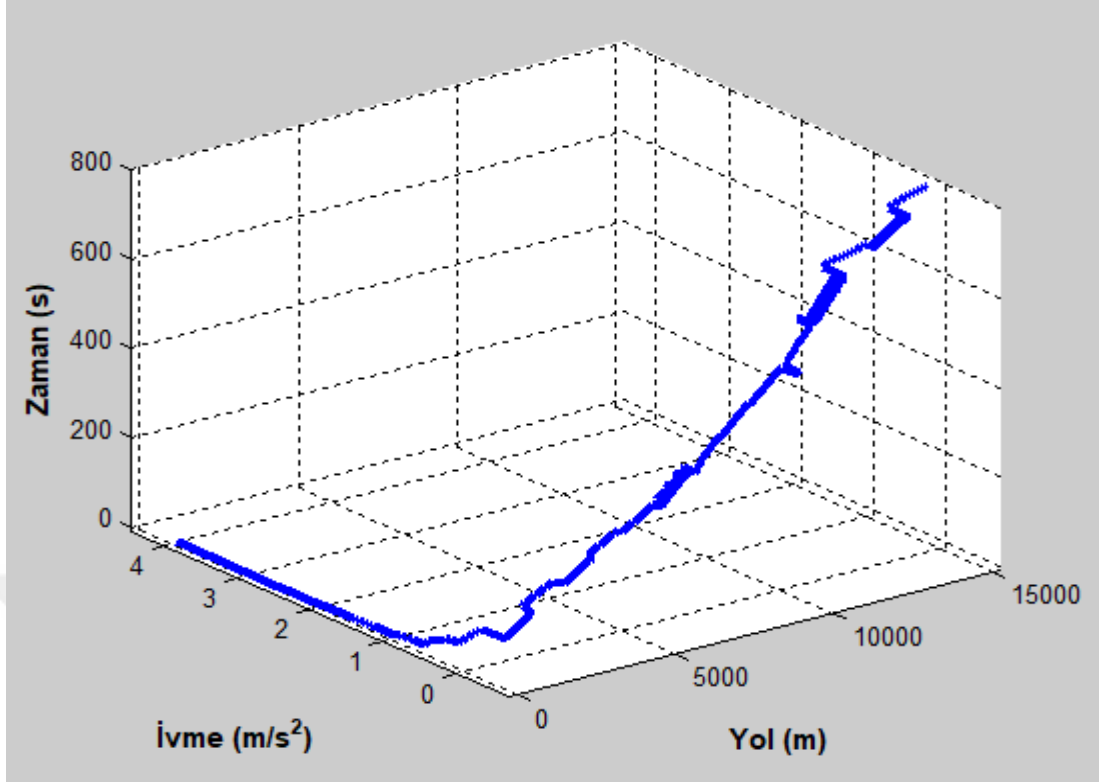
Şekil 4.44., Şekil 4.45. ve Şekil 4.46. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.44. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-zaman” grafiği



Şekil 4.45. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-ivme-zaman” grafiği



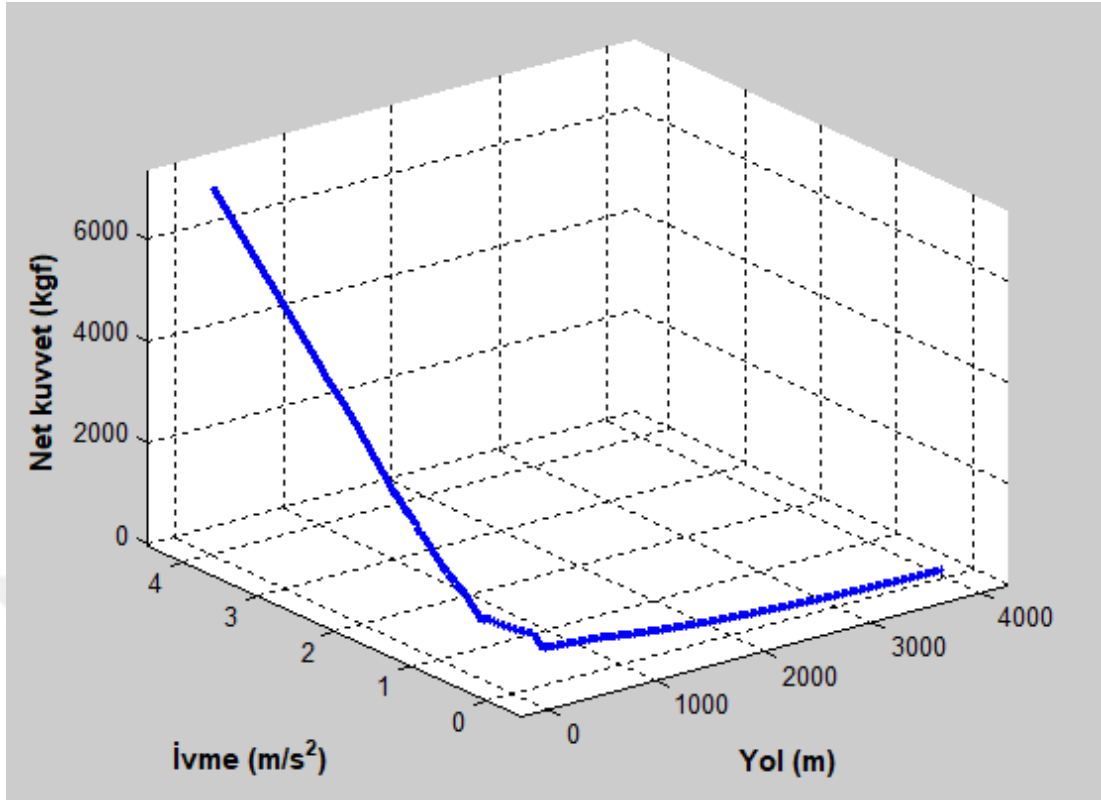
Şekil 4.46. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-zaman” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.47. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-net kuvvet” grafiği 12. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın ivmesi ve net kuvvetin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

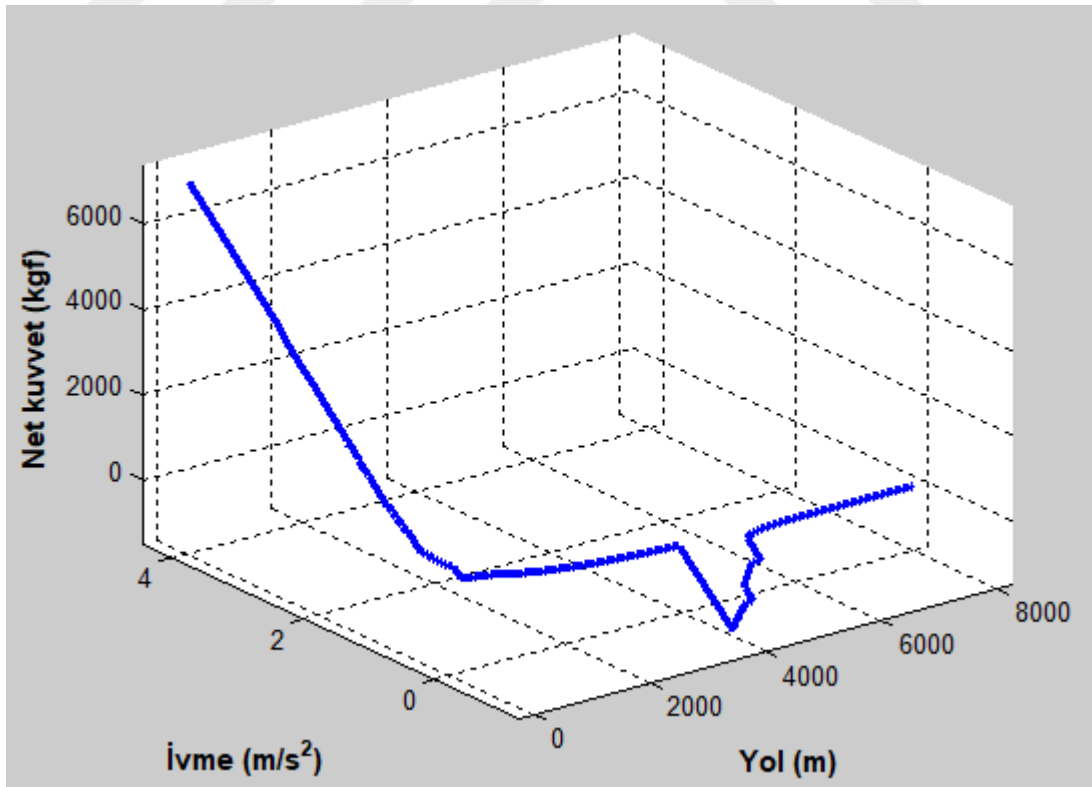
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.48. Sakarya aracı düz ve %8 eğimli yol testi “yol-ivme-net kuvvet” grafiği 12. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın ivmesi ve net kuvvetin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.49. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-net kuvvet” grafiği 12. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın ivmesi ve net kuvvetin yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

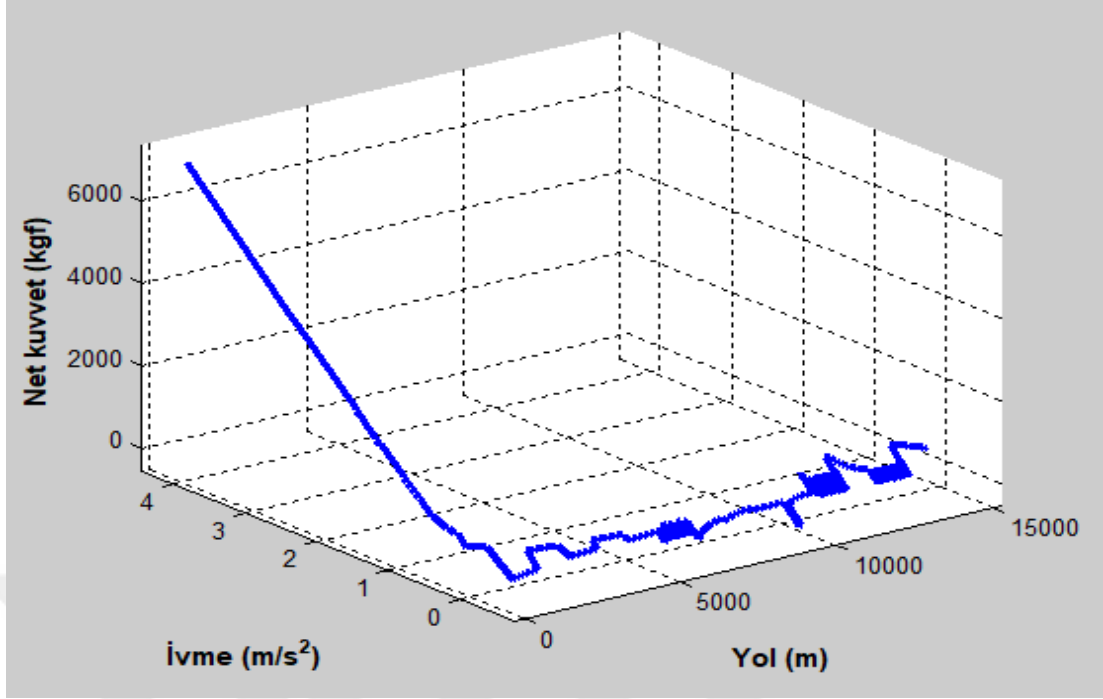
Şekil 4.47., Şekil 4.48. ve Şekil 4.49. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.47. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-net kuvvet” grafiği



Şekil 4.48. Sakarya aracı düz ve %8 eğimli yol testi “yol-ivme-net kuvvet” grafiği



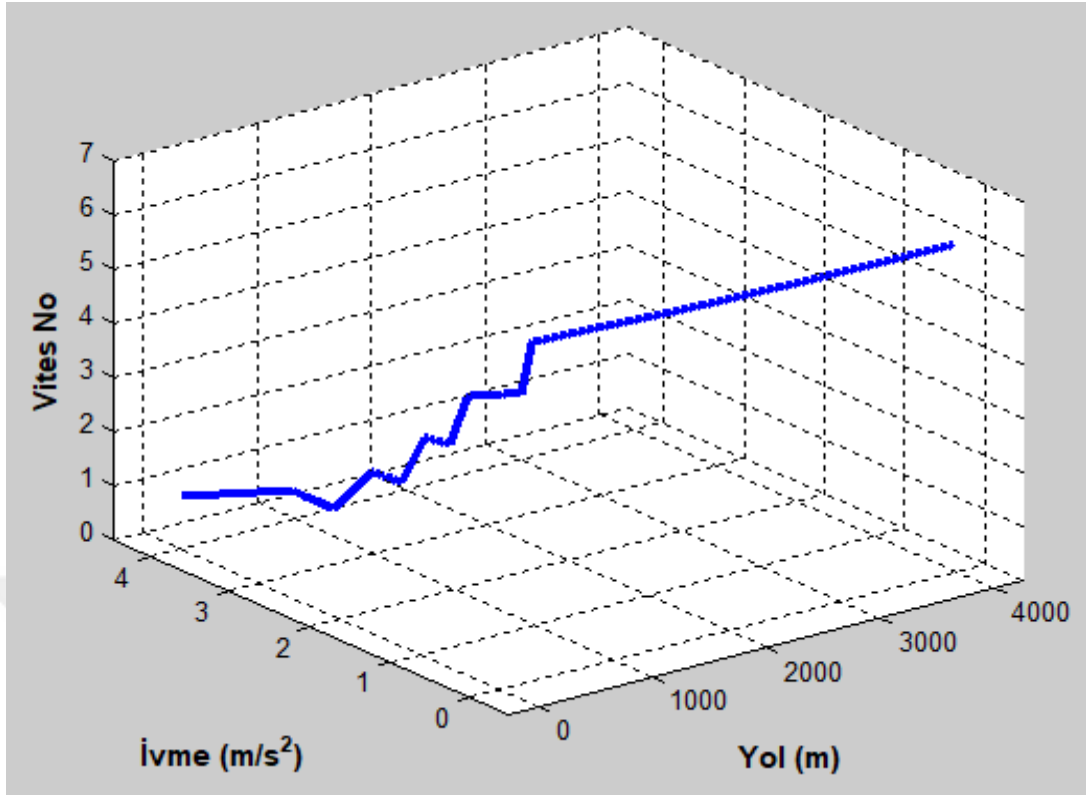
Şekil 4.49. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-net kuvvet” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.50. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-vites no” grafiği 13. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığında, aracın ivmesi ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

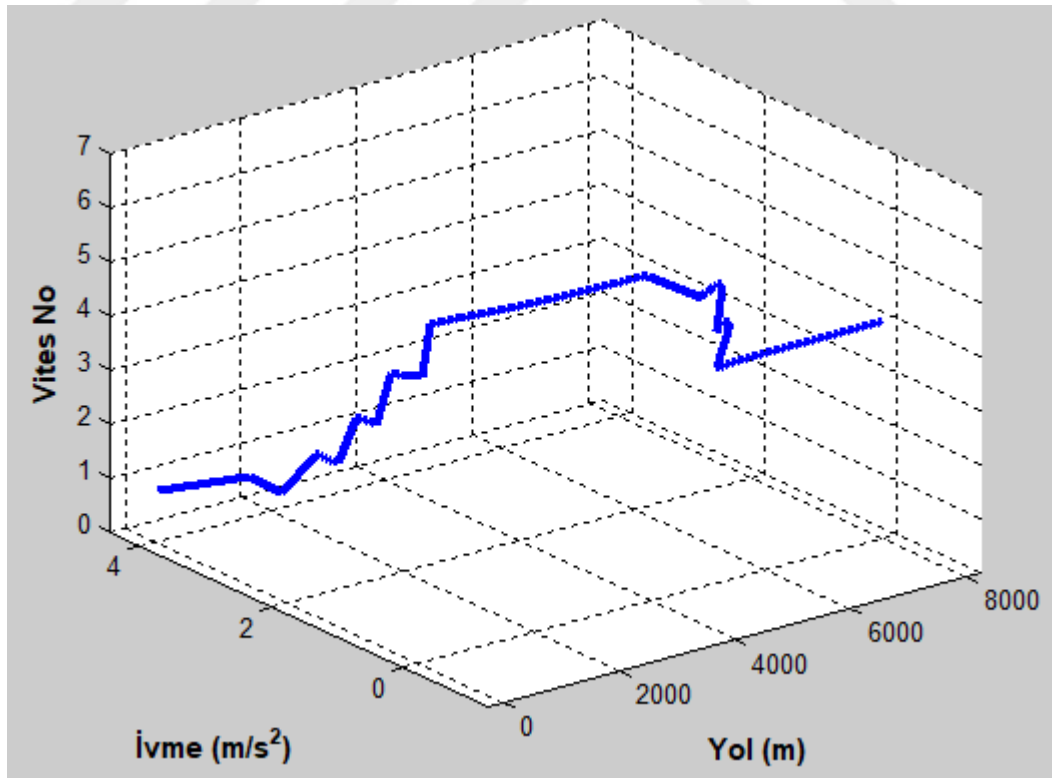
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.51. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-ivme-vites no” grafiği 13. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığında, aracın ivmesi ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.52. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-vites no” grafiği 13. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, aracın ivmesi ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

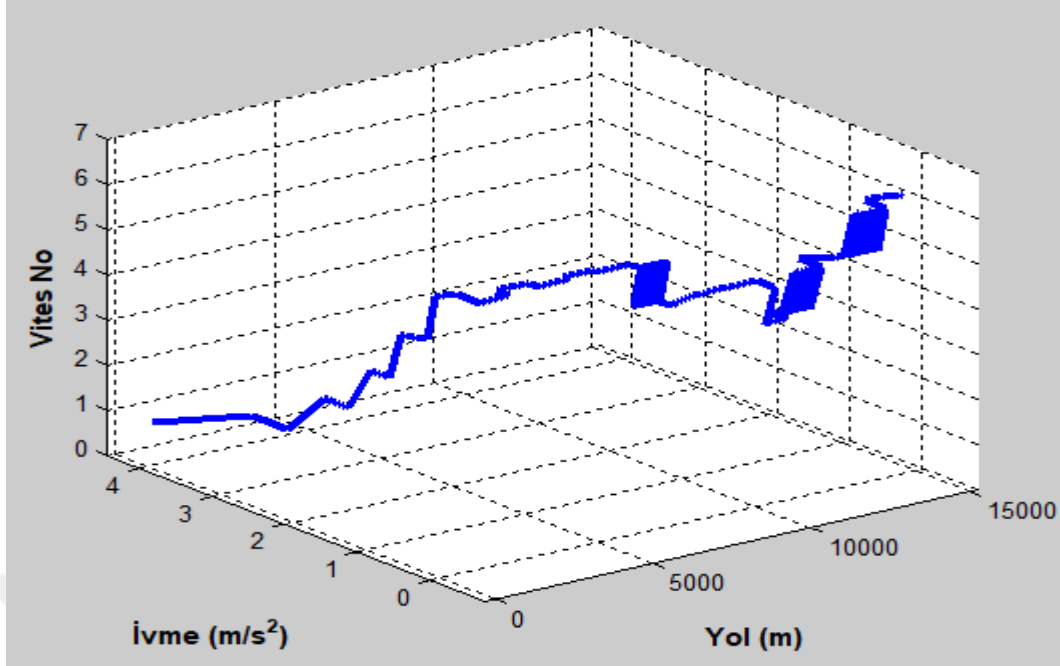
Şekil 4.50., Şekil 4.51. ve Şekil 4.52. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.50. Sakarya aracı düz yol testi “yol-ivme-vites no” grafiği



Şekil 4.51. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-ivme-vites no” grafiği



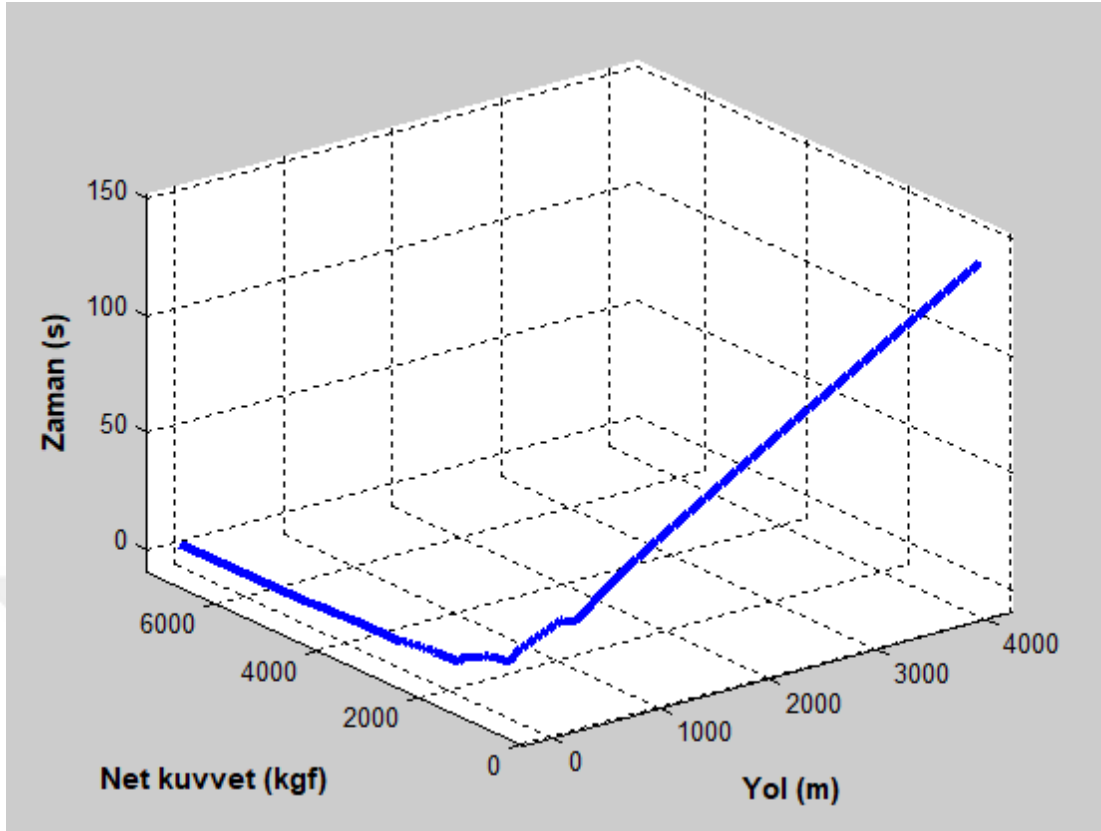
Şekil 4.52. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-ivme-vites no” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.53. Sakarya aracı düz yol testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği 14. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığıında, araca uygulanan net kuvvet ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

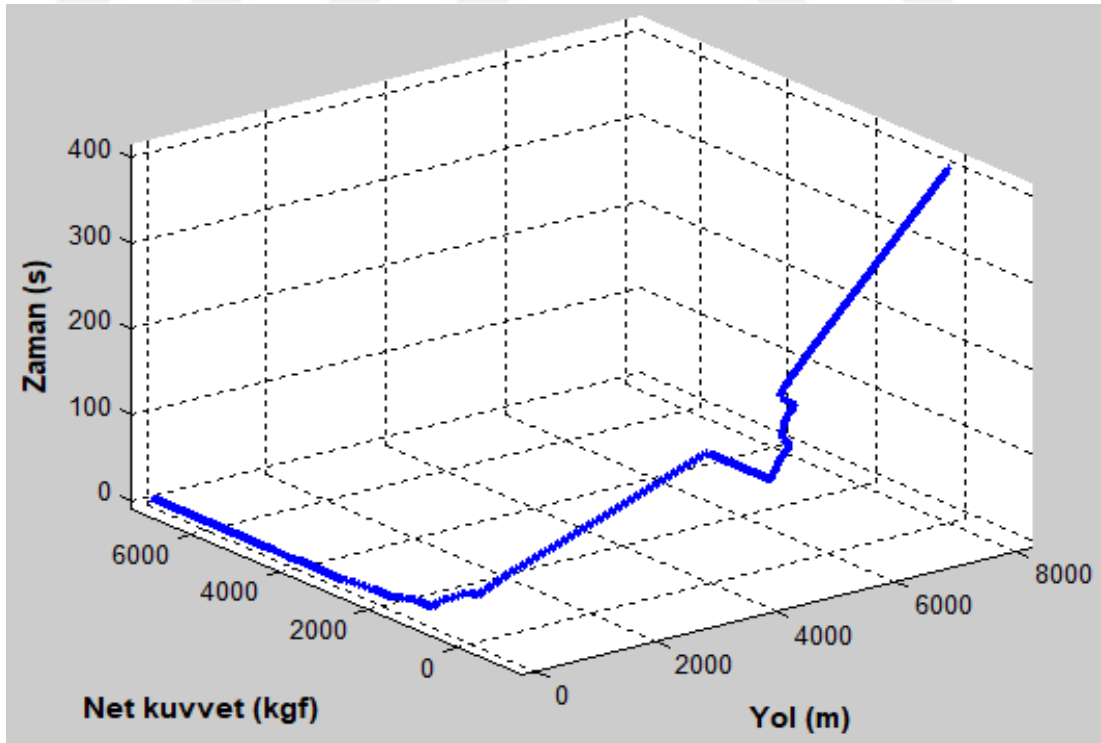
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.54. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği 14. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığıında, araca uygulanan net kuvvet ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.55. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği 14. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, araca uygulanan net kuvvet ve zamanın yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

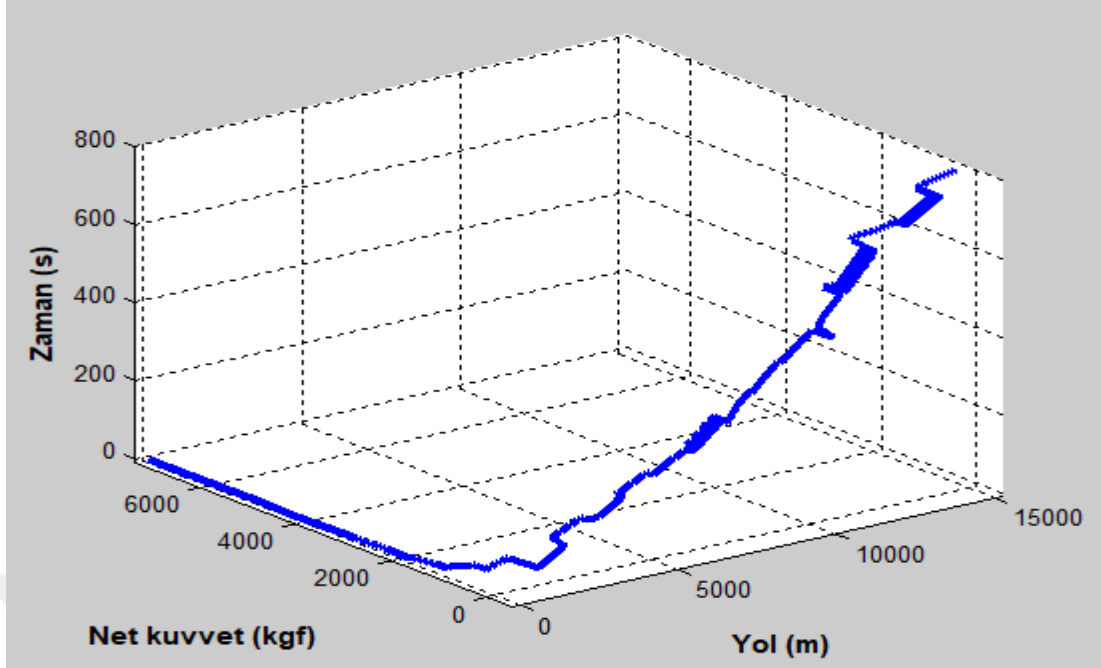
Şekil 4.53., Şekil 4.54. ve Şekil 4.55. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.53. Sakarya aracı düz yol testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği



Şekil 4.54. Sakarya aracı düz ve % 8 eğimli yol testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği



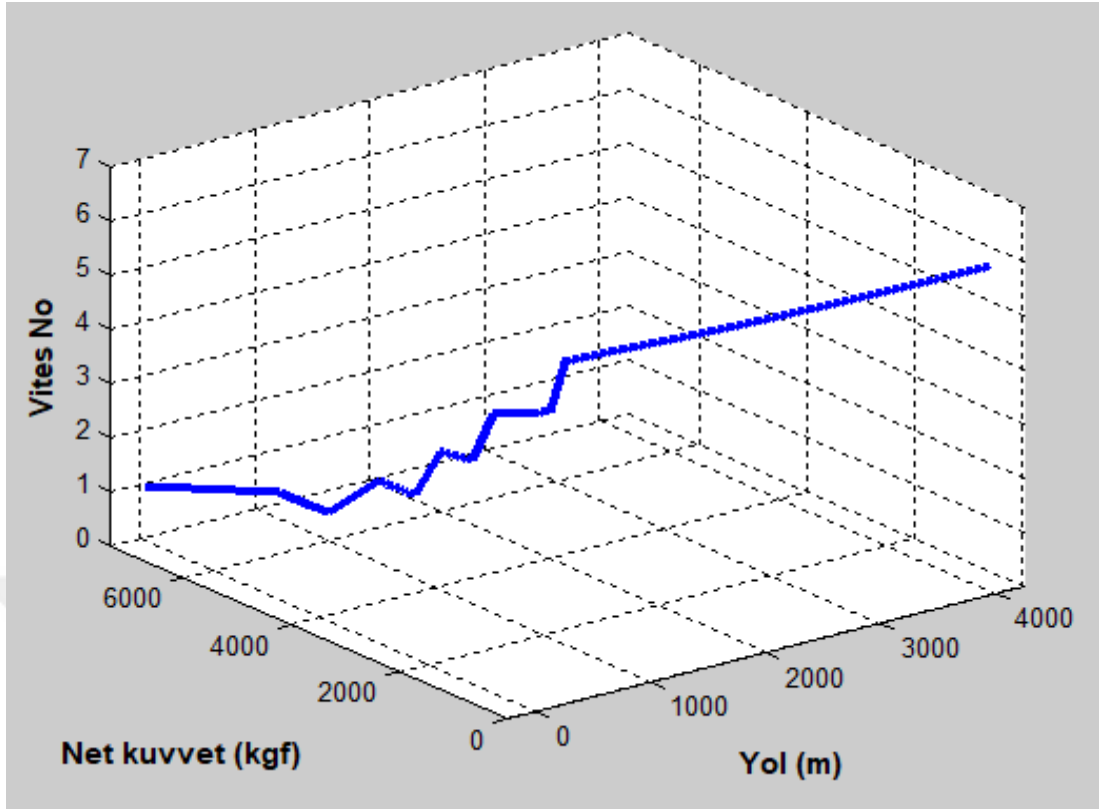
Şekil 4.55. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-net kuvvet-zaman” grafiği

Sakarya aracı için programın “Düz Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.56. Sakarya aracı düz yol testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği 15. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz yol yaptığıında, araca uygulanan net kuvvet ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

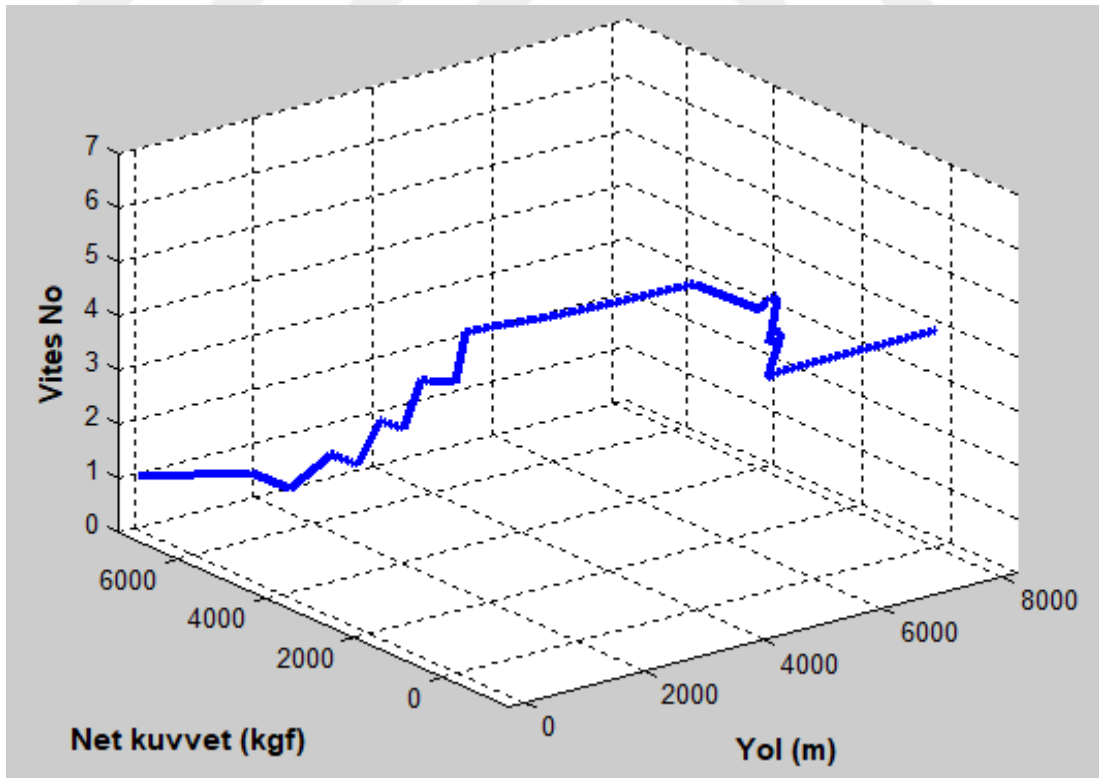
“Düz ve % 8 Eğimli Yol Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.57. Sakarya aracı düz ve %8 eğimli yol testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği 15. sırada ekrana gelir. Bu grafikte Sakarya aracının 4000 m düz ve 4000 m % 8 eğimli yol yaptığıında, araca uygulanan net kuvvet ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

“Pozantı – Tekir Yolu Testini Yap” komutu çalıştırıldığında Şekil 4.58. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği 15. sırada ekrana gelir. Bu grafikte, araca uygulanan net kuvvet ve vites no’sunun yola göre nasıl değiştiği görülmektedir.

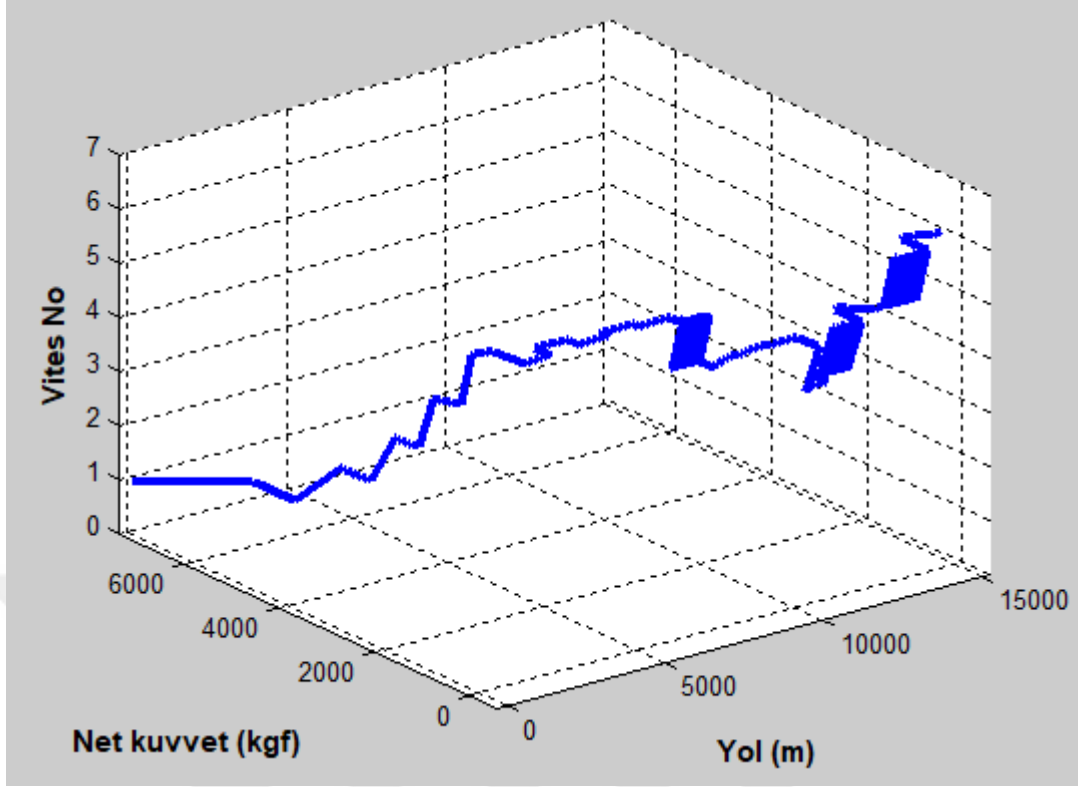
Şekil 4.56., Şekil 4.57. ve Şekil 4.58. üç boyutlu grafiklerdir. Bu grafiklerin daha iyi anlaşılması için, program ile döndürülmesi ve büyütülmesi gerekebilir.



Şekil 4.56. Sakarya aracı düz yol testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği



Şekil 4.57. Sakarya aracı düz ve %8 eğimli yol testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği



Şekil 4.58. Sakarya aracı Pozantı – Tekir yolu testi “yol-net kuvvet-vites no” grafiği

4.7. Araç Performansını Etkileyen Parametrelerin Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu aşamasına kadar Güç Arktarama Organları Seçim (GAOS) programı ile birçok uygulama yapıldı. Bu kısımda ise araç performansını etkileyen parametrelerin üzerinde kısaca durulacaktır.

Araç performansını etkileyen parametrelerin başında motor ile ilgili parametreler gelmektedir. Motor parametreleri motor minimum devri, motor maksimum devri, maksimum motor torku, maksimum tork motor devri, maksimum motor gücü, maksimum tork motor devri ve devre karşılık gelen tork verilerinden oluşmaktadır. Herhangi bir motorun bu değerleri mevcut ise, bu parametreler GAOS programına konarak motorun araç performansı üzerindeki etkisi analizler kısmındaki komutlar çalıştırılarak araştırılabilir.

Araç performansını etkileyen parametrelerin ikinci parametresi şanzıman vites oranları ve her vitese ait verimleridir. Eğer herhangi bir şanzımanın bu değerleri

mevcut ise, bu parametreler GAOS programına konarak şanzımanın araç performansı üzerindeki etkisi analizler kısmındaki komutlar çalıştırılarak görülebilir.

Araç performansını etkileyen parametrelerin üçüncü parametresi diferansiyel oranı, 4. parametresi araç ağırlığı, 5. parametresi ön izdüşüm alanı, 6. parametresi teker dinamik yarıçapı, 7. parametresi teker yuvarlanma direnç katsayısı ve 8. parametresi hava direnç katsayısıdır. Eğer herhangi bir araç için bu parametreler mevcut ise, ilgili parametreler GAOS programında ilgili yerlere yazılarak araç performansı üzerindeki etkileri analizler kısmındaki komutlar kullanılarak incelenebilir.



BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın giriş bölümünde, otobüs imalatının dünyadaki ve ülkemizdeki gelişimi hakkında kısa bilgiler verilerilip, güç aktarma organları tanıtılarak uygun güç aktarma organları parçalarının seçilmemesi durumunda üreticilerin yaşayacağı sıkıntılar belirtilmiştir.

Bu çalışmanın 2. bölümünde otobüs kinematiği ve dinamiği hakkında bilgiler verilerek, programlama esnasında kullanılacak kinematik ve dinamik formüller türetilmiştir. Ayrıca motor performans grafiği, araç hızı – motor devri grafiği ve araç performans grafiği hakkında bilgiler verilmiştir.

Bu çalışmanın 3. bölümünde öncelikle motor verileri, şanzıman verileri, diğer araç verileri ve analizleri içeren program arayüzü hazırlanmıştır. Daha sonra da program algoritması hazırlanarak, program yazılmıştır. Programın çalıştırılması ile elde edilen araç performans grafikleri Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation (MFTBC) verileri ile karşılaştırılarak doğruluğu teyit edilmiştir. Böylece, otobüslerin güç aktarma organlarında kullanılacak ana parçaları seçmek amacıyla Güç Aktarma Organları Seçim (GAOS) programının yazımı tamamlanmıştır.

Bu çalışmanın 4. bölümünde Fırat, Seyhan ve Sakarya araçlarının güç aktarma organları oluşturulup, bu araçların “araç hızı – motor devri” ve “araç performans” grafikleri değerlendirilerek, performansı daha iyi bir aracın nasıl olabileceği hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca, Sakarya aracının “Düz Yol Testi”, “Düz ve % 8 Eğimli Yol Testi” ve “Pozantı – Tekir Yolu Testi” GAOS programı kullanılarak yapılmıştır. Bu testler esnasında yola bağlı olarak hız, ivme, zaman, kuvvet ve vites no grafikleri iki boyutlu ve üç boyutlu grafikleri program ile elde edilerek aracın performansı hakkında detaylı değerlendirmeler yapılmıştır.

Sonuç olarak; Bu çalışma kapsamında geliştirilen Güç Arktarama Organları Seçim (GAOS) programı ile kısa sürede motor, şanzıman, diferansiyel, araç ağırlığı, ön izdüşüm alanı, teker dinamik yarıçapı, teker yuvarlanma direnç katsayısı ve hava direnç katsayısı parametrelerinin araç performansı üzerindeki etkisi analiz edilerek, bu parametrelere karar verilebilir hale getirilmiştir.



KAYNAKLAR

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_buses, Erişim Tarihi: 13.09.2017.
- [2] https://www.bus.man.eu/tr/tr/man-dunyasi/turkiye_de-man/uretim-yerleri/Ankara.html, Erişim Tarihi: 13.09.2017.
- [3] <http://www.temsa.com/UserFolder/tr/pdf/tourmalin.pdf>, Erişim Tarihi: 13.09.2017.
- [4] Temsa Tourmalin Workshop Manuel, rev 01, 13.12.2012.
- [5] Halliday & Resnick, 2011 Fundamentals of Physics. John Wiley & Sons, Inc.
- [6] <http://www.mitsubishi-fuso.com/en/technology/>, Erişim Tarihi: 24.04.2017.
- [7] Gillespie, T. D., 1992 Fundamentals of vehicle dynamics. Society of Automotive Engineers Inc.
- [8] Çetinkaya, Z., 2002 Ticari taşıt geliştirme sürecinde güç paketi, aktarma organları ve taşıt konsept konfigürasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [9] Wong, J. Y., 2001 Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Çetinkaya, S., 2005 Taşıt Mekanikği. Nobel Yayın Dağıtım.
- [11] Jazar, R. N., 2008 Vehicle Dynamics Theory and Application. Springer Science + Business Media, LLC.
- [12] Crolla, D. A., 2009 Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body. Elsevier Inc.
- [13] Robert Bosch GmbH, 1993 Automotive Handbook. John Wiley & Sons Inc.
- [14] Stone, R., Ball J. K., 2004 Automotive Engineering Fundamentals. SAE International Warrendale, Pa.

- [15] Mashadi, B., Crolla, D., 2012 Vehicle powertrain systems. John Wiley & Sons Inc.
- [16] Sürmen, A., Kaplan, C., Karamangil, M. İ., Aslan R., 2012 Motorlu Taşıtlarda Güç Aktarma Organları. Alfa Aktüel.
- [17] Grohe, H., 1999 Otto ve Dizel Motorları. Bilim Teknik Yayınevi
- [18] Küçüksahin, F., 2008 Dizel Motorlar Teorisi. Birsan Yayınevi.
- [19] Safgonül, B., Ergeneman, M., Arslan, E., Soruşbay, C., 2013 İçten Yanmalı Motorlar. Birsan Yayınevi.
- [20] Elektrikli Otomobil Tesla, [http://www. http://teslaturk.com/](http://www.teslaturk.com/), Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [21] Elektrikli Kamyonet ve Kamyon, <https://www.ecanter.com/>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [22] Elektrikli Otobüs AvenueEV, <http://www.temsa.com.tr/urunDetay.aspx?id=142>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [23] Giles, J.G., 1969 “Gears and Transmissions”, Automotive Technology Series, Vol. 4. Butterworths.
- [24] Price, C. K. J. and Beasley, S. A., 1964 “Aspects of Hydraulic Transmissions for Vehicles of Specilized Nature” in Proc. Institution of Mechanical Engineers, Vol. 178, part 3C.
- [25] Cole, D. 1984 “Automotive Fuel Economy” in J.C. and G.S. Springer, Eds., Fuel Economy in Road Vehicles Powered by Spark Ignition Engine. Plenum Press.
- [26] Porter, F.C., 1979 “Design for Fuel Economy – The New GM Front Drive Cars”. Society of Automotive Engineers, paper 790721.
- [27] Bonthron, A., 1985 “CVT Efficiency Measured under Dynamic Running Conditions”, Society of Automotive Engineers, paper 850769.
- [28] Hahne, D., 1984 “A Continuously Variable Automotic Transmission for small Front Whell Drive Cars”, in Driveline ’84 Institution of Mechanical Engineers.
- [29] Greenwood, C.J., 1984 “The Design, Construction and Operation of a Commercial Vehicle Continuously Variable Transmission”, in Driveline ’84 Institution of Mechanical Engineers.

- [30] Arka aks, http://www.egeendustri.com.tr/urunlerimiz_komple_arka_dingiller, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [31] Arka aks, https://www.zf.com/corporate/en_de/products/product_range/buses/buses_axles_a132.shtml, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [32] Arka aks, www.dana.com/commercial-vehicle/products/driveline/drive-axles, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [33] Lastik ve Jant, <https://www.etrto.org/Home>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [34] Lastik, <https://www.lassa.com.tr>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [35] Lastik, <https://www.pirelli.com/tyres/tr-tr/car/homepage>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [36] Lastik, [https://www.goodyear.eu/tr_tr/consumer.html#/,](https://www.goodyear.eu/tr_tr/consumer.html#/) Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [37] Lastik, <https://www.petlas.com.tr/>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [38] Jant, <http://www.incitas.com.tr/>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [39] Jant, <http://www.jantsa.com/index.php/tr/anasayfa>, Erişim Tarihi: 15.10.2017.
- [40] Moore, D.F., 1975 The Friction of Pneumatic Tyres. Elsevier.
- [41] Collier, B.L. and Warchol, J. T., 1980 “The Effect of Inflation Pressure on Bias, Bias-Belted and Radial Tire Performans”. Society of Automotive Engineers, paper 800087.
- [42] Janssen, M.L. and Hall, G. L., 1980 “Effect of Ambient Temperature on Radial Tire Rolling Resistance”. Society of Automotive Engineers, paper 800090.
- [43] Bakker, E., Pacejka, H.B. and Lidner, L., 1989 “A New Tire Model with an Application in Vehicle Dynamic Studies”. Society of Automotive Engineers, paper 890087.
- [44] Pacejka, H.B. and Besselink I.J.M, 1997 “Magic Formula Tyre Model with Transient Properties” in F. Bohm and H. P. Willumeit, Eds., Proc. 2nd Int. Colloquium on Tyre Models for Vehicle Dynamic Analysis. Berlin, Lisse. Swets & Zeitlinger.

- [45] Kubat, C., 2013 MATLAB yapay zeka ve mühendislik uygulamaları. Pusula yayıncılık.
- [46] Arifoğlu, U., 2016 MATLAB Simulink ve mühendislik uygulamaları. Alfa Basım.
- [47] Houcque D., 2005 Introduction to MATLAB for engineering students. Northwestern University.
- [48] Savaş, K., 2007 Kontrol sistemleri için MATLAB’te GUI uygulamaları tasarımı. Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik-Bilgisayar Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.



ÖZGEÇMİŞ

Bayram Hasan Yiğit, 12.12.1966 tarihinde Adana'nın Feke ilçesinde doğdu. Lise eğitimini 1983 yılında Düziçi Öğretmen Lisesi Matematik bölümünde tamamladı. 1983 yılında başladığı ODTÜ / Gaziantep Makina Mühendisliği Bölümünü 1988 yılında bitirdi. 1988 ve 1989 yıllarında ÇİMSA / Mersin'de Beyaz Çimento Fabrikasının montajında, montaj mühendisi olarak çalıştı. 1989 ve 1990 yıllarında askerliğini yedek subay olarak yaptı. 1991 ve 1992 yıllarında ÇÜMİTAŞ / Tarsus'ta Proje Mühendisi olarak çalıştı. 1992 - 1998 yılları arasında TEMSA / Adana'da Proje Mühendisi olarak çalıştı. 1998 - 2008 yılları arasında TEMSA / Adana'da proje şefi olarak çalıştı. 2008 - 2012 yılları arasında TEMSA / Sakarya'da Üretim ve Fabrika Müdürü olarak çalıştı. 2013 – 2016 yılları arasında BAŞAK TRAKTÖR / Sakarya'da İş Geliştirme, AR-GE ve İnovasyon Müdürü olarak çalıştı. Halen Sakarya Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans yapmaktadır.