

**FARKLI ŞANZIMAN TİPLERİNE GÖRE ARAÇLARDA
PERFORMANS VE YAKIT TÜKETİMİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Seçil SANCAK



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ŞANZIMAN TİPLERİNE GÖRE ARAÇLARDA PERFORMANS VE
YAKIT TÜKETİMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Seçil SANCAK
0000-0003-0473-9331

Dr. Öğr. Üyesi Erol SOLMAZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020

TEZ ONAYI

Seçil SANCAK tarafından hazırlanan “FARKLI ŞANZIMAN TİPLERİNE GÖRE ARAÇLARDA PERFORMANS VE YAKIT TÜKETİMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Erol SOLMAZ

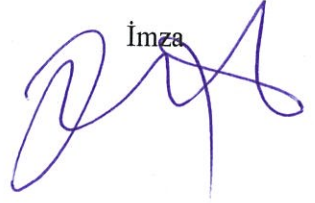
Başkan : Dr. Öğretim Üyesi Erol SOLMAZ
0000-0001-9369-3552
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Prof. Dr. M. İhsan KARAMANGİL
0000-0001-5965-0313
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Dr. Öğretim Üyesi Erdem UZUNSOY
0000-0002-6449-552X
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Hüseyin Eren AKŞEL *y.*
Enstitü Müdürü

.././....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18.09.2020

Seçil SANCAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ŞANZIMAN TİPLERİNE GÖRE ARAÇLARDA PERFORMANS VE YAKIT TÜKETİMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI Seçil SANCAK

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erol SOLMAZ

Otomotiv endüstrisinde taşıt dinamiğini ilgilendiren en önemli güç aktarma organlarından biri şanzımandır. Motorda üretilen gücün tekerleklere kadar ulaşmasını sağlayan güç aktarma organları içerisinde şanzımanlar, taşıt performansında ve yakıt ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır. Taşıt ve şanzıman fonksiyonel sistem olarak alınırsa vites sayısı, her bir vitesin dişli oranı ve bileşke vites oranı değerlendirilip, vites kutusu tasarımının nasıl olacağına karar verilebilir. Tasarımcı taşıtın maksimum hızına, taşıta uygun ivmelenmeye ve taşıta gerekli tırmanma performansına ve işletme koşullarını dikkate alarak karar verir. Tasarım konusunda sınırlandırma getiren diğer etmen şanzımanın güç aktarımındaki verimi ve özellikle yakıt tüketimidir.

Bu çalışmada, taşıtlarda güç aktarımı için kullanılan manuel, CVT ve EDC şanzıman tiplerinin araç performansları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla şanzıman oranları farklı olan A'dan E'ye beş araç belirlenmiştir. Belirlenen araçların hız, ivmelenme, motor gücü, eğim faktörü, tahrik kuvveti, toplam direnç kuvvetleri açısından karşılaştırılmaları yapılmıştır. Aynı motor güç ve momentine sahip olan D ve E araçlarında ayrıca tüketilen yakıt miktarı ve yakıt ekonomisi de değerlendirilmiştir. Çalışma neticesinde şanzıman türü CVT olan B aracının diğer araçlara göre 148,7 kW değerindeki motor gücüyle daha güçlü bir motora sahip olmasına rağmen düşük vites oranları nedeniyle tahrik kuvveti ve ivmelenme konusunda diğer araçların gerisinde kaldığı görülmüştür. Araçların hızları karşılaştırıldığında, en yüksek hız değerine 220 km/saat ile B ve D araçlarının ulaştığı belirlenmiştir. Yakıt tüketimi ve yakıt ekonomisi açısından yapılan değerlendirmeler neticesinde teknik özellikler dikkate alındığında manuel şanzımanlı D aracının %4,66 oranında daha fazla yakıt tükettiği, sadece vites oranlarının dikkate alındığında otomatik şanzımanlı E aracının %1,48 oranında daha fazla yakıt tükettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şanzıman, manuel, CVT, EDC, yakıt ekonomisi, yakıt tüketimi
2020, vii + 53 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

COMPARISON OF PERFORMANCE AND FUEL CONSUMPTION IN VEHICLES
ACCORDING TO DIFFERENT TRANSMISSION TYPES

Seçil SANCAK

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Automotive Engineering

Supervisor: Dr. Erol SOLMAZ

Transmission is one of the most important power transmission organs concerning vehicle dynamics in the automotive industry. Transmissions play an important role in vehicle performance and fuel economy among the power transmission organs that provide the transmission of the power produced in the engine to the wheels. If the vehicle and the transmission are taken as functional systems, the number of gears, the gear ratio of each gear and the resultant gear ratio can be evaluated and it can be decided how the gearbox design will be. The designer decides on the maximum speed of the vehicle, the acceleration appropriate to the vehicle, and the required climbing performance and operating conditions of the vehicle. Another factor limiting the design is the transmission's efficiency in power transmission and especially fuel consumption.

In this study, the effect of manual, CVT and EDC transmission types used for power transmission in vehicles on vehicle performance was investigated. For this purpose, five vehicles from A to E with different transmission ratios were determined. The determined vehicles were compared in terms of speed, acceleration, engine power, inclination factor, driving force, and total resistance forces. In D and E vehicles with the same engine power and torque, the amount of fuel consumed and fuel economy were also evaluated. As a result of the study, it was seen that the B vehicle with transmission type CVT has a more powerful engine with an engine power of 148.7 kW compared to other vehicles, but it lags behind other vehicles in terms of driving force and acceleration due to low gear ratios. When the speeds of the vehicles were compared, it was determined that B and D vehicles reached the highest speed value with 220 km / hour. As a result of the evaluations made in terms of fuel consumption and fuel economy, it was determined that the D vehicle with manual transmission consumes 4.66% more fuel when the technical features are taken into consideration, and the automatic transmission vehicle E consumes 1.48% more fuel when only the gear ratios are considered.

Keywords: Transmission, manual, CVT, EDC, fuel economy, fuel consumption
2020, vii + 53 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasında katkılarını ve ilgisini esirgemeyen baőta ailem olmak üzere saygı değer hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Erol SOLMAZ'a ve Prof. Dr. Mehmet İhsan KARAMANGİL'e teőekkürlerimi sunarım.

Seçil SANCAK
18.09.2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Şanzıman Çeşitleri	3
2.1.1. Manuel Şanzıman.....	3
2.1.1.1 Senkromeçsiz Şanzıman.....	3
2.1.1.2 Sürekli Kavramalı Şanzıman.....	3
2.1.1.3 Sekromeç Şanzıman.....	4
2.1.2. Otomotize Edilmiş Manuel Şanzımanlar	4
2.1.2.1 EDC Şanzıman.....	4
2.1.3. Otomatik Şanzıman.....	5
2.1.3.1 Sürekli Değişken Dişli Kutusu (CVT).....	6
2.2. Taşıtlardaki Yakıt Tasarrufu	7
2.2.1. Yakıt Tasarrufuna Etki Eden Etkenler	7
2.2.2. Yakıt Tasarrufunun Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	9
2.3. Analiz Edilen Araç Modelleri ve Genel Özellikleri.....	10
2.3.1. A Model Aracının Genel Özellikleri.....	10
2.3.2. B Model Aracın Genel Özellikleri	11
2.3.3. C Model Aracın Genel Özellikleri	12
2.3.4. Güç Aktarma Organlarının Genel Tanıtımı	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Araç Motor Hızlarının Hesaplanması	14
3.2. Araç Motor Gücünün Hesaplanması.....	15
3.3. Tahrik Kuvvetinin Hesaplanması.....	15
3.4. Yuvarlanma Direnci	16

3.5. Eğim Direnci	17
3.6. Hava Direnci	18
3.7. Toplam Direnç Kuvveti ve İvmelenme Direncinin Hesaplanması	18
3.8. Tırmanma Kabiliyeti	20
3.9. Yakıt Tüketiminin Hesaplanması.....	20
3.9. Araç Tiplerine Göre Teknik Özellikler	21
3.9.1.A Aracı İçin Teknik Özellikler	21
3.9.2 B Aracı İçin Teknik özellikler	23
3.9.3. C Aracı İçin Teknik Özellikler.....	25
3.9.4. D ve E Araçları İçin Teknik Özellikler	27
4. BULGULAR.....	30
4.1. A Aracı İçin Sonuçlar.....	31
4.2. B Aracı İçin Sonuçlar.....	36
4.3. C Aracı İçin Sonuçlar.....	41
4.4. D ve E Araçları İçin Sonuçlar	47
4.5. Yakıt Tüketim Hesabı	55
5. SONUÇ	62
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
CO ₂	Karbondioksit
Nm	Newtonmetre
V	Hız
kW	Kilowatt
mm	Milimetre
T	Tork

Kısaltmalar	Açıklama
EDC	Efficient dual clutch (Çift kavramalı otomatik şanzıman)
CVT	Continuously Variable Transmission (Sürekli değişken vites kutusu)
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AB	Avrupa Birliği
SAE	Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Topluluğu)
Cd	Hava sürüklenme katsayısı
Af	Araç yüzey alanı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. EDC şanzıman görseli	5
Şekil 2.2. CVT Şanzıman görseli	6
Şekil 2.3. Güç aktarma organları.....	13
Şekil 4.1. A aracındaki motorun, motor devir sayısına göre motor gücü ve motor momentinin değişimi.....	31
Şekil 4.2. A aracının hıza bağlı olarak vites değişim grafiği	32
Şekil 4.3. A Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.	34
Şekil 4.4 A aracı için araç hızına bağlı ivme grafiği.....	34
Şekil 4.5. A aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti.	35
Şekil 4.6. B aracındaki motorun, motor devir sayısına göre motor gücü ve motor momentinin değişimi.....	36
Şekil 4.7 B aracının hıza bağlı olarak vites değişim grafiği.	37
Şekil 4.8. B Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.	39
Şekil 4.9. B aracı her bir viteste araç hızına bağlı ivme değişimi.....	39
Şekil 4.10 B aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti	40
Şekil 4.11. C aracının motor devir sayısına göre motor gücü ve motor momentinin karşılaştırılması.	41
Şekil 4.12. C aracının hıza bağlı olarak vites değişim grafiği	42
Şekil 4.13 C Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı	44
Şekil 4.14. C aracı araç hızına bağlı ivme grafiği.....	45
Şekil 4.15. C aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti.	45
Şekil 4.16. D ve E araçlarında kullanılan motorun motor devir sayısına göre güç ve moment değişimi.....	47
Şekil 4.17. D aracının hıza bağlı olarak vites değişim grafiği.	48
Şekil 4.18 E aracının hıza bağlı olarak vites değişim grafiği.....	48
Şekil 4.19. D Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.	52
Şekil 4. 20 E Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.	52
Şekil 4.21 D aracı araç hızına bağlı ivme grafiği.....	53
Şekil 4. 22 E aracı araç hızına bağlı ivme grafiği	53
Şekil 4.23 D aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti	54
Şekil 4.24 E aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti	55
Şekil 4.25 Özgül yakıt tüketiminin kontur grafiği (x-engineer.org, 2020).	56
Şekil 4.26 Teknik özellikleri farklı D ve E aracının vites durumlarına göre yakıt tüketim miktarları	58
Şekil 4.27 Teknik özellikleri aynı olan D ve E aracının vites durumlarına göre yakıt tüketim miktarları.....	59
Şekil 4.28 Teknik özellikleri farklı olan D ve E aracının toplam yakıt tüketimi	60
Şekil 4.29 Teknik özellikleri aynı olan D ve E aracının toplam yakıt tüketimi.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. A model aracın genel özellikleri	10
Çizelge 2.2. B model aracın genel özellikleri	11
Çizelge 2.3. C model aracın genel özellikleri	12
Çizelge 3.1. Bazı zeminlerdeki yuvarlanma dirençleri.	17
Çizelge 3.2. A aracı için giriş parametreleri.	21
Çizelge 3.3. A aracı için güç aktarma organlarının değerleri	21
Çizelge 3.4. A aracındaki motorun motor devrine göre moment ve güç değerleri	22
Çizelge 3.5. B aracı için giriş parametreleri.....	23
Çizelge 3.6. B aracı için güç aktarma organlarının değerleri.....	23
Çizelge 3.7. B aracının motor devrine göre motor momenti değerleri	24
Çizelge 3.8. C aracı için giriş parametreleri.....	25
Çizelge 3.9. C aracı için güç aktarma organlarının değerleri.....	25
Çizelge 3.10. C aracının motor devrine göre motor momenti değerleri	26
Çizelge 3.11. D aracı için giriş parametreleri.	27
Çizelge 3.12. E aracı için giriş parametreleri.....	27
Çizelge 3.13. D aracı için güç aktarma organlarının değerleri	28
Çizelge 3.14. E aracı için güç aktarma organlarının değerleri.....	28
Çizelge 3.15. D ve E araçlarının motor devrine göre motor momenti ve motor gücü değerleri.....	29
Çizelge 4.1. A aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları.....	32
Çizelge 4.2. A aracı için tahrik kuvvetleri tablosu	33
Çizelge 4.3. B aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları.....	37
Çizelge 4.4. B aracı için tahrik kuvvetleri tablosu.....	38
Çizelge 4.5. C aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları.....	42
Çizelge 4.6. C aracı için tahrik kuvvetleri değerleri.	43
Çizelge 4.7 D ve E aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları	49
Çizelge 4.8. D aracı için tahrik kuvvetleri tablosu.....	50
Çizelge 4.9. E aracı için tahrik kuvvetleri tablosu	50
Çizelge 4.10. Senaryoda değerlendirilen vites sayısına bağlı hız tablosu.....	60

1. GİRİŞ

Taşıtlar günümüzün vazgeçilmez unsurlarının arasındadır. Farklı güç, hız, tork ve yol şartlarında taşıtların güvenle ve verimli bir şekilde çalışmasında şanzımanların önemli rolü bulunmaktadır. Şanzımanlar yalnızca taşıtlarda değil günlük hayatta torna gibi çeşitli takım tezgahlarında tork ve devir parametrelerinin ayarlanmasında da kullanılmaktadır (Aysal, 2014). Gemiler ve savaş uçakları dâhil bütün motorlu taşıtlar, torku ve dönme yönünü değiştirebilmek için transmisyona gereksinim duyar. Şanzımanların arasında fonksiyonlarına ve kullanım amaçlarına göre belirgin bir ayrım mevcuttur.

Taşıtların şanzımanlarının ilk çıkış noktasında insan ve kas gücünün daha verimli kullanılabilmesi için hareket edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda 1500 yıllarında Albrecht Dürer, konik dişli, düz dişli ve bir baskı krank'ını kullanarak kas gücü ile çalışan bir taşıtlı, sınırlı insan gücünden daha etkili bir biçimde kullanmak için tasarlamıştır. 1754 yılında da Euler tarafından evolvent dişli eğrisi dişli kanunu oluşturulmuştur. James Watt 1784'te buhar makinesinde kullanılmak üzere dişlilerin sabit olduğu tırnaklı kavrama ile çalışan iki vitesli hızı değiştirebilen vites kutusunu icat etmiştir (Lecher & Naunheimer, 1999).

Taşıtların şanzımanlarında geliştirme yapılırken ele alınan temel nokta motordan taşıtlı çekiş sağlayan gücün dönüşümünü mümkün olan en verimli şekilde getirmek ve bunu yaparken taşıtlı hızından kayıp vermemektir. Bu da taşıtlı vites sayısı, tırmanma performansı, ivmelenme ve yakıt tüketimi arasında iyi bir denge sağlanarak başarılabilir. Ayrıca teknolojik gelişmeler uygulama güvenilirliği, çevresel kaygılara uygunluk ve sosyal etkiler açısından da dikkate alınmalıdır (Aysal, 2014).

Otomotiv sanayisinde sürüş konforunun ve yakıt veriminin artırılması için çalışmalar artmıştır. Güç aktarma organı olarak şanzımanlar taşıtların performansında ve harcanan yakıtın ekonomisinde önemli role sahiptir. Güncel olarak çeşitli tiplerde şanzımanlar ve ilgili teknolojiler bir araca yerleştirildiğinde farklı performanslar oluşmaktadır (Lecher & Naunheimer, 1999). Elektronik kontrol sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasıyla vites kutularında çeşitlilik artış göstermektedir. Vites kutularının genelinde hareket iletimi dişliler vasıtasıyla sağlandığından sürtünme kayıpları hala ciddi problemdir. Farklı yapıdaki vites kutularında, dişlilerdeki sürtünme kayıpları, yataklardaki sürtünme

kayıpları ve dişlilerin yağa çarpmasıyla oluşan kayıplar vites kutusu verimlerini ciddi oranda etkilemektedir. Sürtünmenin en az olduğu direkt hareket iletiminde verim en yüksek değerdedir. Manuel şanzımanlar yaklaşık olarak %96,2 verime sahiptir ki, bu verim şanzımanlar için en yükseğidir. Güncel otomatik şanzımanlar ise %93'ten daha yüksek verime sahip değildir. Otomatikleştirilen manuel şanzıman ile manuel şanzıman birbirlerine benzer bir verime sahiptir. Bunun yanı sıra geleneksel otomatik şanzıman ile benzer fonksiyonel kolaylık sağlar. Otomatikleştirilmiş grup dişli mili için iki farklı uygulanabilir dizayn yöntemi bulunmaktadır. Birincisinde tek kavrama bulunur ve esas olarak bir manuel şanzıman ilave edilen kontrol ünitesi kavrama ve vites geçiş sürecini otomatikleştirir. Bu dizaynda vites değişimi sırasında motordan kavramaya geçiş kesildiğinden dolayı tork kesilmesi meydana gelir. Bu tork kesintisi beklenmedik bir biçimde yolcuların olası bir sarsıntıyı hissetmesine neden olmaktadır. Motor ve şanzımanın arasında çift kavrama kullanılan diğer dizayn sistemi tek kavramalı versiyonun eksiklerinin üstesinden gelmektedir (Großpietsch & Sudau, 2000). İkili kavrama sistemi alternatifli olarak farklı viteslerde devreye girmektedir. Böylece güç aktarımı vites geçişi sırasında kullanılan kavrama kaçırma kontrolünün sayesinde sürekli olmaktadır. Vites geçişinin karakteristiğindeki kavramalar arası geçişin neticeleri genelde geleneksel otomatik şanzımanlarda da görülmektedir (Aysal, 2014).

Otomotiv üreticileri araçlarda yakıt ekonomisini geliştirmek ve buna bağlı olarak egzoz emisyonlarının olumsuz etkilerinin azaltılması için çalışmalar yapmışlardır. Düşük yuvarlama direncinde tekerlek yüzeyleri, sürtünme azaltıcı malzemeler ve tasarımların üzerinde araştırmalar sürdürülmektedir.

Bu noktada, yakıt ekonomisine etki eden faktörlerin çeşitliliği önem arz etmektedir. Yakıt ekonomisini etkileyen önemli faktörlerin başında içten yanmalı motorun verimi, motor ile aktarma organları arasındaki uyum, lastikler, aracın aerodinamik formu ile aracın kullanım karakteristiği yani sürücünün sürüş tarzı gelmektedir.

Bu çalışmada; farklı motor gücüne sahip araçlarda farklı şanzıman tiplerine (manuel, yarı otomatik ve tam otomatik) göre vites dişli oranları ve aracın teknik özellikleri kullanılarak performans karşılaştırmasını yapmak amaçlanmıştır. Ayrıca aynı motoru

kullanan manuel ve otomatik vites kutusuna sahip iki farklı aracın yakıt performans değerleri karşılaştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Şanzıman Çeşitleri

2.1.1. Manuel Şanzıman

Kayıcı manşonlu vites kutularında dişliler bir ana mil üzerinde burç veya yay yataklar üzerinde dönmektedir. İlgili dişlilerin etkileşimi, dişlilerin göbek kısımlarında bulunan kurt dişli kavrama tertibatları ile sağlanmaktadır. Kurt dişlilerin etkileşimi, düz vites dişlilerine oranla daha kolay olmaktadır. (Demir, 2016). Manuel şanzıman aracın seyir edebileceği vites dişliyi manuel olarak seçilen şanzıman tipidir. Senkromeçsiz şanzıman, sürekli kavramalı şanzıman ve senkromeç şanzıman olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir.

2.1.1.1 Senkromeçsiz Şanzıman

En eski ve en basit manuel şanzıman tipidir. Seçici çatalar kullanılarak dişli ana mil üzerindeki dişli çiftlerinin kayma hareketi ile dişliler birbirine geçer. Bu tür dişli kutusunun en büyük dezavantajı, çeşitli dişliler farklı hızlarda dönerken vites değişimleriyle ilişkili dişli çatışmasıdır.

2.1.1.2 Sürekli Kavramalı Şanzıman

Modern manuel şanzımanlı otomobiller, sürekli kavramalı dişli kutusu ile donatılmıştır. Bu şanzıman çeşidi genel olarak dört ya da beş ileri vites ve bir geri vitese uygundur. Dişli ana mil üzerinde kayan çeneli kavramalar kullanılarak değiştirilir.

2.1.1.3 Sekromeç Şanzıman

Bu dişli kutusu, ana şaftın grup dişli miline tüm dişlilerinin geçmesi açısından sürekli kavramalı şanzımana benzer. Grup dişli mili üzerinde ki dişliler onlara sabitlenirken ana şaft üzerinde ki dişliler serbest dönme hareketi yapmaktadır. Çalışma metodu olarak sürekli kavramalı şanzımana benzer.

2.1.2. Otomotize Edilmiş Manuel Şanzımanlar

Çift kavramalı manuel şanzımanlar manuel şanzımanlara göre daha fazla gücü iletebilen ve daha yüksek performans gösteren şanzıman tipleridir. Genellikle çeşitleri otomotiv markalarına göre değişkenlik göstermektedir. EDC, DSG vb. gibi çeşitleri bulunmaktadır. Bu dişli kutularının avantajı motor ve şanzıman arasında direkt olarak iletişim sağlar ve motor gücünün %100 ünün tekerleklere iletilmesine izin verir.

2.1.2.1 EDC Şanzıman

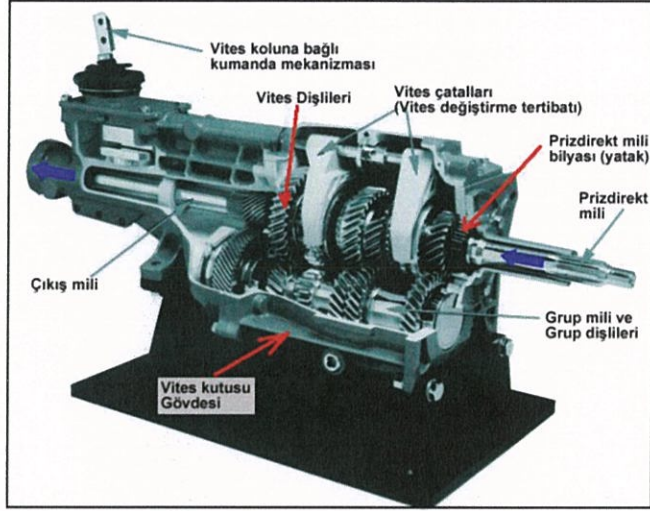
Renault Şirketi, standart bir otomatik şanzıman türüne kıyasla %17'ye varan bir adım öne çıkaran bir standart yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonu sağlayan Efficient Dual Clutch (EDC) adlı altı vitesli, çift kavramalı şanzıman vites kutusu geliştirmiştir.

EDC, aracın yük ve yol durumuna uygun olarak kendiliğinden vites değişimi yapan vites kutusudur.

Genel yapısı;

Vites kutuları genel olarak alüminyum alaşımlı bir gövdeye sahiptir.

İçerisinde milleri destekleyen yataklar, dişliler, yapısına göre senkromeç mekanizması ve vites değiştirme tertibatı bulunur.



Şekil 2.1. EDC şanzıman görseli.

EDC Vites Kutusu Avantajları;

Tam otomatik tork konvertörlülere oranla yakıt tüketiminde %20'lik bir iyileşme sağlamaktadır. Emisyon oranında ise özellikle CO₂ 30 g/km iyileşme göstermektedir. Vites kutusunun maksimum tork aktarım limiti 280 Nm'dir. Manuel vites kutularında vites geçişi esnasında bir titreşim meydana gelir ve aynı zamanda güç kesintisi oluşur. Ancak EDC vites kutusunda vites geçişleri hızlı ve sarsıntısız gerçekleşir ve güç kesintisi de olmamaktadır.

2.1.3. Otomatik Şanzıman

Otomatik şanzıman motorlu aracı sürerken belli bir motor devir hızı için, tekerleklerin devir hızının kademeli olarak, motor gücünü ileten dişlileri değiştirerek yükseltilmesi ya da alçaltılması işleminde sürücünün işini kolaylaştıran bir mekanizmadır. Otomatik şanzımanda, sürücü genelde sadece 4 olanaktan - boş (N), ileri (D), geri (R) ve park (P) biri ile seyahat eder.

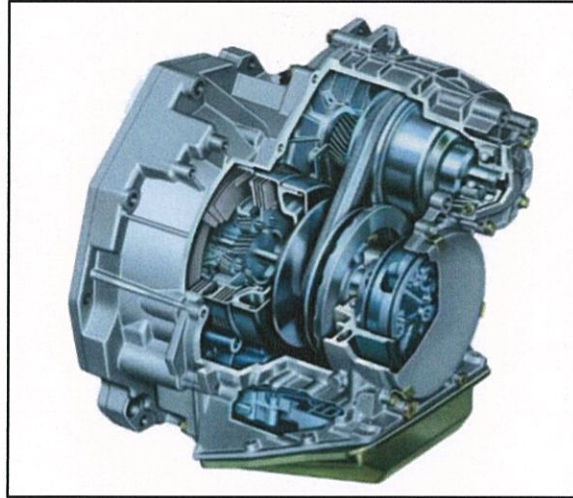
2.1.3.1 Sürekli Değişken Dişli Kutusu (CVT)

CVT (Sürekli değişken vites kutusu)'nin açılımı “sürekli değişken iletim” ya da sürekli değişken hareket iletimi” şeklinde çevrilmektedir. CVT'nin elektronik olarak kontrol edileni ise ECVT'dir.

CVT vites kutusunun hem manuel kontrollü vites kutusu hem de otomatik kontrollü vites kutusu sistemlerine göre birçok avantajı vardır. Gürültüsünün az olması, yakıt sarfiyatının düşük olması ve vites geçişlerinin sarsıntısız gerçekleşmesi bunlardan birkaçıdır.

Günümüzde birçok otomobil şirketi hem benzinli hem de elektrik ile çalışan hybrid araçları üretmek için çalışmalara daha çok önem vermektedir. Hybrid otomobillerin birçoğunda CVT veya ECVT vites kutusu kullanılmaktadır. (Tuncel, 2014).

İçten yanmalı bir motora sahip taşıtta, taşıtın içten yanmalı motorundan tahrik aksına gelinceye kadar gücü aktaran aktarma organları; kavrama ve debriyaj (hız dönüştürücü), vites kutusu (moment dönüştürücü) ve diferansiyel (moment dağıtıcıdan) oluşmaktadır.



Şekil 2.2. CVT Şanzıman (Tuncel, 2014).

2.2. Taşıtlardaki Yakıt Tasarrufu

Günümüzde kullandığımız ve kullanmakta olduğumuz petrol türevi yakıtların sınırlı olması ve bunların çevreye olumsuz etkileri insanları araştırmaya ve farklı enerji kaynaklarını daha verimli ve ekonomik şekilde kullanmaya itmektedir. (Hacıbekir, 2006).

2.2.1. Yakıt Tasarrufuna Etki Eden Etkenler

En iyi yakıt tasarrufunu sağlamak amacıyla, tasarlanacak taşıtın aerodinamik yapısı ve ağırlığı, mekanik sistemleri, motor performansını etkileyebilecek durumları ve motordan elde edilebilecek verimin maksimum şekilde kullanılabilirliği ve yakıt tüketimini etkileyen parametrelerin bilinmesi gereklidir. Motorlu taşıtlarda, taşıtın sahip olduğu özellikler, kullanıldığı yer ve taşıtı kullanan kişi olmak üzere üç ana etken yakıt tüketimine etki etmektedir. (Yavaşlıol, 1984).

İçten yanmalı motorlarda yakıt tüketimini etkileyen belli başlı parametreler bulunmaktadır. Yakıt silindir içerisinde atomize bir şekilde gönderilmesi, yakıtın sıcaklığı, tutuşma kabiliyeti, silindir içerisinde hava ile homojen dağılım göstermesi gibi etmenler yakıt tüketimine etki etmektedir. (Hacıbekir, 2006).

Taşıtlarda sadece içten yanmalı motorlar yakıt tüketimine etki etmemektedir. Bunlar dışında taşıt mekanik aksamı da yakıt tüketiminde rol almaktadır. Kavrama, dişli kutusu, şaft, diferansiyel dişli kutusu, aks ve tekerlekler güç aktarma organlarını oluşturmakta ve bu mekanik aksamlar yakıt tüketimini etkilemektedirler.

Güç aktarma organlarından biri olan kavrama; mekaniksel verimi, sürtünme sebebi ile oluşan kayıplar büyük ölçüde yakıt tüketimini etki etmektedir. Diğer bir güç aktarma organı olan vites kutusu, otomatik ya da manuel olmasına göre yakıt tüketimine büyük ölçüde etki etmektedir. Belirtilen iki karakteristik birbirine yakın olduğu zaman yakıt tüketimi de az olacaktır (Özkan, Trafik yoğunluğunun ve sürüş karakteristiğinin yakıt tüketimine etkilerinin örnek güzergahta karşılaştırılması ve öneriler, 1999).

Tekerlekler, yakıt tasarrufunu etkileyen diğer bir etkendir. Seyir halindeki araçlarda lastiklerin zemin ile sürtünmeleri, kalitesi, içerisindeki hava miktarı birtakım dirençler

meydana getirmektedir. Bu dirençlerden en ciddi olanı yuvarlanma direncidir. Yuvarlanma direncinin büyüklüğünü taşıtın lastik kalitesi, fiziksel özellikleri, tekerleğin temas ettiği zemin gibi parametreler etkiler. (Özkan, Trafik yoğunluğunun ve sürüş karakteristiğinin yakıt tüketimine etkilerinin örnek güzergahta karşılaştırılması ve öneriler, 1999).

Yakıt sarfiyatını etkileyen parametrelerden bir diğeri de taşıtın ağırlığıdır. Taşıt ağırlığının yüksek olması motor tarafından karşılanması gereken güç, tork değerlerinin ve yuvarlanma direncinin artmasına neden olur. Son yıllarda, motorlu taşıtların ağırlıklarının azaltılması adına çeşitli optimizasyonlar yapılmaya başlanmıştır. Bu optimizasyonlar; taşıtın motoru, güç aktarma organları ve taşıt iskelet sistemini kapsamaktadır. (Hacıbekir, 2006).

Motorlu taşıtların aerodinamik yapıları yakıt tüketimini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Özellikle son zamanlarda yağmur damlası formu çoğunlukla kullanılmaktadır. Bu form ile rüzgâr direnci azaltılmaktadır.

Taşıt hareket halinde iken ortam basıncı ve sıcaklığı yakıt sarfiyatını etkileyen diğer parametrelerin başında gelmektedir. Ortam sıcaklığının düşük seviyede olması durumunda motorun ısınma süresinin gecikeceği için kötü yanmaya neden olur. Dolayısı ile kötü yanma daha fazla yakıtın kullanılmasına ve emisyonlarında kötüleşmesine neden olur. (Hacıbekir, 2006).

Motorlu taşıtın kullanıldığı yer de yakıt sarfiyatı açısından önemlidir. Şehir içinde kullanılan taşıt ile şehir dışında kullanılan taşıtın yakıt tüketimleri birbiri ile aynı olmasını bekleyemeyiz. Bunun en önemli sebebi hem taşıtın belli bir hız limitinde ilerleyecek olması hem de şehir içinde sürekli dur kalk yapmasıdır.

Taşıt kullanımı ve taşıt sürüş karakteristiği yakıt sarfiyatı açısından son derece önemli bir konudur. Motorlu taşıtların yakıt tüketimi, yukarıda belirtilen motor, mekanik aksamlar ve ortam ile ilgili değişkenlere bağlı olmasının yanı sıra taşıtı kullanan kişinin sürüş karakteristiğine bağlıdır.

2.2.2. Yakıt Tasarrufunun Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Günümüzde taşıt alımı yaparken dikkat edilen belli başlı konular vardır. Bunlardan en önemlisi taşıtın yapmış olduğu yakıt sarfiyatıdır. Otomobil üreticileri taşıt tasarımı yaparken bu parametreye özellikle dikkat ederek daha iyi performans gösteren motor ve taşıt aerodinamiği ve mekanik aksamın tasarımına da dikkat ederler (Yavaşlıol, 1984).

İçten yanmalı motora sahip taşıtların yakıt sarfiyatının belirlenmesinde simülasyon testleri ve gerçek yol testleri olmak üzere iki ana grupta incelenecek yöntemler vardır (Özkan, 1997).

Taşıt simülasyon yöntemi yakıt sarfiyatını belirlemede gerçek yol testlerine göre daha sık kullanılan bir yöntemdir. Taşıt simülasyonu, gerçek sistem ile neredeyse aynı performansı gösteren, donanımsal açıdan oldukça gerçeğe yakın olan ve matematiksel model oluşturulabilen bir sistemden oluşmaktadır.

Yakıt tüketimini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan ilki yol şartlarının ve seyir dirençlerinin simülasyonunun gerçekleştirilmesi esasına dayanan simülasyonlardır. Simülasyon çalışmalarının ikinci ana grubu ise içerisinde donanım bulundurmayan, motorun, aracın, yol ve diğer tüm şartların modellerle oluşturulduğu bilgisayar simülasyonlarıdır. (Hacıbekir, 2006).

Bilgisayar simülasyon çalışmaları, sonuçların ortam koşullarından ve kullanım karakteristiğinden etkilenmemeleri, kısa sürede sonuçlanmaları, istenilen sayıda tekrarlanarak rastlantısal hataların giderilmesinde kolaylık sağlamaları, maliyetlerinin düşük olması, seyir ve ortam parametrelerinin kontrol edilebilmesi, araç daha tasarım aşamasındayken yakıt tüketiminin belirlenip iyileştirilebilmesini sağlamaları dolayısıyla tercih edilmektedir. (Özkan, 1999).

2.3. Analiz Edilen Araç Modelleri ve Genel Özellikleri

Analizimiz esnasında farklı şanzıman tipi, motor gücü ve motor torkuna sahip araçlar tercih edilmiştir. Araç modelleri sadece binek araçlardır. Tercih edilen araç modellerinin genel özellikleri 2.3.1, 2.3.2 ve 2.3.3 de verilmektedir.

2.3.1. A Model Aracının Genel Özellikleri

A modelinin özelliklerine göre araçta yüksek verimli ve hafif yapılı 3500 dev/dak hızda 236 Nm'lik moment üreten benzinli motor mevcuttur. Bu araç 0-100 km/saat hıza 9,7 saniyede çıkmaktadır ve maksimum hızı 200 km/saat'e ulaşabilmektedir. A modeli ile ilgili genel özellikler Çizelge 2.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. A model aracın genel özellikleri.

Gövde tipi	Coupe, 3 kapı, 5 koltuk
Maksimum hızı	200 km/saat 9,7 saniye-0-100 km/saat
Motor gücü	117,5 kW, 5500 d/dk
Motor boyutu	1,4 lt 1395 cm ³
Silindir sayısı	4, sıralı
Silindir çapı	78 mm
Yakıt tipi	Benzin
Çekiş türü	Önden çekiş
Araç uzunluğu	4299 mm
Araç genişliği	1785 mm
Tekerlek yarıçapı	0,315 m
Net ağırlık	1205 kg
Brüt ağırlık	1772 kg
Vites sayısı	6
Şanzıman türü	Manuel

2.3.2. B Model Aracın Genel Özellikleri

B modeli aracında 3000 dev/dak hızda 339 Nm'lik moment üreten benzinli bir motor mevcuttur. Bu araç 9,2 saniyede 100 km/saat hıza ulaşabilmekte ve maksimum hızı 220 km/saat 'dir. B modeli ile ilgili genel özellikler Çizelge 2.2'de daha ayrıntılı belirtilmiştir.

Çizelge 2.2. B model aracın genel özellikleri.

Gövde tipi	Hatchback, 5 kapı, 5 koltuk
Maksimum hızı	220 km/saat 9,2 saniye-0-100 km/saat
Motor gücü	148,7 kW, 5000 d/dk
Motor boyutu	2,0 lt 1998 cm ³
Silindir sayısı	4
Silindir çapı	82,7 mm
Yakıt tipi	Benzin
Çekiş türü	Önden çekiş
Araç uzunluğu	4695 mm
Araç genişliği	1811 mm
Tekerlek yarıçapı	0,321m
Net ağırlık	1542 kg
Brüt ağırlık	1961 kg
Şanzıman türü	CVT (Otomatik Şanzıman)

2.3.3. C Model Aracın Genel Özellikleri

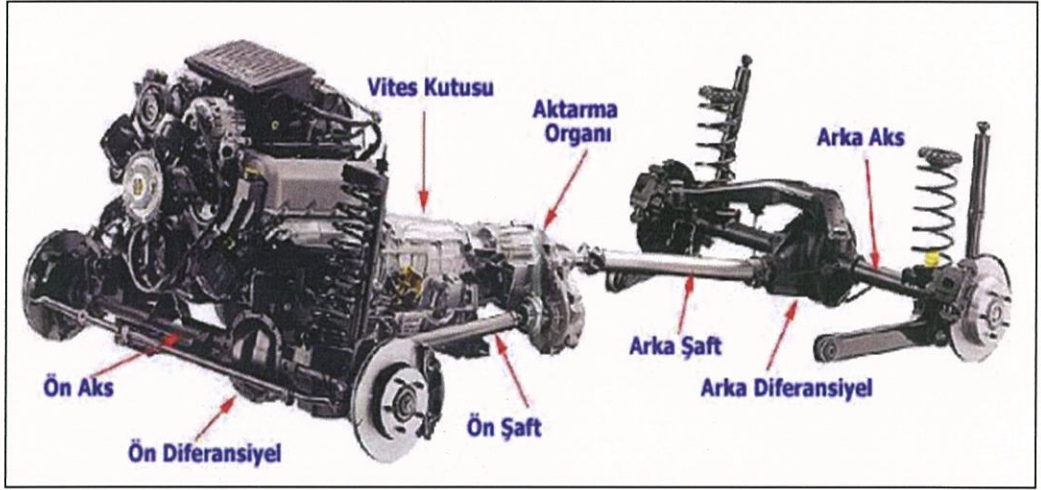
C modeli araçta 2000 dev/dak hızda 220 Nm'lik moment üreten benzinli motor mevcuttur. Bu araç 0-100 km/saat hıza 9,9 saniyede ulaşabilmekte ve maksimum hızı 209 km/saat'e ulaşabilmektedir. C modeli ile ilgili genel özellikler Çizelge 2.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. C model aracın genel özellikleri.

Gövde tipi	Kombi, 5 kapı, 5 koltuk
Maksimum hızı	209 km/saat 9,9 saniye-0-100 km/saat
Motor gücü	102,6 kW,5000d/dk
Motor boyutu	1,6 lt 1618 cm ³
Silindir sayısı	4, sıralı
Yakıt tipi	Benzin
Çekiş türü	Önden çekiş
Araç uzunluğu	4866 mm
Araç genişliği	1870 mm
Tekerlek yarıçapı	0,339 m
Vites sayısı	7
Şanzıman türü	EDC

2.3.4. Güç Aktarma Organlarının Genel Tanıtımı

Güç aktarma organları, güç kaynağının ürettiği kullanılabilir enerjiyi nihai uygulama noktasına (zemine) ileten parçaların oluşturduğu sistemdir. Aktarma organlarının ana elemanları; güç kaynağı olan motordan sonra kavrama (debriyaj), vites kutusu (transmisyon veya şanzıman), kardana mil (kardan kavramalı mil veya şaft), diferansiyel, aks (tahrik mili) ve tekerleklerdir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Güç aktarma organları (Gillespie, 1992).

Aktarma organlarının içten yanmalı motorlarla ilgili iki ana görevi vardır:

1. Motor sadece belirli bir devir sayısının üzerinde moment ve güç verebilmektedir. Ancak taşıtın sıfır hızından itibaren başlangıç için büyük momente gereksinmesi vardır.
2. Motorun moment ve güç karakterleri taşıt için gerekli olan ideal karakterden farklıdır. Bu farklılığın dönüştürücüler kullanılarak giderilmesi gerekir.

Bu iki fonksiyonu yerine getirmek üzere hız değiştiriciler (debriyaj kavramaları) ve moment değiştiriciler (vites kutuları ve dişli grupları) kullanılmaktadır. (Çetinkaya, 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasında kullanılan araçların kıyaslanmasının yapılabilmesi amacıyla motor gücü, her vitesteki araç hızları, ivmelenme direnci, yuvarlanma direnci, hava direnci, tahrik ve direnç kuvvetlerinin hesapları yapılmıştır. Bu bölümde performans açısından kıyaslanılan araçların teknik özellikleri ve kullanılan formüller verilmiştir. Gerekli hesaplamaların yapılabilmesi için kullanılan formüller ve açıklaması alt başlıklar altında bu bölümde yer almaktadır.

3.1. Araç Motor Hızlarının Hesaplanması

Tez çalışmasında değerlendirilmesi gerçekleştirilen araçların her vites ve her devir sayısındaki araçların hesaplanabilmesi için kullanılan denklem;

$$V_{araç} = \left(\frac{n_e / 60}{i_t * i_d} * 2 * \pi * r_t \right) * 3,6 \quad (3.1)$$

şeklindedir. Denklem içerisinde kullanılan simgelerin açıklaması aşağıda belirtilmiştir.

- $V_{araç}$ = Araç hızı (km/sa),
 n_e = Motor devir sayısı (dev/dak),
 i_t = Vitesin dişli oranı,
 i_d = Diferansiyel oranı
 r_t = Efektif tekerlek yarıçapı (m),

Denklem 3.1’de yer alan “3,6” çarpanı ise araç hızınının km/sa cinsinden sonucu elde etmek için kullanılan çarpandır.

3.2. Araç Motor Gücünün Hesaplanması

Araçların motor güçlerinin karşılaştırılmasının yapılabilmesi için Denklem 3.2 kullanılmıştır.

$$P_e = 2 * \pi * \frac{n_e}{60} * T_e \quad (3.2)$$

P_e = Motor gücü (Watt),

n_e = Motor devir sayısı (dev/dak),

T_e = Motor Momenti (Nm),

3.3. Tahrik Kuvvetinin Hesaplanması

Bir taşıt sürekli değişen direnç kuvvetlerinin etkisi altında kalmaktadır. Bununla birlikte sürücünün taşıta hız kazandırma veya ivmelendirme isteğine karşılık içten yanmalı motorun gerektiği zaman moment artışı gerektiği zaman ise hız artışı sağlaması gerekmektedir. Taşıtta güç sabit kaldığında taşıtın hızına bağlı olarak moment azalmaktadır. Taşıt hızının düşük kaldığı durumlarda yüksek moment gerekmektedir. Moment değeri taşıtın ilk harekete geçişin ve eğim çıkabilme yeteneğini belirlemektedir. Araçların motor momentinden dolayı oluşacak tahrik kuvveti aşağıda verilen denklem ile gerçekleştirilmiştir.

$$F_t = \frac{T_e * \eta_t * i_t * i_d}{r_w} \quad (3.3)$$

T_e = Motor momenti (Nm)

η_t = Aktarma organlarının verimi,

i_t = Vitesin dişli oranı,

i_d = Diferansiyel oranı,

r_w = Efektif tekerlek yarıçapı (m),

F_t = Tahrik kuvveti (N)

3.4. Yuvarlanma Direnci

Hareket eden tekerlekli araçların hareketlerine karşı koyan dirence, yuvarlanma direnci adı verilmektedir. Bir lastik tekerleğin yuvarlanma direnci; tekerleğin bağlı olduğu yatak (rulman) dan gelen iç sürtünme, lastik tekerleklerdeki esneme (deformasyon) ve toprağa batma (penetrasyon) dirençlerinin toplamından oluşmaktadır.

Yuvarlanma direncinin büyüklüğü, yuvarlanma direnci katsayısı ile değerlendirilmektedir. Bu katsayı, yuvarlanma direncinin, tekerleğe gelen yüke oranıyla hesaplanmaktadır. Genellikle patinaja bağlı olmayan yuvarlanma direnci katsayısı, artan tekerlek çapıyla azalmaktadır. Yuvarlanma direnci, yuvarlanma direnci katsayısı ya da bir ton ağırlığa düşen direnç kuvveti ile ifade edilebilir. Çizelge 3.1’de bazı zeminlerdeki yuvarlanma direnci katsayılarını vermektedir. Bir motorlu aracın yuvarlanma direnci (R_y) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$R_y = G * f \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

R_y : Yuvarlanma direnci (N)

G : Aracın ağırlığı (N),

f : Yuvarlanma direnci katsayısıdır

Yuvarlanma direnci hesaplarında araçlarımız sabit olarak yüksek basınçlı beton yolda seyir ettiği dikkate alınmıştır. Bu nedenle tüm hesaplamalarımızda yuvarlanma direnci katsayımız 0,02 olarak alınmıştır.

Çizelge 3.1. Bazı zeminlerdeki yuvarlanma dirençleri.

Zemin Durumu	Lastik Tekerlek		Tırtıl
	Yüksek Basınçlı	Düşük Basınçlı	
Beton yol	0,02	0,025	0,028
İyi tarla yolu	0,05	0,035	0,040
Kuru, sert tınlı kil	0,05-0,09	-	-
Kuru, sertçe anız	0,05-0,10	0,04	0,06
Kuru, normal tarla toprağı	0,07-0,12	-	-
Nemli, sertçe anız	0,12	0,8	0,07
Kuru, tınlı kum	0,10-0,15	-	-
Nemli, tınlı kum, anızlı	0,12-0,17	0,12	0,10
Çok nemli, kumlu tın, killi tın	0,15-0,25	0,15	-
Nemli, balçıklı kum	-	0,20	-
Islak killi tın, yapışkan tarla toprağı	0,20-0,35	0,25	-

(acikders.ankara.edu.tr)

3.5. Eğim Direnci

Eğim direnci, araç eğik düzlemde çıkış yaparken yenilmesi gereken yerçekimi kuvvetidir. Eğim genellikle % olarak ifade edilir. Yokuş tırmanırken arka dingil basıncı artacağından arkadan çekişli araçlar avantajlı bir duruma gelir.

Eğim direncinin hesaplanabilmesi için Denklem 3.5' kullanılmıştır.

$$R_e = m * g * \sin(\alpha) \quad (3.5)$$

Denklemde

R_e : Eğim direnci (N)

m : Aracın kütlesi (kg)

g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

α : Eğim açısı (derece), ifade edilmektedir.

3.6. Hava Direnci

Hava direnci, havanın akışkan olarak kabul edilmesi durumunda, durgun hava içerisinde v hızı ile hareket eden araca hareket yönünün tersi yönde etkileyen kuvvettir. Bu kuvvet aracın çevresinden akan havanın dinamik basıncına, aracın hareket yönüne dik kesit alanına ve aracın aerodinamik yapısına bağlıdır.

$$R_h = 0,5 * \rho_{hava} * C_d * A_f * V^2 \quad (3.6)$$

Verilen denklemde

R_h : Hava direnci (N)

ρ_{hava} : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

C_d : Hava sürüklenme katsayısı (-)

A_f : Aracın ön tarafının alanı (m^2)

V : Aracın hızı (m/s) , ifade edilmektedir.

3.7. Toplam Direnç Kuvveti ve İvmelenme Direncinin Hesaplanması

Taşıtlarda yuvarlanma direnci ve eğim direnci taşıt hızına göre değişim göstermemektedir. Hava direnci ve ivmelenme direnci ise taşıt hızının yükselmesiyle birlikte katlanarak artmakta büyük değerlere ulaşmaktadır. Bu miktardaki direnç kuvvetlerini yenebilmek için tahrik kuvvetinin artırılmasına ihtiyaç vardır. Taşıt performansı taşıtın çıkabileceği maksimum eğim miktarına, taşıtın ivmelenme yeteneğine ve engeller üzerinde aşabilme kabiliyetine bağlıdır. Araçlarda toplam direnç hesabının gerçekleştirilmesi için aşağıda belirtilen Denklem 3.7 kullanılmıştır.

$$\sum R_t = R_h + R_y + R_e \quad (3.7)$$

R_y = Yuvarlanma direnci,

R_e = Eğim direnci ($mg\sin(\alpha)$),

R_h : Hava direnci,

$\sum R_t$: Toplam direnç

Atalet, ivmeli hareket eden bütün cisimlerin sahip olduğu bir kavramdır. Motorlu araçlar ivmeli hareket ettiklerinden, hızlanma ve yavaşlamalarında atalet kuvvetleri ortaya çıkmaktadır. Yavaşlamalarda ivme negatif yönlü olup, aracı ileri doğru hareket ettirme eğilimindedir. İvmelenme direncinin hesaplanması iki farklı şekilde yapılabilir. Denklem 3.8 ve 3.9'da verilmiştir.

İvmelenme direnci (R_i) aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$R_i = \frac{c_1 * G}{g} * a = \frac{c_1 * G}{g} * \frac{V_2 - V_1}{t} \quad (3.8)$$

Eşitlikte;

a: İvme (m/s^2),

g: Yerçekimi ivmesi ($9,81 m/s^2$),

V_1, V_2 : Hızlanma başlangıcı ve sonundaki hız değerleri (m/s),

t: Hızlanma süresi (s),

c_1 : Kütle katsayısıdır.

İvmelenme direncini ayrıca şu şekilde hesaplayabiliriz;

$$F_n = m_{eq} * a_v = \Sigma R_i = F_t - (R_y + R_e + R_h) = F_t - \Sigma R_i \quad (3.9)$$

İvmelenme Direnci= Tahrik Kuvveti – Toplam Direnç Kuvveti

Çalışmamızda ivmelenme direncinin hesaplanması için Denklem 3.9 kullanılmıştır.

3.8. Tırmanma Kabiliyeti

Bir aracın herhangi bir sabit hızda (ivmesiz olarak) tırmanabileceği maksimum yokuşa o aracın tırmanma kabiliyeti adı verilmektedir.

$$\text{Tırmanma Kabiliyeti} = \tan\left(\frac{(\sin((F_t - \Sigma R_i)))}{m \cdot g}\right) * 100 \quad (3.10)$$

3.9. Yakıt Tüketiminin Hesaplanması

Araçlar kütleli olarak ne kadar ağır ise seyir halinde iken yere uyguladığı basınç yüksek olacağından daha fazla yakıt tüketimi söz konusu olmaktadır. Araç ön yüzey alanı, araç seyir halinde iken rüzgâr kuvvetinin temas ettiği yüzey olduğu için büyük ön yüzey alanlı araçlarda yakıt tüketimi daha fazla olduğu görülmektedir. Yakıt tüketimine aerodinamik olarak, araç dış yüzey alanı da etki etmektedir. Bu sebeple şekil olarak daha çok keskin hatları olan araçlarda yakıt tüketimi daha fazla olduğu görülmektedir. Yakıt tüketiminin tasarrufu için araçlarda damla modeli tercih edilen bir modeldir.

Tez çalışmasında değerlendirilen araçların yakıt tüketimlerinin kıyaslanması için, yakıt kütleli debisinin ve özgül yakıt tüketiminin hesaplanması gerekmektedir. Gerekli değerlerin hesaplanabilmesi için aşağıdaki denklemler kullanılmıştır.

Yakıt kütleli debisinin hesaplanması;

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{Q}}{H_u} \quad (3.11)$$

\dot{Q} = Birim zamandaki enerji (Benzin için 1 litre=9,7 kWh=34,920 kJ)

H_u = Alt ısı değeri (Benzin için=43932 kJ/kg)

Özgül yakıt tüketiminin hesaplanması;

$$bsfc = 3,6 \times 10^3 * \frac{\dot{m}_f}{P_e} \quad (\text{gr/kWh}) \quad (3.12)$$

3.9. Araç Tiplerine Göre Teknik Özellikler

Bu alanda belirlenen beş farklı araç tiplerinin teknik özelliklerine yer verilmektedir. Motor moment değerleri araçlara ait katalog değerlerinden referans alınmış olup motor güç hesabı motor moment değerlerine göre hesaplanmıştır.

3.9.1.A Aracı İçin Teknik Özellikler

A aracı için gerekli olan hesaplamaların gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan parametreler Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3 'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. A aracı için giriş parametreleri.

A Aracı giriş parametreleri			
m	1205	kg	Aracın kütlesi
Cd	0,35	-	Hava sürüklenme katsayısı
Af	2,64	m ²	Ön yüzey alanı

Çizelge 3.3. A aracı için güç aktarma organlarının değerleri.

Güç aktarma organları			
Sürüş tipi		Tek çeker	
Pmax	117,5 kW	5500 d/d	
Tmax	236 Nm	3500 d/d	
Dişli oranları		Şanzıman verimleri	
1. Vites	4,148	n _t	0,95
2. Vites	2,370	n _t	0,95
3. Vites	1,555	n _t	0,95
4. Vites	1,154	n _t	0,95
5. Vites	0,859	n _t	0,95
6. vites	0,685	n _t	0,95
Dif. Oranı	4,187	Dif Verimliliği	1

A araç tipinde kullanılan motorun, moment ve güç değerleri motor devir sayısına göre Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. A aracındaki motorun motor devrine göre moment ve güç değerleri

Motor devri (d/d)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)
1500	138	21,7
2000	175	36,7
2500	216	56,6
3000	230	72,3
3500	236	86,5
4000	232	97,2
4500	224	105,6
5000	211	110,5
5500	204	117,5
6000	186	116,9
6250	176	115,2

3.9.2 B Aracı İçin Teknik zellikler

B aracı için gerekli olan hesaplamaların gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan parametreler izelge 3.5 ve izelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.5. B aracı için giriş parametreleri.

B Aracı giriş parametreleri			
m	1542	kg	Aracın kütlesi
Cd	0,35	-	Hava sürüklenme katsayısı
Af	2,756	m ²	n yüzey alanı

Çizelge 3.6. B aracı için güç aktarma organlarının değerleri.

Güç aktarma organları			
Sürüş tipi		Tek eker	
Pmax	148,7 kW	5000 d/d	
Tmax	339 Nm	3000 d/d	
Dişli oranları		şanzıman verimleri	
1. Vites	2,50	n _t	0,95
2. Vites	1,38	n _t	0,95
3. Vites	0,99	n _t	0,95
4. Vites	0,75	n _t	0,95
5. Vites	0,58	n _t	0,95
6. vites	0,44	n _t	0,95
Dif. Oranı	3,87	Dif Verimliliği	1

B araç tipinde kullanılan motorun, moment ve g değerleri motor devir sayısına göre izelge 3.7’te verilmiştir.

Çizelge 3.7. B aracındaki motorun, motor devrine göre moment ve güç değerleri

Motor devri (d/d)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)
1500	184	28,9
2000	248	51,9
2500	298	78,0
3000	339	106,5
3500	336	123,2
4000	324	135,7
4500	308	145,1
5000	284	148,7
5500	256	147,4
6000	228	143,3
6250	208	136,1

3.9.3. C Aracı İçin Teknik Özellikler

C aracı için gerekli olan hesaplamaların gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan parametreler Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9 'da verilmiştir.

Çizelge 3.8. C aracı için giriş parametreleri.

C Aracı giriş parametreleri			
m	1430	kg	Aracın kütlesi
Cd	0,63	-	Hava sürüklenme katsayısı
Af	2,809	m ²	Ön yüzey alanı

Çizelge 3.9. C aracı için güç aktarma organlarının değerleri.

Güç aktarma organları			
Sürüş tipi		Tek çeker	
Pmax	102,6 kW	5000 d/d	
Tmax	220 Nm	2000 d/d	
Dişli oranları		Şanzıman verimleri	
1. Vites	4,622	n _t	0,95
2. Vites	2,382	n _t	0,95
3. Vites	1,870	n _t	0,95
4. Vites	1,307	n _t	0,95
5. Vites	1,001	n _t	0,95
6. vites	0,799	n _t	0,95
7. vites	0,661	Dif Verimliliği	1
Dif. Oranı	3,73		

C araç tipinde kullanılan motorun, moment ve güç değerleri motor devir sayısına göre Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. C aracının motor devrine göre motor momenti değerleri

Motor devri (d/d)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)
1500	150	23,6
2000	220	46,1
2500	218	57,1
3000	214	67,2
3500	210	77,0
4000	208	87,1
4500	204	96,1
5000	196	102,6
5500	165	95,0

3.9.4. D ve E Araçları İçin Teknik Özellikler

D ve E araçları için gerekli olan hesaplamaların gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan parametreler Çizelge 3.11, Çizelge 3.12, Çizelge 3.13. ve Çizelge 3.14 'te verilmiştir.

Çizelge 3.11. D aracı için giriş parametreleri

D Aracı giriş parametreleri			
m	1563	kg	Aracın kütlesi
Cd	0,32	-	Hava sürüklenme katsayısı
Af	2,75	m ²	Ön yüzey alanı
R _t	0,32	m	Tekerlek yarıçapı

Çizelge 3.12. E aracı için giriş parametreleri

E Aracı giriş parametreleri			
m	1395	kg	Aracın kütlesi
Cd	0,31	-	Hava sürüklenme katsayısı
Af	2,74	m ²	Ön yüzey alanı
R _t	0,31	m	Tekerlek yarıçapı

Çizelge 3.13. D aracı için güç aktarma organlarının değerleri

Güç aktarma organları			
Sürüş tipi		Tek çeker	
Şanzıman Tipi		Manuel	
Pmax	135,9 kW	5500 d/d	
Tmax	296 Nm	3500 d/d	
Dişli oranları		Şanzıman verimleri	
1. Vites	3,62	n_t	0,95
2. Vites	2,06	n_t	0,95
3. Vites	1,36	n_t	0,95
4. Vites	1	n_t	0,95
5. Vites	0,73	n_t	0,95
6. vites	0,59	n_t	0,95
Dif. Oranı	3,30	Dif Verimliliği	1

Çizelge 3.14. E aracı için güç aktarma organlarının değerleri.

Güç aktarma organları			
Sürüş tipi		Tek çeker	
Şanzıman Tipi		Otomatik (CVT)	
Pmax	135,9 kW	5500 d/d	
Tmax	296 Nm	3500 d/d	
Dişli oranları		Şanzıman verimleri	
1. Vites	3,54	n_t	0,95
2. Vites	1,91	n_t	0,95
3. Vites	1,34	n_t	0,95
4. Vites	1	n_t	0,95
5. Vites	0,81	n_t	0,95
6. vites	0,68	n_t	0,95
Dif. Oranı	3,3	Dif Verimliliği	1

D ve E araçlarının; maksimum motor gücü, maksimum motor momenti, vites dişli sayısı, sürüş tipleri aynı sadece vites dişli oranları ve şanzıman tipi açısından farklıdır. Aynı motora sahip olan D ve E araç tipinde kullanılan motorun, moment ve güç değerleri motor devir sayısına göre Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15. D ve E araçlarının motor devrine göre motor momenti ve motor gücü değerleri

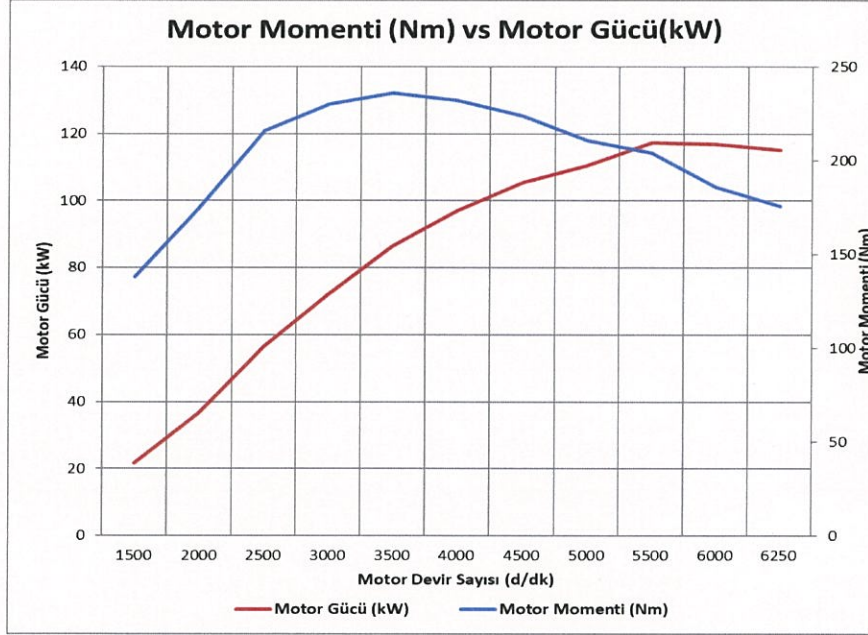
Motor devri (d/d)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)
1500	167	26,2
2000	232	48,6
2500	284	74,4
3000	293	92,0
3500	296	108,5
4000	285	119,4
4500	274	129,1
5000	256	134,0
5500	236	135,9
6000	209	131,3
6250	194	127,0

4. BULGULAR

Tez çalışmasında karşılaştırılması yapılan araçların şanzıman tiplerine göre, vites dişli oranları ve motor çevrim oranlarının kullanılması ile performans ve yakıt tüketimlerinin değerlendirilmesine bu bölümde yer verilmiştir. Değerlendirmeler literatürde yer alan formüller ve araç verilerinin excel ortamına aktarılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Araç karşılaştırılmasının yapılabilmesi için araçların momentleri, güçleri, ivmelenme dirençleri ve yakıt tüketim grafikleri oluşturulmuştur. Performans değerlendirilmeleri A, B ve C araçları arasında yapılmıştır. A, B ve C araçlarının vites dişli sayısı, motor momentleri, motor güçleri, şanzıman tipleri, tekerlek yarıçapları ve araç ağırlıkları farklıdır. Yapılan tez çalışmasında D ve E araçları için bir senaryo belirlenmiştir. Senaryo da D ve E araçlarının performans ve yakıt tüketimlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. D ve E araçlarında, motor momentleri, motor güçleri, vites dişli sayısı aynı sadece şanzıman tipleri farklıdır. Şanzıman tiplerinde D aracı manuel şanzımanlı ve E aracı otomatik şanzımanlıdır. Senaryo iki farklı durum olarak değerlendirilmiştir. Birinci durum olarak D ve E araçlarının tekerlek yarıçapı, araç ağırlığı ve ön yüzey alanı ve şanzıman tipi farklı olarak vites oranlarına göre yakıt tüketimi karşılaştırılması yapılmıştır. İkinci durum olarak D ve E aracının teknik özelliklerinin aynı olduğu kabul edilerek farklı şanzıman tiplerine sahip araçlarda sadece vites oranlarının, diferansiyel oranın ve şanzıman tipinin yakıt tüketimine etkisi araştırılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

4.1. A Aracı İçin Sonuçlar

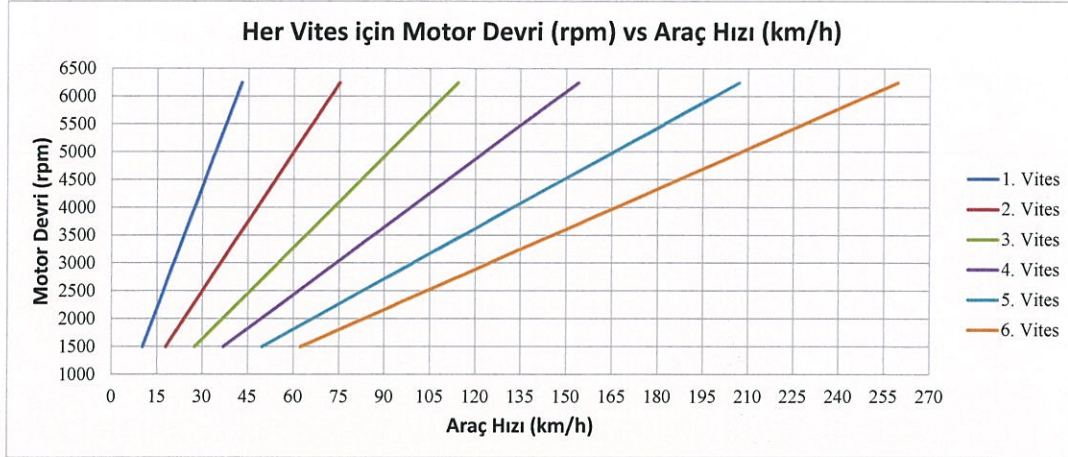
A aracında kullanılan motorun, Çizelge 3.4 'de motor devir sayısına göre güç ve moment değerleri verilmiş ve bu değerlere göre çizilen motor moment ve motor güç diyagramı Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. A aracındaki motorun, motor devir sayısına göre motor gücü ve motor momentinin değişimi

Şekil 4.1'in incelenmesi sonucunda motor momentinin maksimum 3500 d/d 'a kadar arttığı maksimum seviyeden sonra ise azalma eğilimi gösterdiği görülmektedir. En yüksek motor gücü 117,5 kW olarak 5500 d/d'da en düşük motor gücü ise 21,7 kW olarak 1500 d/d'da oluşmuştur. En yüksek motor momentini 3500 d/d'da 236 Nm ve en düşük motor momentinin 1500 d/d'da 138 Nm olduğu tespit edilmiştir.

A aracı için her bir viteste motor devir sayısına göre aracın hızı tespit edilmiş ve şekil 4.2’ de verilmiştir.



Şekil 4.2. A aracının hıza bağlı olarak vites değişim grafiği

Şekil 4.2. e göre maksimum moment 3500 d/d da ve maksimum güç 5500 d/d da gerçekleşmektedir. Yaygın araç teknolojisine göre A aracının vites değişiminin, maksimum momente sahip olunan devir sayısı 3500 d/d ile maksimum güce sahip olunan devir sayısı 5500 d/d çalışma aralığında olması daha uygundur. Şekil 4.2’de bulunan vites değişim grafiğinin incelenmesi ile A aracı 3500 d/d ile 5500 d/d aralığında çalışması beklenmektedir. A aracı birinci viteste 3500 d/d da yaklaşık olarak 25 km/saat hız ile seyir edebilmektedir. A aracı birinci viteste 5500 d/d ‘ya ulaştığında yaklaşık 38 km/saat hıza ulaşmaktadır. Aracın birinci viteste 5500d/d ya ulaşmadan aracın ikinci vitese aktarılması devir çalışma aralığı açısından daha uygun olacaktır. Bu şekilde araç vites değişimi sağlanmaktadır. A aracının maksimum güce ulaşılan 5500 d/d motor devir sayısında her vites için maksimum hızları çizelge 4.1 ‘de verilmektedir. Aracın verilen hızlar civarında bir sonraki vitese aktarılması sürüş tekniği açısından uygun olacaktır.

Çizelge 4.1. A aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları

n_m	V_{1max}	V_{2max}	V_{3max}	V_{4max}	V_{5max}	V_{6max}
5500 d/d	37,7 km/h	66 km/h	100,6 km/h	135,6 km/h	182,1 km/h	228,4 km/h

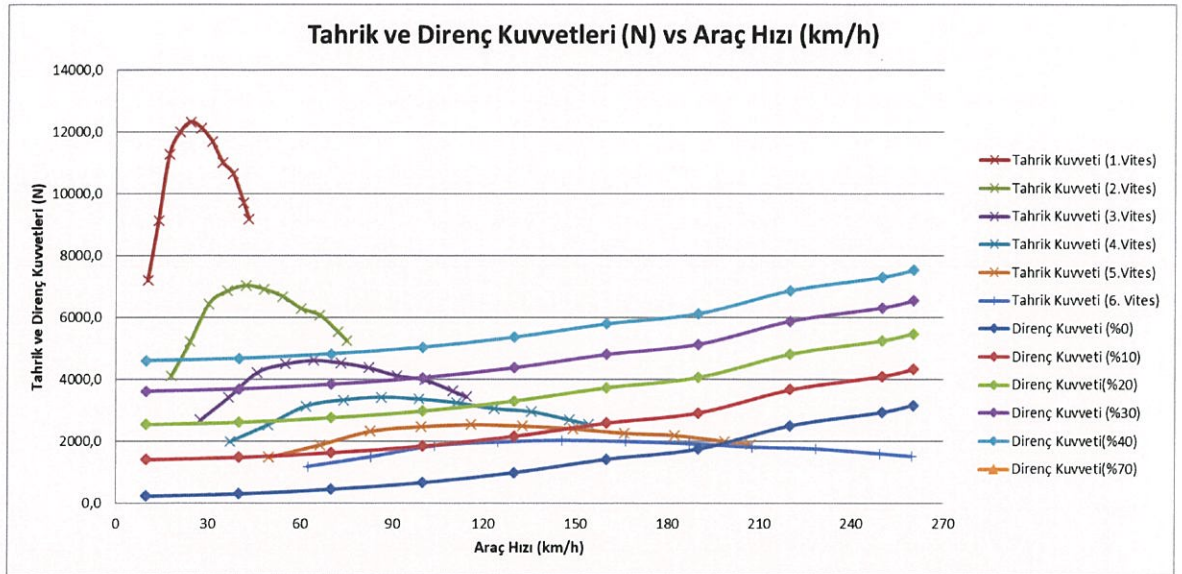
A aracının her bir vites durumu için devir sayısına göre oluşturulan tahrik kuvvetleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. En yüksek tahrik kuvveti birinci viteste 3500 devir sayısında 12324,2 N olarak elde edilmiştir. En düşük tahrik kuvveti ise altıncı viteste 1500 devir sayısında 1190,1 N olarak elde edilmiştir. En yüksek tahrik kuvveti ile en düşük tahrik

kuvveti arasındaki yaklaşık olarak 10,35 katlık bir fark bulunmaktadır. Taşıtın ilk hareketi için tahrik kuvveti toplam direnç kuvvetinden büyük olmalıdır. Araç hızlandıkça yani vites büyüdükçe tahrik kuvvetinin azaldığı bilinmektedir.

Çizelge 4.2. A aracı için tahrik kuvvetleri tablosu

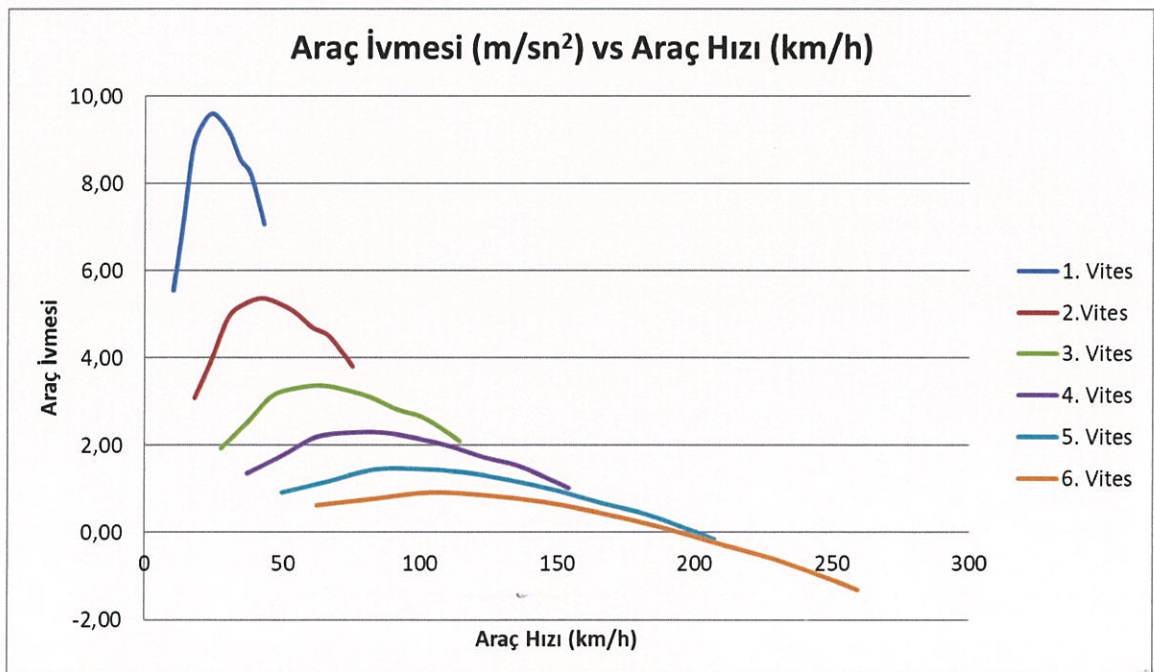
Motor Devri [devir/dakika]	Tahrik Kuvveti F_t [N]					
	$F_t = (M_m * i_a * \eta_a) / R_t$					
	1.Vites	2.Vites	3.Vites	4.Vites	5.Vites	6.Vites
1500	7206,5	4117,5	2701,6	2004,9	1492,4	1190,1
2000	9138,7	5221,5	3425,9	2542,4	1892,5	1509,2
2500	11279,8	6444,8	4228,6	3138,1	2335,9	1862,7
3000	12010,9	6862,5	4502,6	3341,5	2487,3	1983,5
3500	12324,2	7041,6	4620,1	3428,7	2552,2	2035,2
4000	12115,3	6922,2	4541,8	3370,6	2508,9	2000,7
4500	11697,6	6683,5	4385,2	3254,3	2422,4	1931,7
5000	11018,7	6295,6	4130,7	3065,5	2281,8	1819,6
5500	10653,1	6086,8	3993,6	2963,8	2206,1	1759,3
6000	9713,1	5549,7	3641,3	2702,3	2011,5	1604,0
6250	9190,9	5251,3	3445,5	2557,0	1903,3	1517,8

A aracı için tüm motor devirlerinde her vites için hesaplanan tahrik kuvvetleri ile %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda toplam direnç kuvvetleri hesaplanmış ve Şekil 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.3 incelendiğinde A aracının %0 eğimli bir yolda 6'ncı viteste maksimum 200 km/saat hız ile, %10 eğimli bir yolda 5'inci viteste maksimum 160 km/saat hız ile, %20 eğimli bir yolda 4'üncü viteste maksimum 120 km/saat hız ile, %30 eğimli bir yolda 3'üncü viteste maksimum 100 km/saat hız ile ve %40 eğimli bir yolda 3'üncü viteste maksimum 60 km/saat hız ile hareket edebildiği görülmektedir. Toplam direncin %0 eğimdeki grafiği ile tahrik kuvveti grafiğinin kesiştiği nokta aracın maksimum hızını vermektedir. İki grafiğinin kesiştiği nokta olan A aracının maksimum hızının yaklaşık 200 km/saat olduğu görülmektedir. Verilen diyagramda eğim dirençleri incelendiğinde A aracının %40 eğimde sadece birinci ve ikinci viteste gidebildiği, %20 eğimde birinci, ikinci ve üçüncü viteste gidebildiği, %10 eğimde ise 5'inci ve 6'ncı viteste yaklaşık 150 km/saat ve üzeri hızla gidilemediği tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. A Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.

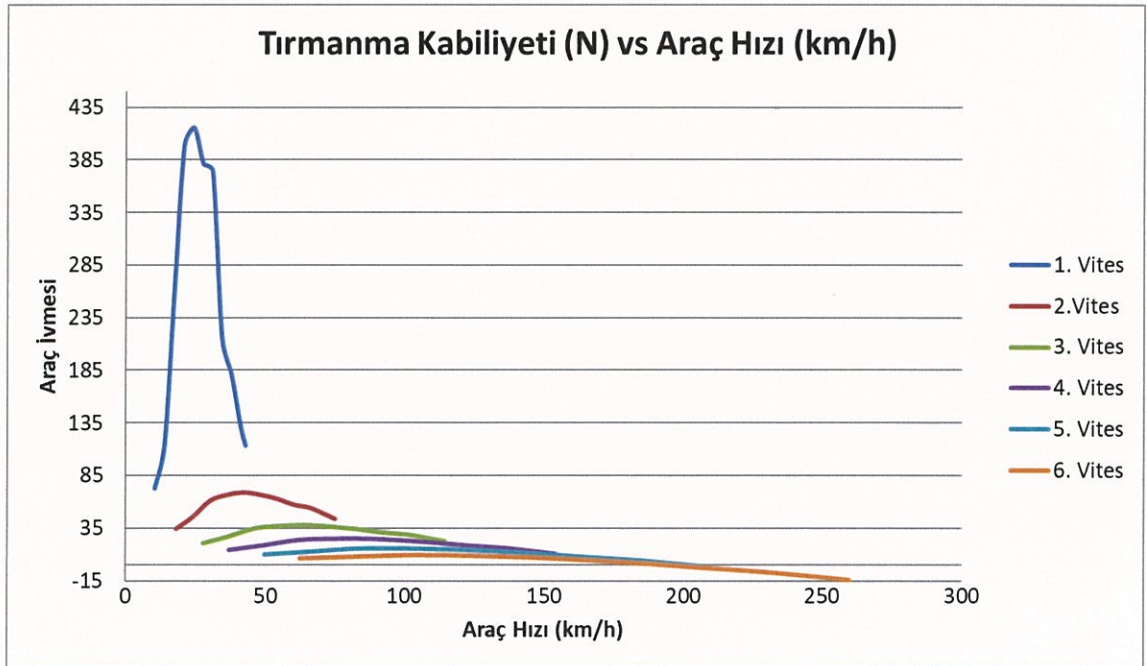
A aracı için her bir viteste tahrik kuvvetleri ve toplam direnç kuvvetleri hesaplanmıştır. Buna bağlı her bir viteste araç hızına bağlı olarak aracın ivmelenme değerleri hesaplanmış ve Şekil 4.4 'de verilmiştir. Araç ivmesi, ivmelenme direncinin araç kütlesine oranlanması ile bulunmaktadır.



Şekil 4.4. A aracı için araç hızına bağlı ivme grafiği

Şekil 4.4. ün incelenmesi ile A aracı maksimum ivmelenmesi birinci viteste olmaktadır. A aracı birinci viteste maksimum ivmelenmeden hemen sonra ise ikinci vitese aktarılmaktadır. Araç seyir halinde olduğu viteste maksimum ivmeye ulaşmasından hemen sonra bir sonra ki vitese geçiş sağlanmaktadır. Şekil 4.4'te A aracının ulaşabildiği maksimum ivme birinci vites durumunda araç hızı 24 km/saat iken $10,23 \text{ m/sn}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Bu esnada motorun devir sayısının 3500 d/d olduğu hesaplanmıştır. A aracının minimum ivme değeri 6'ncı viteste $0,99 \text{ m/sn}^2$ olduğu şekil 4.4'te görünmektedir. Bu esnada araç hızı 62 km/saat ve motor devir sayısı 1500 d/d dir.

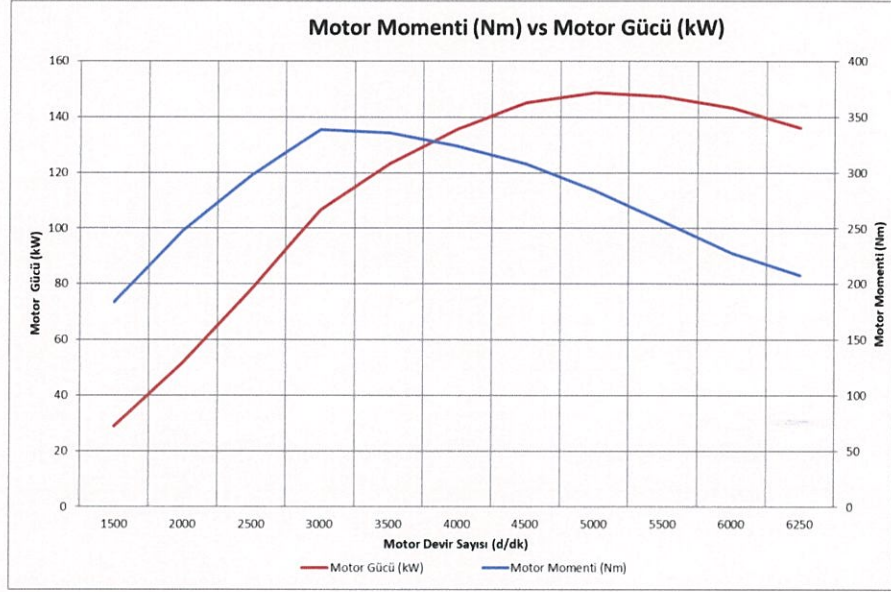
A aracı için her bir viteste araç hızına bağlı olarak aracın tırmanma kabiliyeti hesaplanmış ve Şekil 4.5 'de verilmiştir. Tırmanma kabiliyetine tahrik kuvveti, yuvarlanma direnci, hava direnci ve araç kütlesi etki etmektedir. Tırmanma kabiliyeti 1.viteste maksimumdur bunun nedeni ise araç birinci viteste harekete geçiş esnasında maksimum motor gücünü ve minimum araç hızına sahiptir . Motor gücü devir arttıkça azalmakta ve araç hızı artmaktadır ve aracın tırmanma kabiliyeti azalmaktadır.



Şekil 4.5. A aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti

4.2. B Aracı İçin Sonuçlar

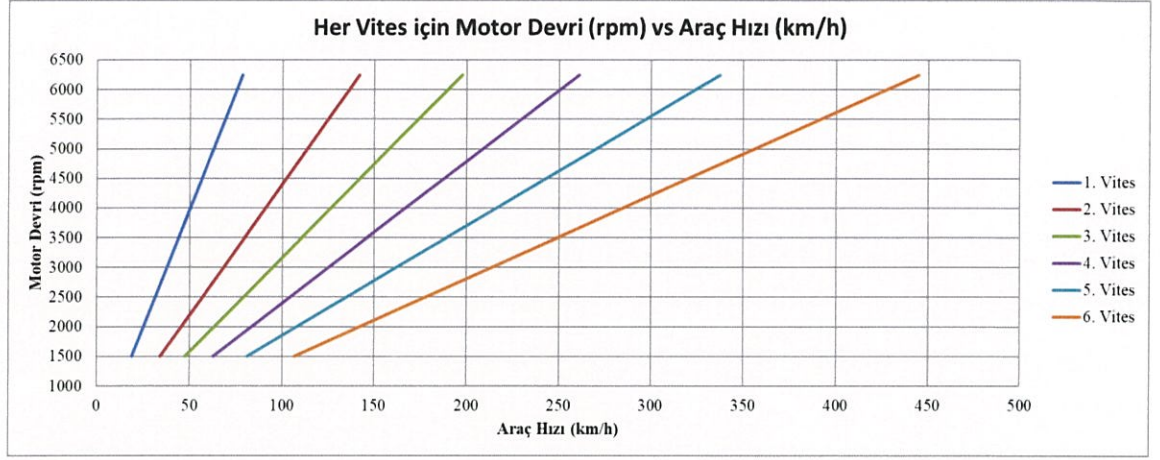
B aracında kullanılan motorun, Çizelge 3.7 'de motor devir sayısına göre güç ve moment değerleri verilmiş ve bu değerlere göre çizilen motor moment ve motor güç diyagramı Şekil 4.5.'de verilmiştir.



Şekil 4.6. B aracındaki motorun, motor devir sayısına göre motor gücü ve motor momentinin değişimi

Şekil 4.6'nın incelenmesi sonucunda, aracın motor devir sayısının 3000 d/d 'ya aracın motor momentini maksimum noktaya kadar artmakta ve sonra azalmaktadır. Güç değerleri ise 5000 d/d'ya kadar artışa devam etmekte ve bu devirden sonra güç azalmaktadır. En yüksek motor gücü 148,7 kW olarak 5000 d/d'da en düşük motor gücü ise 28,9 kW olarak 1500 d/d'da oluşmuştur. En yüksek motor momentini (339 Nm) 3000 d/d'da, en düşük motor momentini (184 Nm) ise 1500 d/d'da meydana gelmiştir.

B aracı için her bir viteste motor devir sayısına göre aracın hızı tespit edilmiş ve Şekil 4.7' de verilmiştir.



Şekil 4.7. B aracının hızı bağı olarak vites değişim grafiği

Şekil 4.7 e göre maksimum moment 3000 d/d da ve maksimum güç 5000 d/d da gerçekleşmektedir. Yaygın araç teknolojisine göre B aracının vites değişiminin maksimum momente sahip olunan devir sayısı 3000 d/d ile maksimum güce sahip olunan devir sayısı 5000 d/d çalışma aralığında olması daha uygundur. B aracı birinci viteste 3000 d/d' da yaklaşık olarak 38 km/saat ile seyir edebilmektedir. B aracı birinci viteste 5000 d/d' da 63 km/saat'e ulaşmaktadır. Sürüş tekniği açısından B aracı birinci viteste 5000 d/d da seyir etmeden ikinci vitese aktarılması vites değiştirme aralığı açısından uygun olacaktır. Bu sebeple 5000 d/d ya ulaştığında araç ikinci vitese aktarılmaktadır. Bu şekilde araç vites değişimi sağlanmaktadır. B aracının maksimum güce ulaşılan 5000 d/d motor devir sayısında her vites için maksimum hızları çizelge 4.3 'de verilmektedir. Aracın verilen hızlar civarında bir sonraki vitese aktarılması sürüş tekniği açısından uygun olacaktır. Çizelgede verilen maksimum hızlar teorik açıdan ifade edilmektedir. B aracının direnç kuvvetlerine göre maksimum hızı 220 km/saat civarındadır. Bu durumda 5'inci ve 6'ncı vites durumunda motor 5000 d/d devir sayısına ulaşamamaktadır.

Çizelge 4.3. B aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları

n_m	V_{1max}	V_{2max}	V_{3max}	V_{4max}	V_{5max}	V_{6max}
5000 d/d	62,6 km/h	113,4 km/h	158,1 km/h	208,8 km/h	270,0 km/h	356,0 km/h

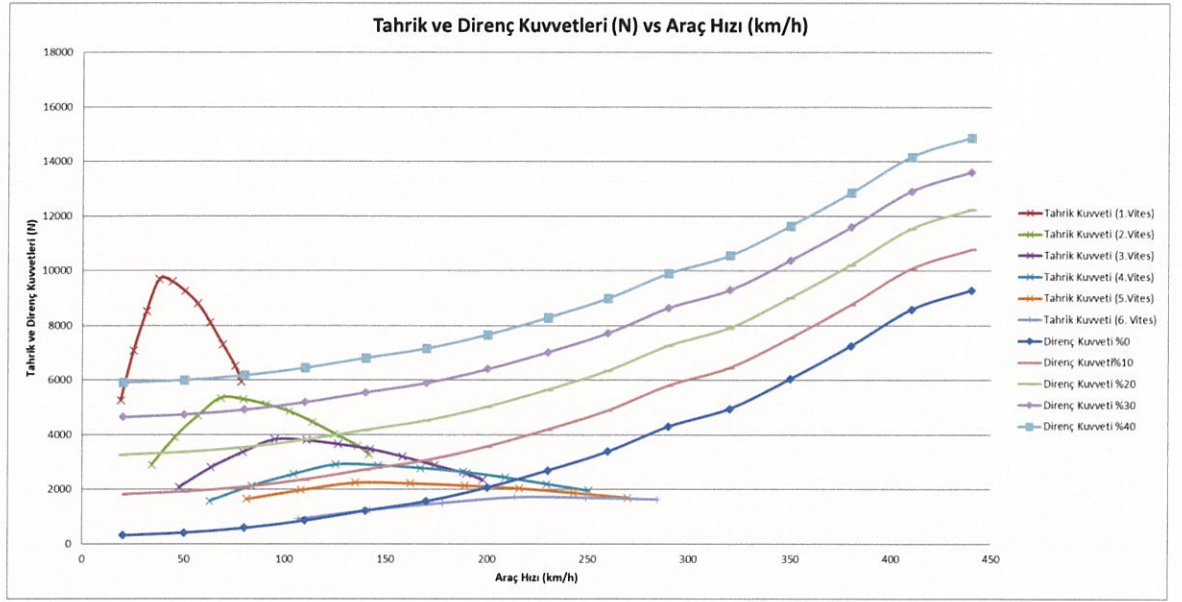
B aracının her bir vites durumu için devir sayısına göre hesaplanan tahrik kuvvetleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. En yüksek tahrik kuvveti birinci viteste 3000 devir sayısında 9693,1 N olarak elde edilmiştir. En düşük tahrik kuvveti ise altıncı viteste 1500 devir

sayısında 926 N olarak elde edilmiştir. En yüksek tahrik kuvveti ile en düşük tahrik kuvveti arasında yaklaşık olarak 10,46 katlık bir fark bulunmaktadır. Tahrik kuvvetlerinin vites büyüdükçe azaldığı bilinmektedir.

Çizelge 4.4. B aracı için tahrik kuvvetleri tablosu

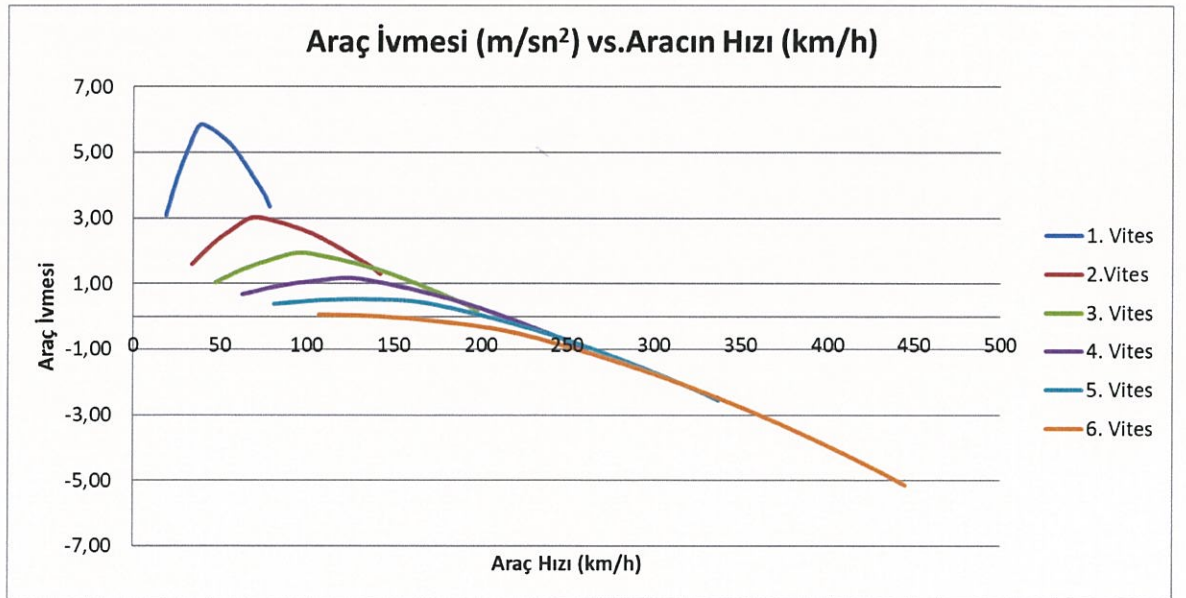
Motor Devri nm [devir/dakika]	Tahrik Kuvveti F_t [N]					
	$F_t = (M_m * i_a * \eta_a) / R_t$					
	1.Vites	2.Vites	3.Vites	4.Vites	5.Vites	6.Vites
1500	5261,1	2904,1	2083,4	1578,3	1220,6	926,0
2000	7091,1	3914,3	2808,1	2127,3	1645,1	1248,0
2500	8520,7	4703,4	3374,2	2556,2	1976,8	1499,7
3000	9693,1	5350,6	3838,5	2907,9	2248,8	1706,0
3500	9607,3	5303,2	3804,5	2882,2	2228,9	1690,9
4000	9264,2	5113,8	3668,6	2779,2	2149,3	1630,5
4500	8806,7	4861,3	3487,4	2642,0	2043,1	1550,0
5000	8120,4	4482,5	3215,7	2436,1	1883,9	1429,2
5500	7319,8	4040,5	2898,7	2195,9	1698,2	1288,3
6000	6519,2	3598,6	2581,6	1955,8	1512,5	1147,4
6250	5947,4	3282,9	2355,2	1784,2	1379,8	1046,7

B aracı için her viteste hesaplanan tahrik kuvvetleri ile %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yollarda toplam direnç kuvvetleri hesaplanmış ve Şekil 4.8’te verilmiştir. Şekil 4.8 incelendiğinde B aracının %0 eğimli bir yolda 5’inci viteste maksimum 200 km/saat hız ile, %10 eğimli bir yolda 4’üncü viteste maksimum 150 km/saat hız ile, %20 eğimli bir yolda üçüncü viteste maksimum 110 km/saat hız ile, %30 eğimli bir yolda ikinci viteste maksimum 105 km/saat hız ile ve %40 eğimli bir yolda birinci viteste maksimum 90 km/saat hız ile hareket edebildiği görülmektedir. Toplam direncin %0 eğimdeki diyagramı ile tahrik kuvveti diyagramının kesiştiği nokta maksimum hızı vermektedir. Diyagramda B aracının maksimum hızının yaklaşık 220 km/saat olduğu görülmektedir. Verilen diyagramda eğim dirençleri incelendiğinde B aracının %40 eğimde sadece birinci viteste gidebildiği, %20 eğimde birinci ve ikinci viteste gidebildiği, %10 eğimde ise 5’inci viteste yaklaşık 150 km/saat ve üzeri hızla gidilemediği ve %10 eğimde 6’ncı vitesle çıkılamadığı tespit edilmiştir. Diyagram incelendiğinde B aracının %0 eğimde hesaplanan yüksek hızlara (250 km/saat ve üzeri) ulaşamadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.8. B Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.

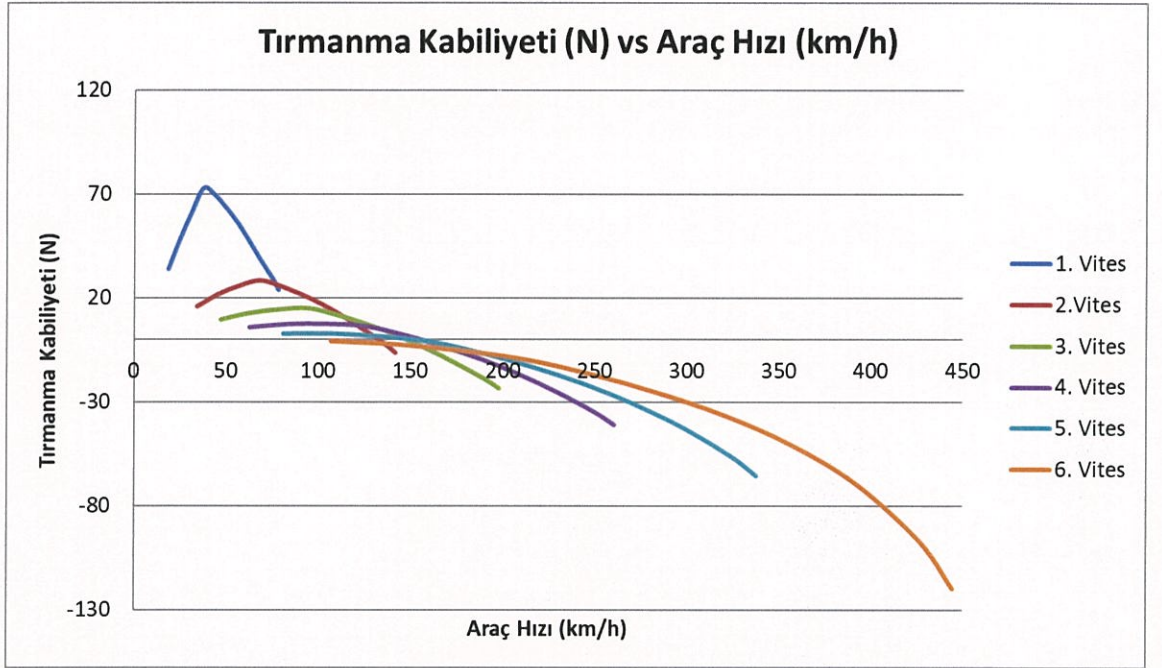
B aracı için her bir viteste tahrik kuvvetleri ve toplam direnç kuvvetleri hesaplanmıştır. Buna bağlı her bir viteste araç hızına bağlı olarak aracın ivmelenme değerleri hesaplanmış ve şekil 4.9 'da verilmiştir. Araç ivmesi her bir viteste ivmelenme direncinin araç kütlesine oranı ile bulunmaktadır.



Şekil 4.9. B aracı her bir viteste araç hızına bağlı ivme değişimi

Şekil 4.9’da görüldüğü üzere B aracının ulaşabildiği maksimum ivme birinci vites 3000 d/d’da 6,29 m/sn² ve araç hızı yaklaşık 38 km/saat; minimum ivme 6’ncı vites 1500 d/d’da 0,60 m/sn² olduğu tespit edilmiştir.

B aracı için her bir viteste araç hızına bağlı olarak aracın tırmanma kabiliyeti hesaplanmış ve şekil 4.10 ‘da verilmiştir. Tırmanma kabiliyetine tahrik kuvveti, yuvarlanma direnci, hava direnci ve araç kütlesi etki etmektedir.

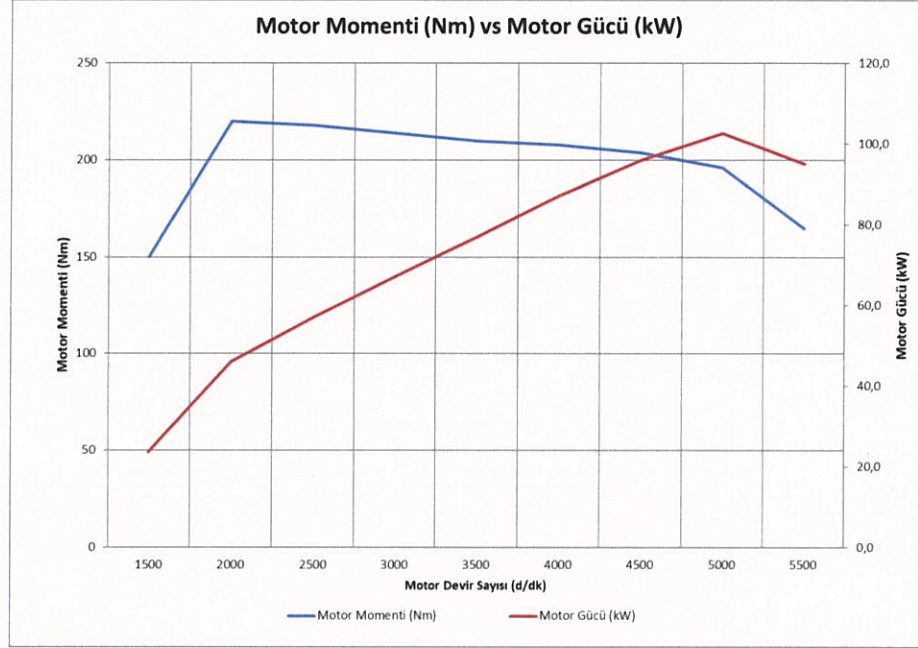


Şekil 4.10. B aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti

Şekil 4.10 da B aracı tırmanma kabiliyeti görünmektedir. Maksimum tırmanma kabiliyeti 1.viteste görünmektedir. Sebebi ise aracın ilk harekete geçiş esnasında maksimum güce ulaşmasıdır. Tırmanma kabiliyeti vites sayıları ve araç hızı arttıkça azalmaktadır. B aracının ulaşabileceği maksimum 200 km/h hızdan sonra ise araç tırmanma kabiliyeti gösteremediği görünmektedir. Bunun nedeni ise %0 eğimli yolda tahrik kuvvetlerinin toplam direnç kuvvetlerini yenememesidir.

4.3. C Aracı İçin Sonuçlar

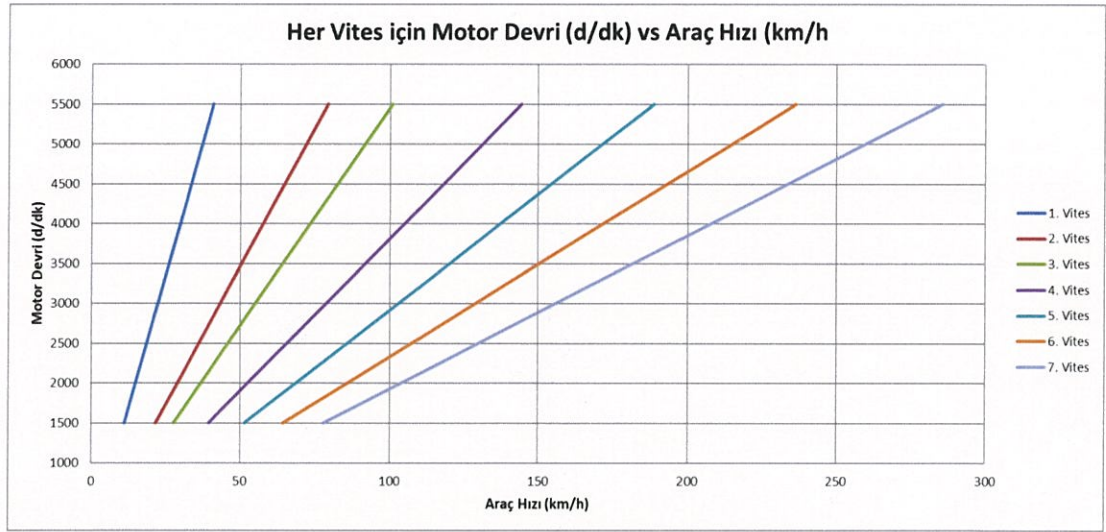
Çizelge 3.10. dikkate alınarak C aracının motor devir sayısına göre motor gücünün ve oluşan motor momentinin karşılaştırılması Şekil 4.11.'de verilmiştir.



Şekil 4.11. C aracının motor devir sayısına göre motor gücü ve motor momentinin karşılaştırılması.

Şekil 4.11'in incelenmesi sonucunda en yüksek motor gücü 102,6 kW olarak 5000 d/d'da en düşük motor gücü ise 23,6 kW olarak 1500 d/d'da oluşmuştur. En yüksek motor momentini 220 Nm 2000 d/d'da, en düşük motor momentini 150 Nm ise 1500 d/d'da olduğu tespit edilmiştir.

C aracı için her bir viteste motor devir sayısına göre aracın hızı tespit edilmiş ve Şekil 4.12' de verilmiştir.



Şekil 4.12. C aracının hıza bağlı olarak vites değişim grafiği

Şekil 4.12'e göre maksimum moment 5000 d/d'da ve maksimum güç 2000 d/d'da gerçekleşmektedir. Yaygın araç teknolojisine göre C aracının vites değişiminin maksimum momente sahip olunan devir sayısı 2000 d/d ile maksimum güce sahip olunan devir sayısı 5000 d/d çalışma aralığında olması daha uygundur. Şekil 4.12'un incelenmesi sonucunda C aracı birinci viteste 2000 d/d' da yaklaşık olarak 15 km/saat ile ve 5000 d/d' da yaklaşık olarak 37 km/saat hız ile seyir edebilmektedir. Sürüş tekniği açısından viteste maksimum devir sayısına ulaşmadan araç bir sonraki vites geçiş sağlamalıdır. C aracının maksimum güce ulaşılan 5000 d/d motor devir sayısında her vites için maksimum hızları çizelge 4.5 'de verilmektedir. Aracın verilen hızlar civarında bir sonraki vites aktarılması sürüş tekniği açısından uygun olacaktır.

Çizelge 4.5. C aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları

n_m	V_{1max}	V_{2max}	V_{3max}	V_{4max}	V_{5max}	V_{6max}	V_{7max}
5000 d/d	37,1 km/h	72,0 km/h	91,8 km/h	131,3 km/h	171,5 km/h	214,8 km/h	259,7 km/h

C aracının her bir vites durumu için devir sayısına göre hesaplanan tahrik kuvvetleri Çizelge 4.6'de verilmiştir. En yüksek tahrik kuvveti birinci viteste 2000 devir sayısında 10608,5 N olarak elde edilmiştir. En düşük tahrik kuvveti ise 7'nci viteste 1500 devir sayısında 1034,4 N olarak elde edilmiştir. En yüksek tahrik kuvveti ile en düşük tahrik

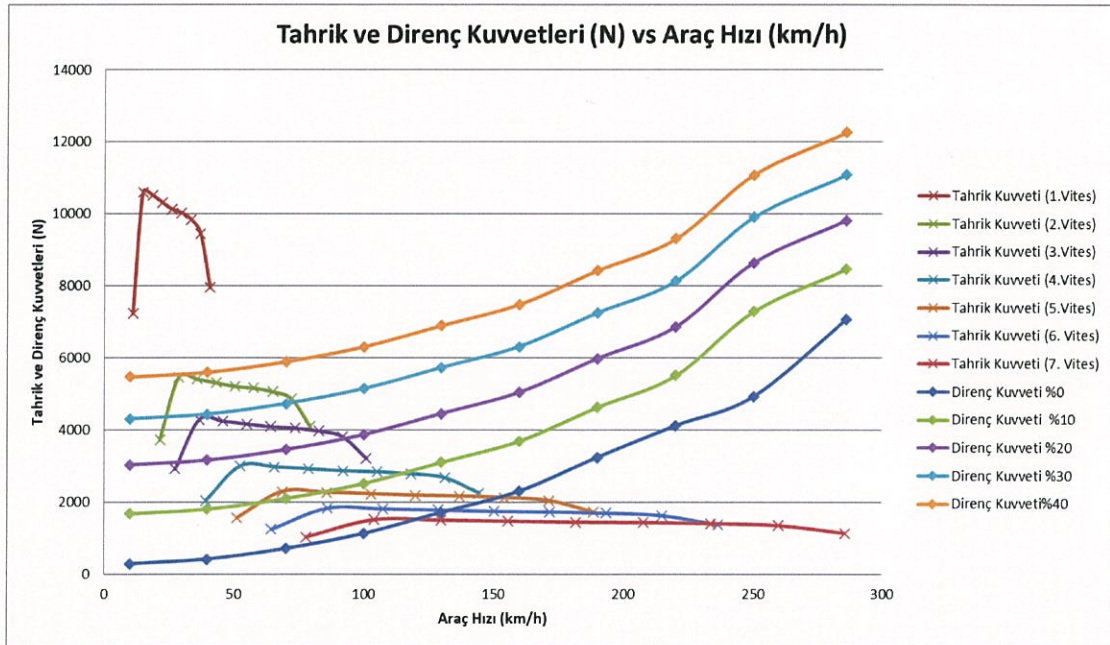
kuvveti arasında yaklaşık olarak 9,73 katlık bir fark bulunmaktadır. Tahrik kuvvetlerinin vites büyüdükçe azaldığı bilinmektedir.

Çizelge 4.6. C aracı için tahrik kuvvetleri değerleri

Motor Devri nm [devir/dakika]	Tahrik Kuvveti F_t [N]						
	$F_t = (M_m * i_a * \eta_a) / R_t$						
	1.Vites	2.Vites	3.Vites	4.Vites	5.Vites	6.Vites	7.Vites
1500	7233,1	3727,6	2926,4	2045,4	1566,5	1250,4	1034,4
2000	10608,5	5467,2	4292,1	2999,8	2297,5	1833,9	1517,1
2500	10512,0	5417,5	4253,0	2972,6	2276,6	1817,2	1503,3
3000	10319,2	5318,1	4175,0	2918,0	2234,9	1783,9	1475,8
3500	10126,3	5218,7	4097,0	2863,5	2193,1	1750,5	1448,2
4000	10029,8	5169,0	4057,9	2836,2	2172,2	1733,8	1434,4
4500	9837,0	5069,6	3979,9	2781,7	2130,4	1700,5	1406,8
5000	9451,2	4870,8	3823,8	2672,6	2046,9	1633,8	1351,6
5500	7956,4	4100,4	3219,0	2249,9	1723,1	1375,4	1137,9

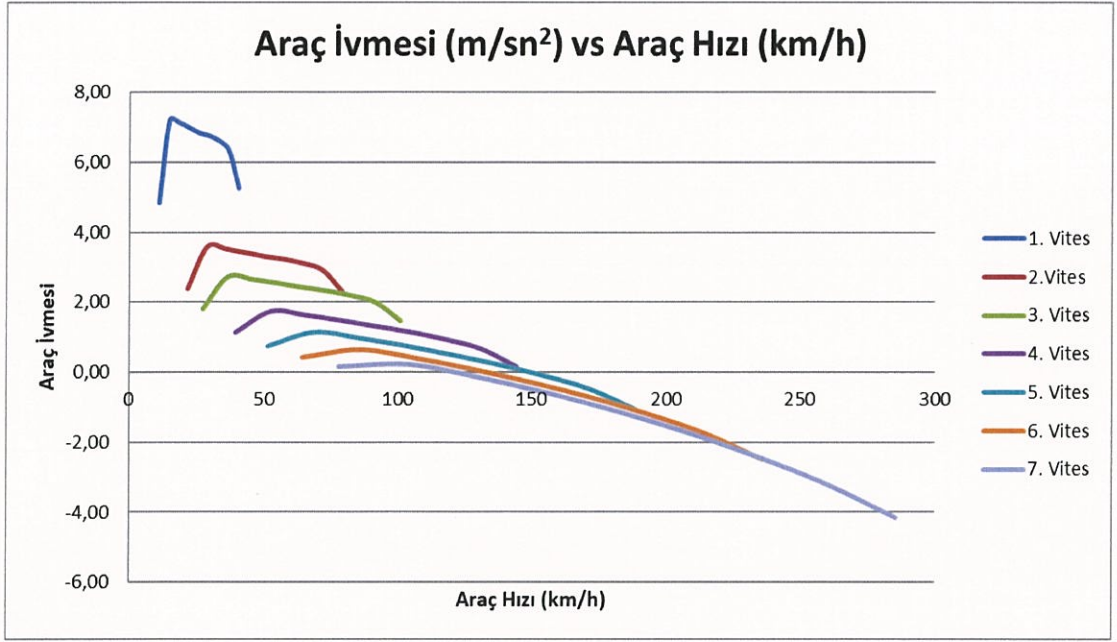
C aracı için her viteste hesaplanan tahrik kuvvetleri ile %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yollarda toplam direnç kuvvetleri hesaplanmış ve Şekil 4.13’de verilmiştir. Şekil 4.13 incelendiğinde C aracının %0 eğimli bir yolda 7’nci viteste maksimum 130 km/saat hız ile, %10 eğimli bir yolda 5’inci viteste maksimum 95 km/saat hız ile, %20 eğimli bir yolda 3’üncü viteste maksimum 100 km/saat hız ile, %30 eğimli bir yolda ikinci viteste maksimum 90 km/saat hız ile ve %40 eğimli bir yolda ikinci viteste maksimum 40 km/saat hız ile hareket edebildiği görülmektedir. Toplam direncin %0 eğimdeki direnç diyagramı ile tahrik kuvveti diyagramının kesiştiği nokta maksimum hızı vermektedir. Diyagramda C aracının maksimum hızının beşinci viteste yaklaşık 150 km/saat olduğu görülmektedir. Verilen diyagramda eğim dirençleri incelendiğinde C aracının %40 eğimde sadece birinci viteste gidebildiği, %20 eğimde birinci, ikinci ve üçüncü viteste gidebildiği, %10 eğimde ise dördüncü viteste yaklaşık 120 km/saat ve üzeri hızla gidilemediği ve %10 eğimde 7’nci vitesle çıkılamadığı tespit edilmiştir. Diyagram incelendiğinde C aracının %0 eğimde hesaplanan yüksek hızlara (160 km/saat ve üzeri) ulaşamadığı anlaşılmaktadır. C aracı için en yüksek tahrik kuvveti birinci viteste ve en düşük tahrik kuvveti 6’ncı viteste olduğu görülmektedir. C aracı şanzıman tipi dolayısıyla yarı otomatik şanzımana (EDC) sahiptir. EDC şanzımanlı araçlarda priz direkt

mili olmadığı için tersine mühendislik mantığı ile üretilmiş araçlardır. Bu sebeple C aracının vites dişli oranları manuel ve CVT şanzımanlı araçların vites dişli oranlarına göre her viteste daha yüksek oranlardadır. İncelediğimiz durumda ise EDC şanzımanın 4'üncü vites dişli oranı 1 olarak varsayılmış ve diğer tüm vites dişli oranları 4'üncü vites dişli oranı ile oranlanarak analiz edilmiştir. Bu nedenle Şekil 4.11'de aracımızın yüksek vitesler de seyir edemediği görünmektedir.



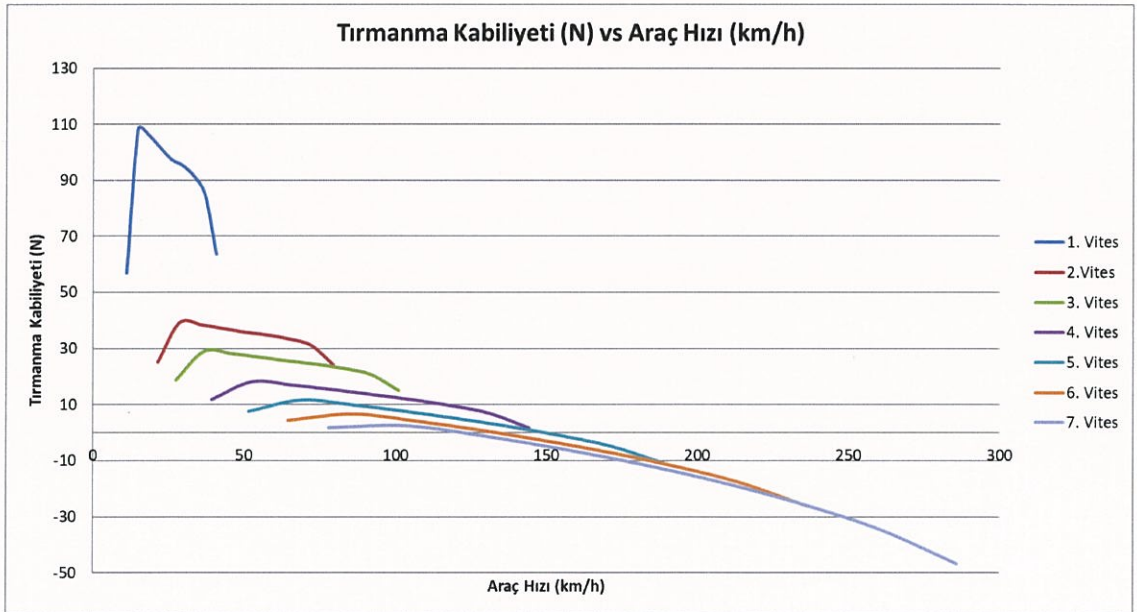
Şekil 4.13. C Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.

C aracı için her bir viteste tahrik kuvvetleri ve toplam direnç kuvvetleri hesaplanmıştır. Buna bağlı her bir viteste araç hızına bağlı olarak aracın ivmelenme değerleri hesaplanmış ve şekil 4.14 'de verilmiştir. Aracın ivme değeri her bir vitesteki ivmelenme direncinin araç kütlesine oranı ile hesaplanabilmektedir.



Şekil 4.14. C aracı araç hızına bağlı ivme grafiği

Şekil 4.14'te görüldüğü üzere C aracının ulaşabildiği maksimum ivme birinci vites 2000 d/d' da 7,42 m/sn² ve hızı 15 km/saat, minimum ivme 7'nci vites 1500 d/d' da 0,72 m/sn² ve hızı 78 km/saat olduğu görünmektedir. Şekil 4.12 de görüldüğü üzere C aracı birinci viteste maksimum ivmeye ulaştığında direkt olarak ikinci vitese geçiş sağlanmaktadır.



Şekil 4.15. C aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti

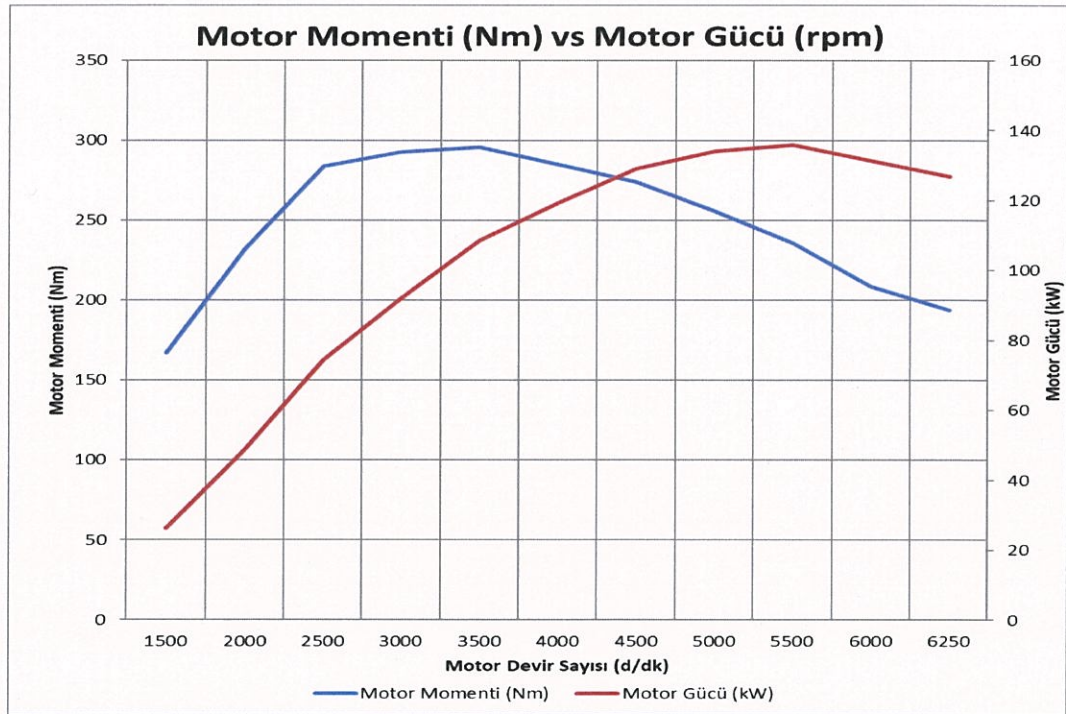
Şekil 4.15 de C aracı tırmanma kabiliyeti görünmektedir. Maksimum tırmanma kabiliyeti 1.viteste görünmektedir. Sebebi ise aracın ilk harekete geçiş esnasında maksimum güce ulaşmasıdır. Tırmanma kabiliyeti vites sayıları ve araç hızı arttıkça azalmaktadır. B aracının ulaşabileceği maksimum 150 km/h hızdan sonra ise araç tırmanma kabiliyeti gösteremediği görünmektedir. Bunun nedeni ise %0 eğimli yolda tahrik kuvvetlerinin toplam direnç kuvvetlerini yenememesidir.

Vites dişli oranları, motor güçleri, motor momentleri ve şanzıman tipleri açısından farklı araçların performans olarak karşılaştırılması sonucunda en yüksek tahrik kuvveti (12324,2 N, 3500 d/d) A aracında oluşmaktadır. A aracı manuel şanzımanlı olup, tahrik kuvvetleri vites geçişleri ve şanzıman tipi açısından manuel şanzımanda daha yüksek elde edilmiştir. Tahrik kuvveti en düşük (9693,1 N, 3000 d/d) B aracında elde edilmiştir. B aracı tam otomatik şanzımandır (CVT). Tam otomatik şanzımanlar sonsuz dişliye sahip oldukları için vites dişli oranları manuel veya yarı otomatik şanzımanlara göre daha düşüktür. Bu sebeple tam otomatik şanzımanlı araçlar daha düşük tahrik kuvvetlerinde seyir edebilmektedir. Daha düşük tahrik kuvvetlerine sahip oldukları için direnç kuvvetlerini yenemeyeceği için hız teorik olarak en yüksek hıza sahip olsalar dahi hiçbir zaman hesaplanan hıza ulaşamayacaktır. Tırmanma kabiliyeti açısından en yüksek tırmanma kabiliyeti A aracında olduğu görünmektedir. Tırmanma kabiliyeti tahrik kuvvetleri ve direnç kuvvetlerinden etkilenmektedir. En yüksek tahrik kuvvetine sahip A aracına ait tırmanma kabiliyeti CVT ve EDC şanzımanlara göre daha yüksektir. En düşük tahrik kuvvetine sahip olan CVT şanzımanlı B aracı en düşük tırmanma kabiliyetine sahiptir. Tüm araçlarda maksimum tırmanma kabiliyeti aracın ilk harekete geçiş anı olan 1.viteste görünmektedir. Araç hızı ve vites sayıları arttıkça tırmanma kabiliyeti azalmaktadır. Maksimum araç ivmesi A aracında görünmektedir. B aracı teorik olarak en yüksek hıza ulaştığı için direnç kuvvetleri en yüksek 9824,95 N ile B aracında en düşük ise 3166,42 N ile A aracında elde edilmiştir. Bu sebeple incelemelerimizde manuel şanzımanda tahrik kuvvetleri, direnç kuvvetlerini daha yüksek hızlarda geçebildiği için maksimum hıza manuel şanzımanda ulaşılmaktadır. İncelemelerimiz sonucunda ivme, tırmanma kabiliyeti ve performans açısından en güçlü araç manuel şanzımana sahip A aracı ve en düşük araç ise CVT şanzımana sahip B aracıdır. Performans karşılaştırmalarımızda %0 eğim dikkate alınmaktadır. Performans karşılaştırılmasında D

ve E araçları dikkate alınmamaktadır. Sebebi ise araç performans karşılaştırılmasında motor gücü, motor momentini, şanzıman tipi ve vites dişli oranları farklı araçlar dikkate alınmıştır. D ve E araçları aynı motor gücü, motor momentine, vites dişli sayısına sahiptir. D ve E araçları için sadece şanzıman tipi, araç ön yüzey alanı, araç ağırlığı ve tekerlek yarıçapı farklıdır. D ve E araçları kendi aralarında performans ve yakıt tüketimi karşılaştırılması yapılmıştır. D ve E araçları arasında performans ve yakıt tüketimi karşılaştırılması madde 4.4 D ve E araçları için sonuçlar maddesi itibari ile başlamaktadır.

4.4. D ve E Araçları İçin Sonuçlar

Şekil 4.13’de D ve E aracındaki motorun güç ve moment değerlerinin motor devir sayısına göre değişimi verilmiştir.

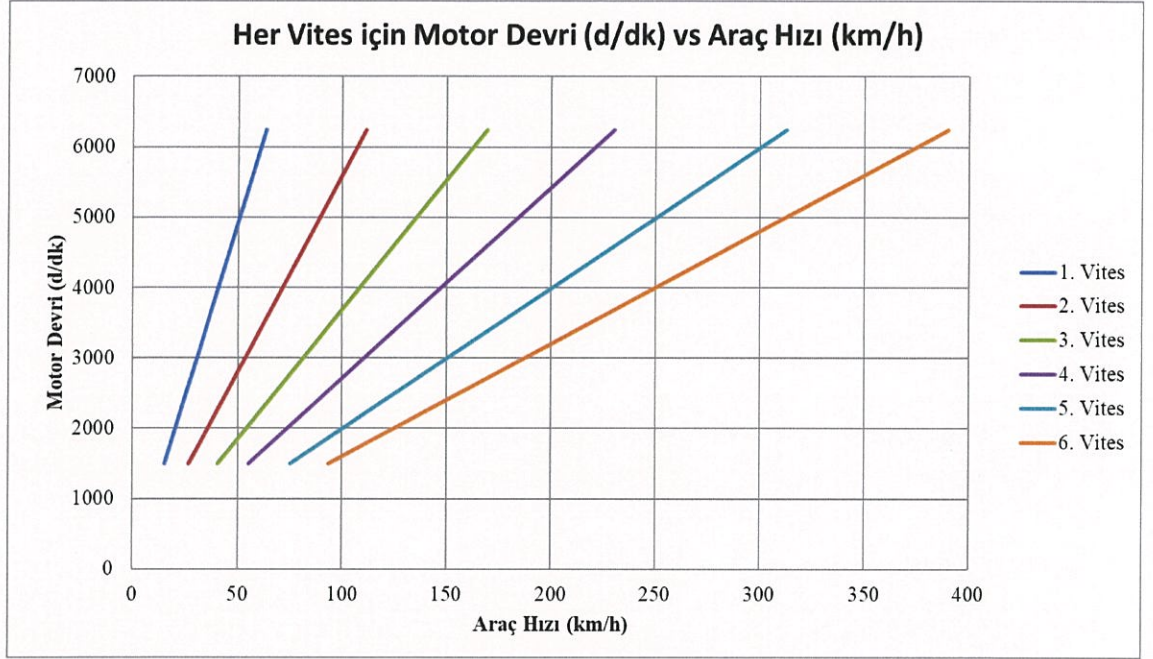


Şekil 4.16. D ve E araçlarında kullanılan motorun motor devir sayısına göre güç ve moment değişimi

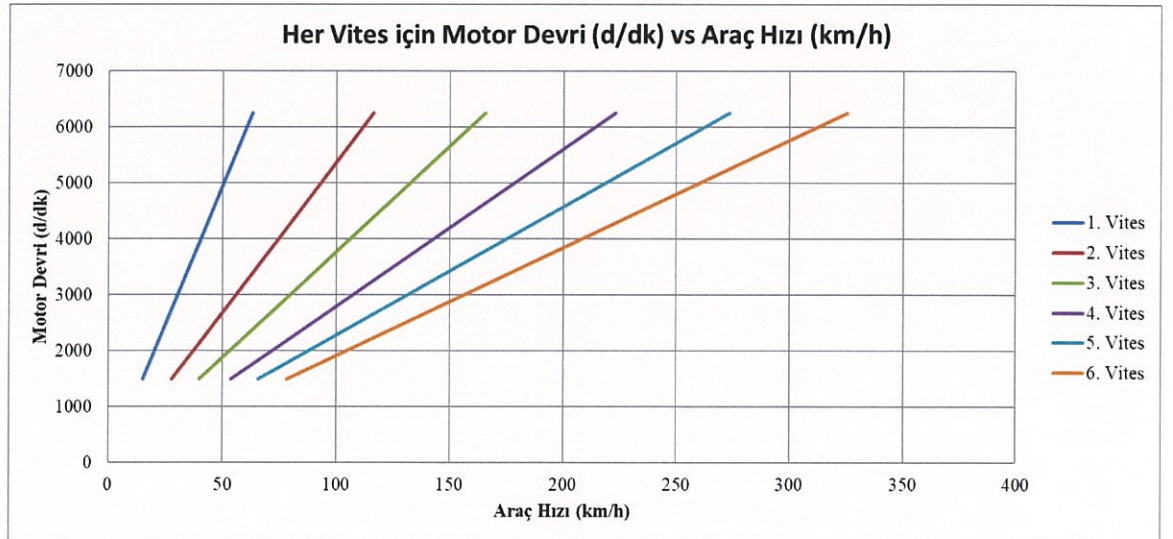
Şekil 4.16’nın incelenmesi sonucunda en yüksek motor gücü 135,9 kW olarak 5500 d/d’da en düşük motor gücü ise 26,2 kW olarak 1500 d/d’da oluşmuştur. En yüksek motor

momenti 296 Nm 3500 d/d'da, en düşük motor momenti 167 Nm ise 1500 d/d'da meydana gelmiştir.

D ve E aracı için her bir viteste motor devir sayısına göre aracın hızı tespit edilmiş ve Şekil 4.17 ve Şekil 4.18' de verilmiştir.



Şekil 4.17. D aracının hızına bağlı olarak vites değişim grafiği



Şekil 4.18. E aracının hızına bağlı olarak vites değişim grafiği

Şekil 4.16 a göre maksimum moment 3500 d/d’ da ve maksimum güç 5500 d/d’da gerçekleşmektedir. Yaygın araç teknolojisine göre D ve E araçlarının vites değişiminin maksimum momente sahip olunan devir sayısı 3500 d/d ile maksimum güce sahip olunan devir sayısı 5500 d/d çalışma aralığında olması daha uygundur. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de bulunan vites değişim grafiğinin incelenmesi ile motor devrinin artması araç hızının artmasına, vites sayısının artmasıyla araç hızının da arttığı gözlenmiştir. En düşük araç hızı 15,12 km/saat birinci viteste ve 1500 d/d’da E aracında, en yüksek araç hızı 390,14 km/saat ise 6’ncı viteste 6250 d/d’da D aracında meydana gelmiştir. Fakat D aracının direnç kuvvetleri nedeniyle en yüksek hız sınırına ulaşması mümkün değildir. Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 in incelenmesi sonucunda manuel araçlar otomatik araçlara kıyasla daha yüksek hızlara ulaşabilmektedir. D ve E aracında motorun maksimum güce ulaştığı devir sayısında her bir vitese göre maksimum hızları çizelge 4.7 ‘de verilmektedir.

Çizelge 4.7. D ve E aracının her vites için maksimum güçteki maksimum hızları

n_m 5500 d/d	V_{1max}	V_{2max}	V_{3max}	V_{4max}	V_{5max}	V_{6max}
D aracı	56,0km/h	98,3km/h	149,0km/h	202,6km/h	275,2km/h	343,3km/h
E aracı	55,5km/h	102,5km/h	146,0km/h	196,5km/h	240,7km/h	286,3km/h

Çizelge 4.7 incelendiğinde D aracının hızlarının E aracının hızlarına göre daha çabuk hızlandığı görülmektedir. Aracın verilen hızlar civarında bir sonraki vitese aktarılması sürüş tekniği açısından uygun olacaktır.

D ve E aracının her bir vites durumu için devir sayısına göre hesaplanan tahrik kuvvetleri Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir. D aracı için en yüksek tahrik kuvveti birinci viteste 3500 devir sayısında 10419,1 N olarak elde edilmiştir. En düşük tahrik kuvveti ise altıncı viteste 1500 devir sayısında 958,1 N olarak elde edilmiştir. D aracı için en yüksek tahrik kuvveti ile en düşük tahrik kuvveti arasında yaklaşık olarak 10,87 katlık bir fark bulunmaktadır. E aracı için en yüksek tahrik kuvveti birinci viteste 3500 devir sayısında 10514,9 N olarak elde edilmiştir. En düşük tahrik kuvveti ise altıncı viteste 1500 devir

sayısında 1148,7 N olarak elde edilmiştir. E aracı için yüksek tahrik kuvveti ile en düşük tahrik kuvveti arasında yaklaşık olarak 9,15 katlık bir fark bulunmaktadır.

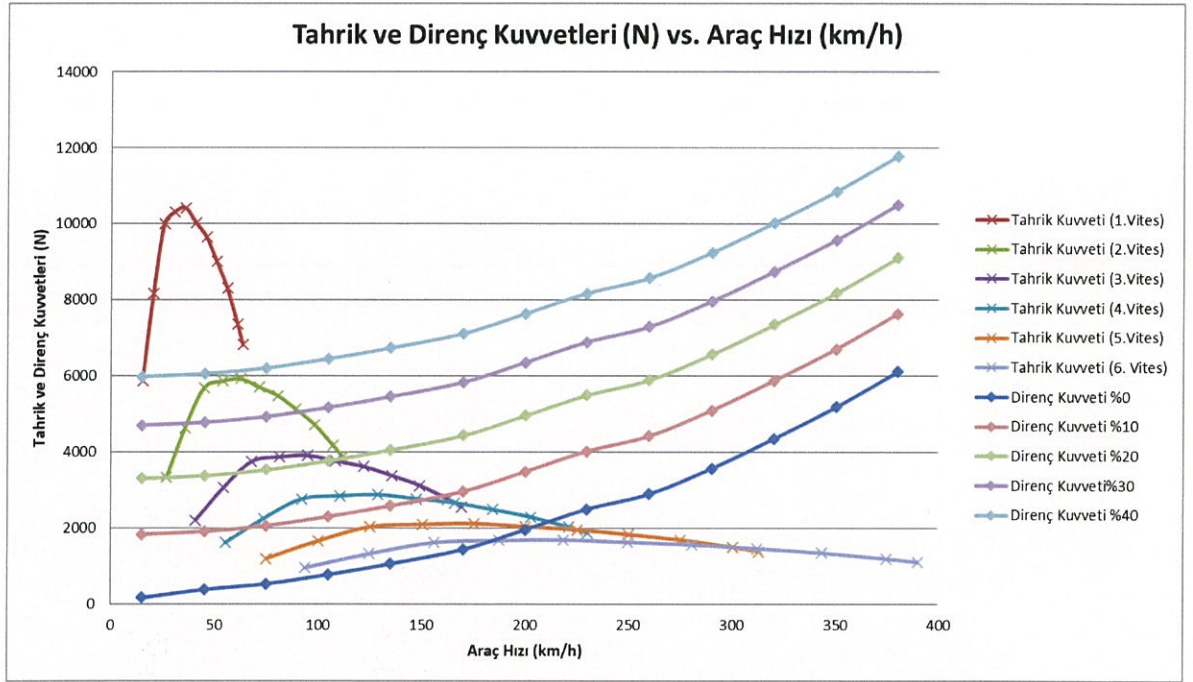
Çizelge 4.8. D aracı için tahrik kuvvetleri tablosu

Motor Devri nm [devir/dakika]	Tahrik Kuvveti F_t [N]					
	$F_t = (M_m * i_a * \eta_a) / R_t$					
	1.Vites	2.Vites	3.Vites	4.Vites	5.Vites	6.Vites
1500	5878,3	3346,1	2208,1	1623,1	1195,0	958,1
2000	8166,3	4648,5	3067,5	2254,9	1660,2	1331,1
2500	9996,7	5690,4	3755,1	2760,3	2032,3	1629,4
3000	10313,5	5870,7	3874,1	2847,7	2096,7	1681,0
3500	10419,1	5930,8	3913,8	2876,9	2118,2	1698,3
4000	10031,9	5710,4	3768,3	2770,0	2039,4	1635,1
4500	9644,7	5490,0	3622,9	2663,1	1960,7	1572,0
5000	9011,1	5129,4	3384,9	2488,1	1831,9	1468,8
5500	8307,1	4728,6	3120,4	2293,7	1688,8	1354,0
6000	7356,7	4187,7	2763,4	2031,3	1495,6	1199,1
6250	6828,7	3887,1	2565,1	1885,5	1388,3	1113,0

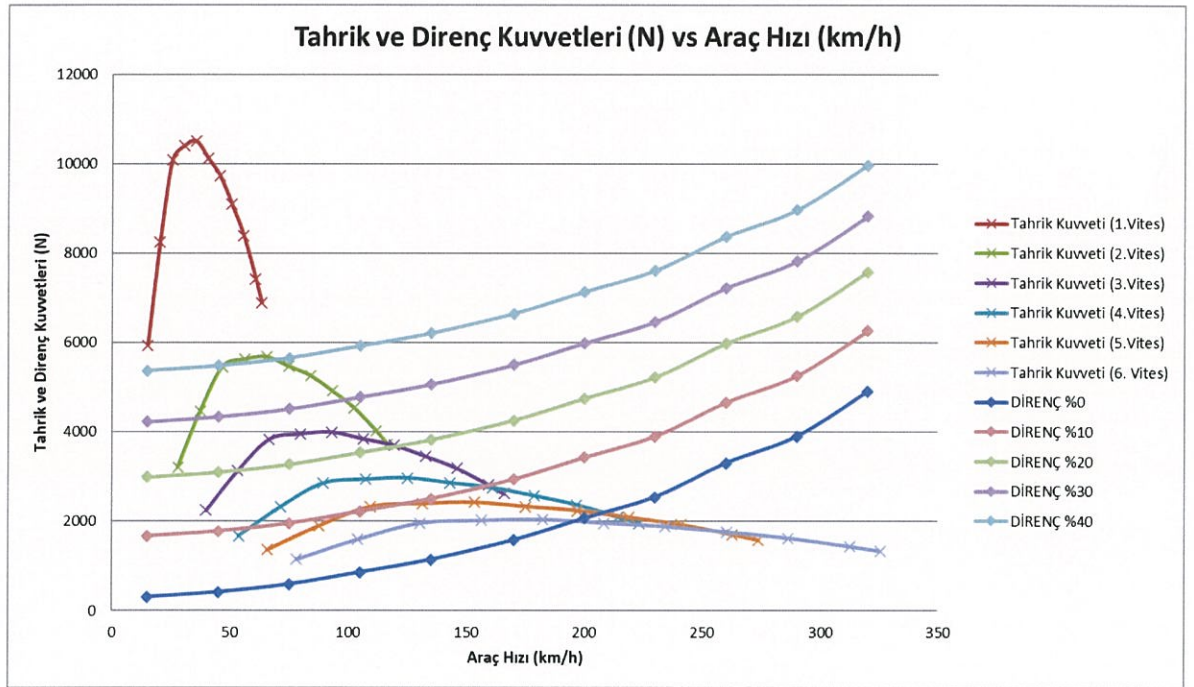
Çizelge 4.9. E aracı için tahrik kuvvetleri tablosu

Motor Devri nm [devir/dakika]	Tahrik Kuvveti F_t [N]					
	$F_t = (M_m * i_a * \eta_a) / R_t$					
	1.Vites	2.Vites	3.Vites	4.Vites	5.Vites	6.Vites
1500	5932,4	3210,0	2253,2	1673,8	1366,4	1148,7
2000	8241,4	4459,4	3130,2	2325,3	1898,2	1595,8
2500	10088,7	5458,9	3831,7	2846,4	2323,6	1953,4
3000	10408,4	5631,9	3953,2	2936,6	2397,3	2015,3
3500	10514,9	5689,6	3993,7	2966,7	2421,8	2036,0
4000	10124,2	5478,2	3845,2	2856,5	2331,8	1960,3
4500	9733,4	5266,7	3696,8	2746,2	2241,8	1884,7
5000	9094,0	4920,7	3454,0	2565,8	2094,5	1760,8
5500	8383,5	4536,3	3184,1	2365,4	1930,9	1623,3
6000	7424,4	4017,3	2819,8	2094,7	1710,0	1437,6
6250	6891,5	3729,0	2617,5	1944,4	1587,3	1334,4

D ve E aracı için her viteste hesaplanan tahrik kuvvetleri ile %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yollarda toplam direnç kuvvetleri hesaplanmış ve Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de verilmiştir. Verilen diyagram incelendiğinde D aracı %0 eğimli bir yolda 5'inci viteste maksimum 210 km/saat hız ile, %10 eğimli bir yolda 4'üncü viteste maksimum 160 km/saat hız ile, %20 eğimli bir yolda 3'üncü viteste maksimum 120 km/saat hız ile, %30 eğimli bir yolda ikinci viteste maksimum 105 km/saat hız ile ve %40 eğimli bir yolda ikinci viteste maksimum 50 km/saat hız ile hareket edebilmektedir. E aracı %0 eğimli bir yolda 5'inci viteste maksimum 220 km/saat hız ile, %10 eğimli bir yolda 4'üncü viteste maksimum 170 km/saat hız ile, %20 eğimli bir yolda 3'üncü viteste maksimum 125 km/saat hız ile, %30 eğimli bir yolda ikinci viteste maksimum 110 km/saat hız ile ve %40 eğimli bir yolda ikinci viteste maksimum 80 km/saat hız ile hareket edebilmektedir. D ve E aracı için en yüksek tahrik kuvveti birinci viteste ve en düşük tahrik kuvveti 6'ncı viteste olduğu görünmektedir. Diyagramda D aracının maksimum hızının dördüncü viteste yaklaşık 220 km/saat olduğu görülmektedir. Verilen diyagramda eğim dirençleri incelendiğinde D aracının %40 eğimde sadece birinci viteste gidebildiği, %20 eğimde birinci ve ikinci viteste gidebildiği, %10 eğimde ise 4'üncü viteste yaklaşık 140 km/saat ve üzeri hızla gidilemediği ve %10 eğimde 5'inci ve 6'ncı vitesle çıkılamadığı tespit edilmiştir. E aracının %40 eğimde sadece birinci viteste gidebildiği, %20 eğimde birinci ve ikinci viteste gidebildiği, %10 eğimde ise 4'üncü viteste yaklaşık 140 km/saat ve üzeri hızla gidilemediği ve %10 eğimde 5'inci ve 6'ncı vitesle çıkılamadığı tespit edilmiştir. Diyagramda E aracının maksimum hızının beşinci viteste yaklaşık 210 km/saat olduğu görülmektedir. D aracı %0 eğimde hesaplanan yüksek hızlara (220 km/saat ve üzeri) ve E aracı %0 eğimde hesaplanan yüksek hızlara (225 km/saat ve üzeri) ulaşamadığı anlaşılmaktadır.

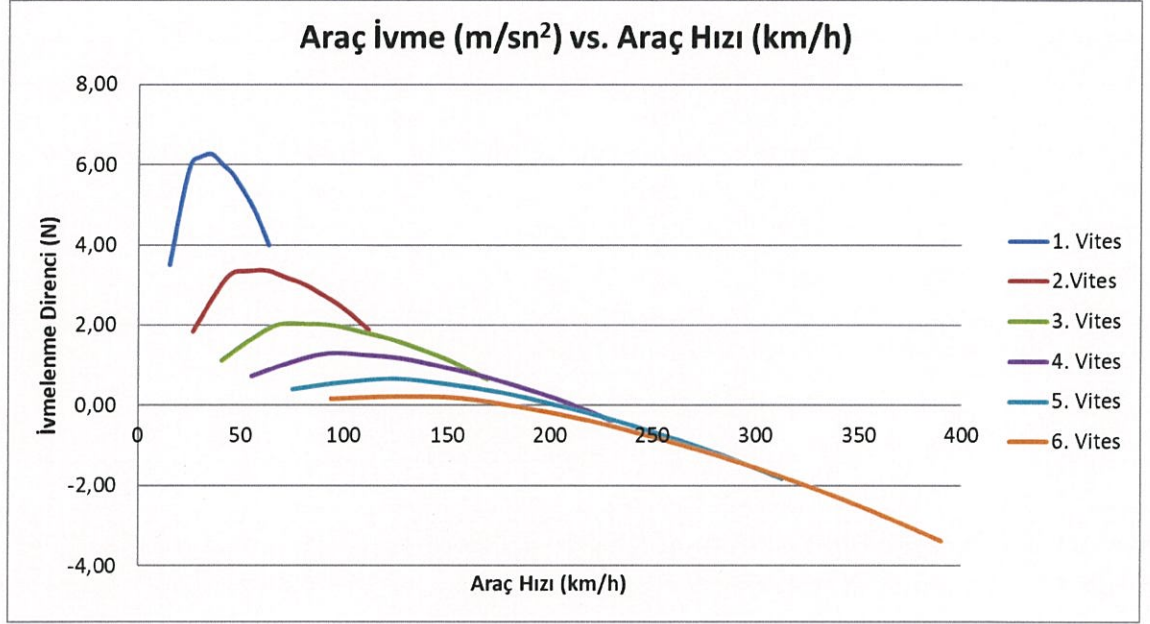


Şekil 4.19. D Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.

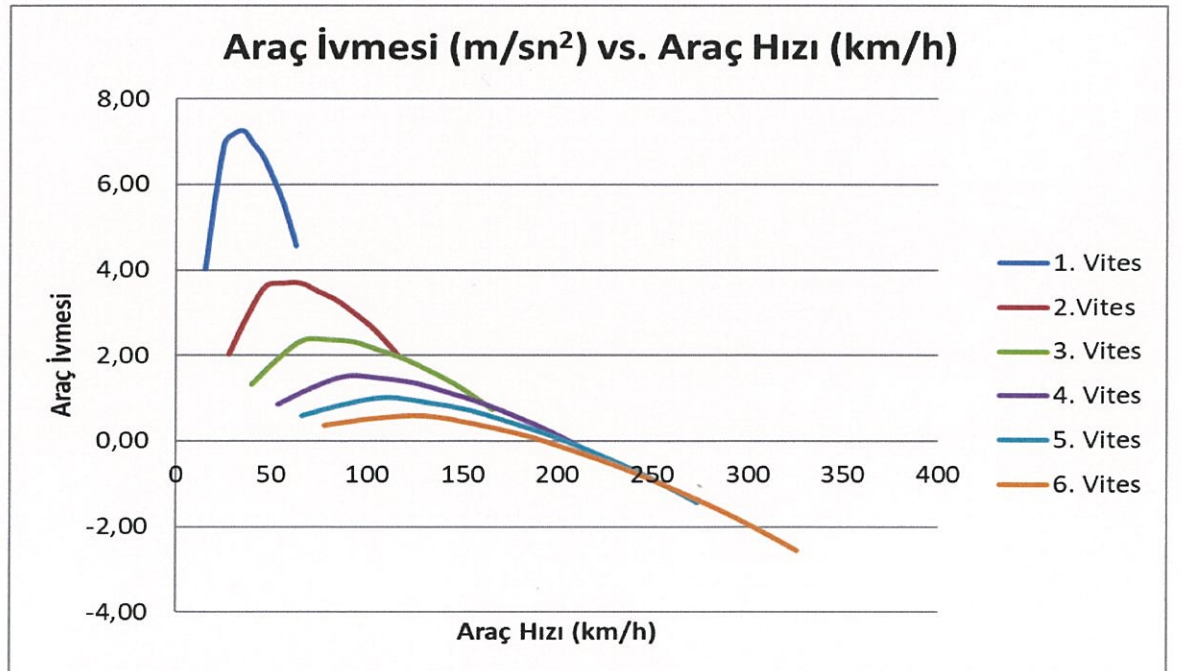


Şekil 4.20. E Aracı için %0, %10, %20, %30 ve %40 eğimli yolda tahrik ve direnç kuvvetleri diyagramı.

D ve E aracı için her bir viteste tahrik kuvvetleri ve toplam direnç kuvvetleri hesaplanmıştır. Buna bağlı her bir viteste araç hızına bağlı olarak aracın ivmelenme değerleri hesaplanmış ve şekil 4.21 ve Şekil 4.22 'de verilmiştir.

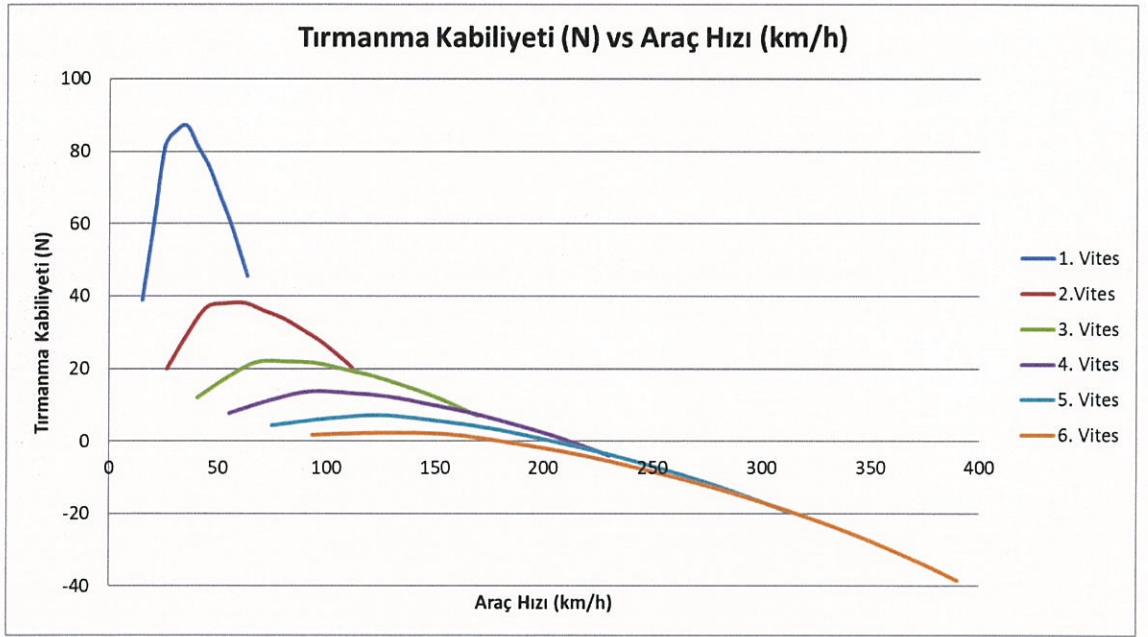


Şekil 4.21. D aracı araç hızına bağlı ivme grafiği

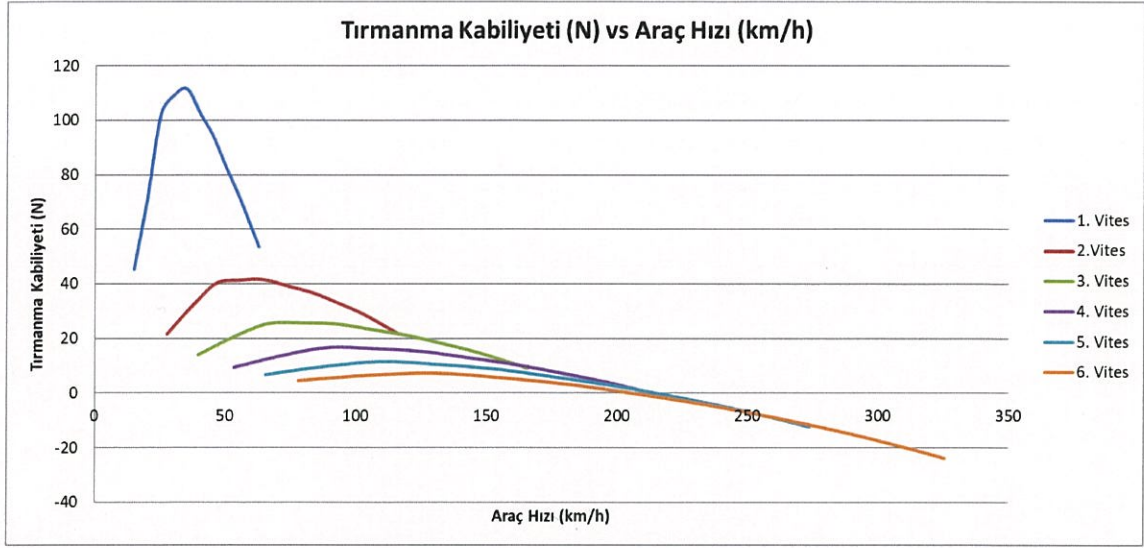


Şekil 4.22. E aracı araç hızına bağlı ivme grafiği

Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de görüldüğü üzere D aracının ulaşabildiği maksimum ivme birinci vites 3500 d/d’da 6,67 m/sn², minimum ivme 6’ncı vites 1500 d/d’ da 0,61 m/sn² olduğu tespit edilmiştir. E aracının ulaşabildiği maksimum ivme birinci vites 3500 d/d’ da 7,54 m/sn², minimum ivme 6’ncı vites 1500 d/d’ da 0,82 m/sn² olduğu görülmektedir. Otomatik şanzımanlı araçlar manuel şanzımanlı araçlara kıyasla 1,13 kat daha yüksek ivmeye sahiptirler. Performans olarak D ve E araçları incelendiğinde manuel şanzımanlı D aracı E aracına oranla daha yüksek hızlara teorik olarak ulaşabilmektedir. Fakat direnç kuvvetlerini yenemeyeceği için D aracı maksimum hızlara ulaşamayacaktır.



Şekil 4.23. D aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti

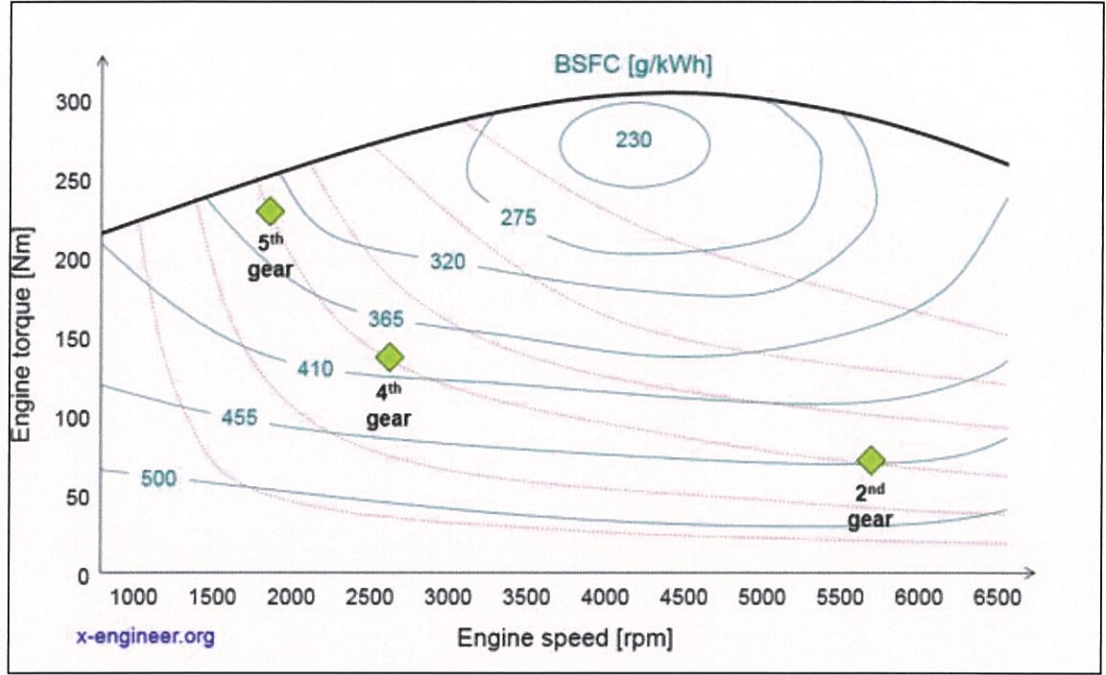


Şekil 4.24. E aracı araç hızına bağlı tırmanma kabiliyeti

Şekil 4.23 ve Şekil 4.24 ün incelenmesi sonucunda tam aynı motor gücü, aynı motor torku, aynı vites sayısına sahip sadece şanzıman tipi ve ön yüzey alanı, araç ağırlığı, tekerlek yarı çapı farklı olduğu durumda tam otomatik şanzımanlı araçlar manuel şanzımanlı araçlara göre birinci viteste 1.23 kat daha fazla tırmanma kabiliyetine sahiptir. Tırmanma kabiliyeti tahrik kuvveti, yuvarlanma ve hava direnci ile araç ağırlığından etkilenmektedir. Tırmanma kabiliyeti vites sayısı ve araç hızı arttıkça azalmaktadır. Araçların maksimum ulaşabileceği hızdan daha yüksek hızlarda tırmanma kabiliyeti eksi yönde olduğu görülmektedir. Tırmanma kabiliyetinin 0 ile kesiştiği nokta ve vites sayısı aracın maksimum hıza ulaştığı noktaya tekabül etmektedir.

4.5. Yakıt Tüketim Hesabı

Fren özgül yakıt tüketimi (Brake specific fuel consumption (BSFC)), içten yanmalı motorun tükettiği yakıtı karşılık krank şaftın üzerinde üretilen gücün verimini ifade etmektedir. Özgül yakıt tüketiminin “fren” kelimesiyle beraber kullanılmasının esas sebebi ise, dinamometre üzerinde içten yanmalı motorun karakteristik özelliklerini belirleyen parametrelerin belirlenmesinde frenleme gücünün kullanılmasıdır. Özgül yakıt tüketimi genellikle kontur grafik tipi kullanılarak sunulur (Şekil 4.20).



Şekil 4.25. Özgül yakıt tüketiminin kontur grafiği (x-engineer.org, 2020).

D ve E araçları için özgül yakıt tüketimi motor devir sayısı ve motor momenti dikkate alınarak Şekil 4.25. den okunmaktadır. Hesaplamalarımızda D ve E araçlarının %0 eğimli bir yolda seyir ettiği dikkate alınmaktadır. Bu nedenle eğim direncimiz bulunmamaktadır. Araçlarımız seyir halinde iken sadece hava direnci ve yuvarlanma direnci etki etmektedir. Hava direnci katsayısı 0,32 olarak ve yuvarlanma direnci katsayısı 0,02 olarak kabul edilmiştir.

Yakıt miktarının araç hızına bağlı olarak hesaplanabilmesi için öncelikli olarak özgül yakıt tüketiminin bulunması gerekmektedir. Bu sebeple ilk olarak motor devir sayısı ve motor momentini D ve E araçlarına göre hesaplanmaktadır. Motor momenti denklem 3.12'ye göre hesaplanmaktadır.

$$M_m = \frac{\Sigma R \times R_{tekerlek}}{i_a \times i_d \times i_n} \quad (3.12)$$

Özgül yakıt tüketimini hesaplayabilmek için araçlarımıza ait tekerlek açısal hızı, tekerlek devir sayısı, motor devir sayısı, motorun açısal hızı, motor momenti, motor gücü, hava direnci, yuvarlanma direnci ve toplam direnç kuvvetlerinin hesaplanması gerekmektedir.

Tekerleğin açısal hızı araç hızının tekerlek yarıçapına oranı ile hesaplanabilmektedir.

$$\omega_{tekerlek} = v_{araç}/r_{tekerlek} \quad (3.13)$$

Motorun devir sayısı tekerleğin devir sayısı, vites dişli oranı ve diferansiyel oranının çarpılması ile hesaplanabilmektedir.

$$\eta_{motor} = \eta_{tekerlek} \times i_a \times i_d \quad (3.14)$$

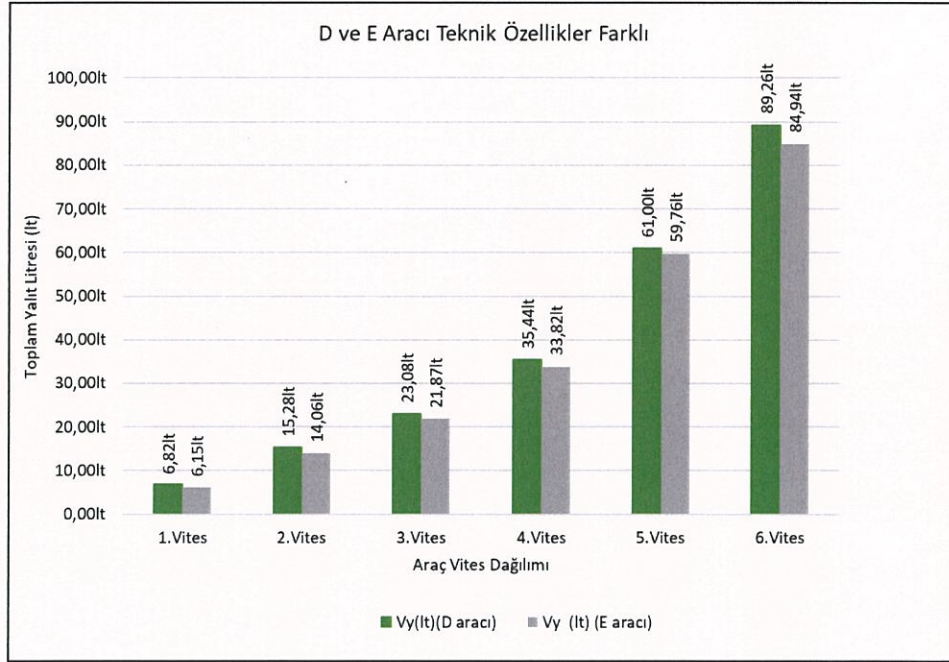
Her bir vites sayısı ve araç hızı için elde edilen motor devir sayısı ve motor momenti dikkate alınarak Şekil 4.20 den özgül yakıt tüketiminin yaklaşık değeri okunabilmektedir.

Yakıt tüketimi hesabında iki farklı durum ele alınmaktadır. Birinci durum gerçek durum olarak değerlendirilen D ve E aracının; teknik özellik olarak ifade edilen araç kütlesi, araç ön yüzey alanı ve tekerlek yarıçapının farklı olduğu durumdur. İkinci durum hayali durum olarak değerlendirilen D ve E aracının aynı teknik özelliklere sahip olduğu durumdur. Her iki durumda da D ve E aracının şanzıman tipi, vites dişli oranları ve diferansiyel oranı farklıdır. Birinci durumda hedeflenen aynı motora ve farklı teknik özelliklere sahip iki farklı aracın yakıt tüketimi açısından performansını karşılaştırmaktır. İkinci durumda ise aynı motor ve teknik özelliklere sahip sadece vites dişli oranları, diferansiyel oranı ve şanzıman tipi farklı olan D ve E aracının yakıt tüketimlerinin karşılaştırılmasıdır. Yapılan çalışmada her vites için üç farklı hız dikkate alınmaktadır. Araçların sabit hızda ve her hız değerinde bir saat boyunca seyir ettiği kabul edilmiştir. Araçlarımız her vites için toplamda üç saatlik seyir etmiştir. Bu kısımda amacımız motor yakıtı tüketimi açısından her iki durum için araçları incelemektir.

Farklı teknik özelliklere sahip olan D ve E aracının yakıt tüketimi tablosu EK-1'de yer almaktadır. Aynı teknik özelliklere sahip olan D ve E aracının yakıt tüketimi tablosu EK-2'de yer almaktadır.

Teknik özellikleri farklı olan D ve E araçlarının her vites durumunda yakıt tüketimi hesaplanmış ve Şekil 4.21’de verilmiştir. D aracı E aracına göre birinci viteste 0,67 litre, ikinci viteste 1,22 litre, üçüncü viteste 1,21 litre, 4’üncü viteste 1,62 litre, 5’inci viteste 1,24 litre ve 6’ncı viteste 4,32 litre daha fazla yakıt tüketimi yaptığı gözlemlenmektedir. Teknik özellikleri farklı olan D ve E aracının yüzde olarak yakıt tüketimleri incelendiğinde D aracının E aracına göre birinci viteste %10,9, ikinci viteste %8,7, üçüncü viteste %5,5, 4’üncü viteste %4,8, 5’inci viteste %2,1 ve 6’ncı viteste %5,1 daha fazla yakıt tükettiği tespit edilmiştir.

D aracı manuel şanzıman ve E aracı otomatik (CVT) şanzımanlıdır. Şekil 4.21 e göre gerçek durumda sabit hızda manuel araç otomatik araca kıyasla daha yüksek yakıt tüketimine sahiptir. Teknik özelliklerden en önemli kriter aracın kütlesidir. Kütle açısından incelendiğinde D aracı E aracına göre %12 daha ağırdır. Bu nedenle her vites durumunda D aracı E aracına göre daha fazla yakıt tüketimi yapmaktadır.



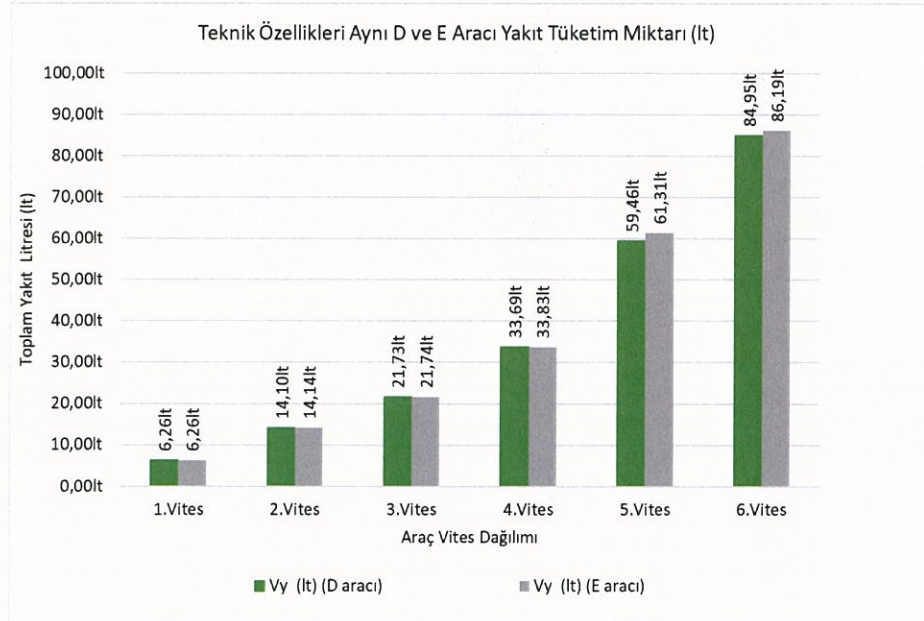
Şekil 4.26. Teknik özellikleri farklı D ve E aracının vites durumlarına göre yakıt tüketim miktarları

Teknik özellikleri (araç ön yüzey alanı, tekerlek yarıçapı, araç kütlesi) aynı olan D ve E aracının yakıt tüketim miktarları hesaplanmış ve Şekil 4.26’da verilmiştir. D ve E aracı

için tüm teknik özellikler aynı sadece vites dişli oranları, diferansiyel oranı ve şanzıman tipi farklı olarak kabul edilerek litre olarak yakıt tüketimi hesaplanmıştır. D aracı ile E aracı ilk dört viteste benzer yakıt tüketimi yaptığı tespit edilmiştir. D aracının E aracına göre beşinci viteste 1,85 litre ve altıncı viteste 1,24 litre daha az yakıt tükettiği tespit edilmiştir. Teknik özellikleri aynı olan D ve E aracının yüzde olarak yakıt tüketimleri incelendiğinde D aracının E aracına göre ilk dört vites durumunda %1.0 'ın altında ,5'inci viteste %3,02 ve 6'ncı viteste %1,44 daha az yakıt tükettiği belirlenmiştir.

D aracı manuel şanzıman ve E aracı otomatik (CVT) şanzımanlıdır. Şekil 4.27'e göre varsayılan durumda sabit hızda manuel araç ile tam otomatik araç yakıt tüketiminde 5'inci ve 6'ncı viteste daha fazla fark oluşturmaktadır. Manuel araç 5'inci ve 6'ncı viteste tam otomatik şanzımanlı araca göre daha az yakıt tüketimi sağlamaktadır.

Araç kütlesi, ön yüzey alanı, teknik özellikleri aynı olup sadece şanzıman tipi, vites dişli oranları ve diferansiyel oranı farklı olduğu ikinci durumda düşük vites oranlarında aynı miktarlarda yakıt tüketimi sağladığı belirlenmiştir. Yüksek vites oranlarında ise otomatik şanzımanlı araç daha yüksek yakıt tüketimine sahiptir.



Şekil 4.27. Teknik özellikleri aynı olan D ve E aracının vites durumlarına göre yakıt tüketim miktarları

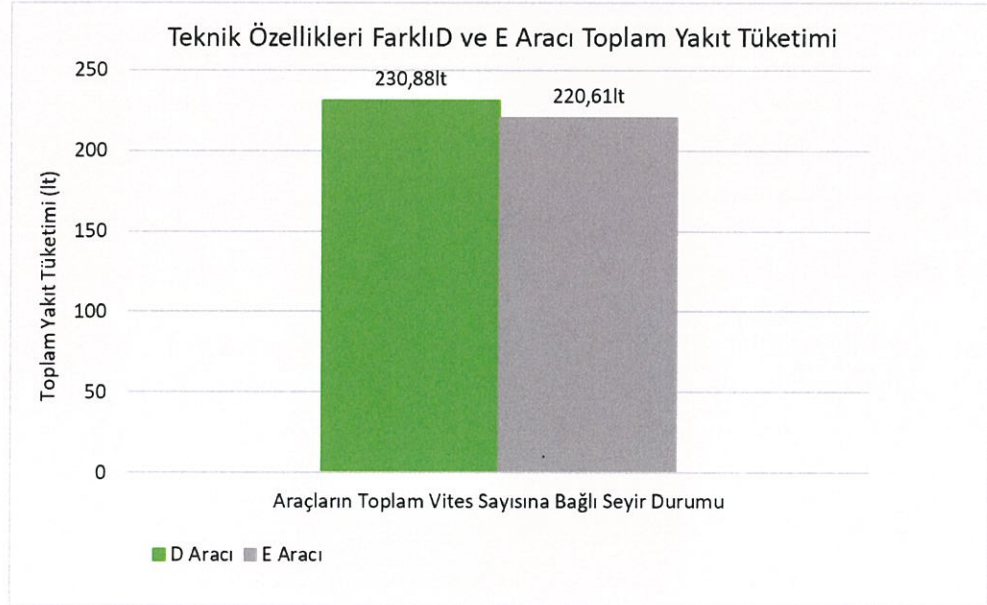
İncelemiş olduğumuz senaryomuzun sonucunda değerlendirilen her iki durum için D ve E aracı toplam yakıt tüketimi hesabı yapılmıştır. Senaryomuzda araçlarımız 1.vitesten 6.viteye kadar belirlenen üç farklı hız ile birer saat boyunca sabit hızla hareket etmişlerdir. Birinci ve ikinci durum için değerlendirilen hızlar Çizelge 4.10 da verilmiştir.

Değerlendirdiğimiz her iki durum içinde sadece şanzıman tipinin farklı olmasının yakıt tasarrufuna başlıca etken olmadığı görünmektedir.

Çizelge 4.10. Senaryoda değerlendirilen vites sayısına bağlı hız tablosu

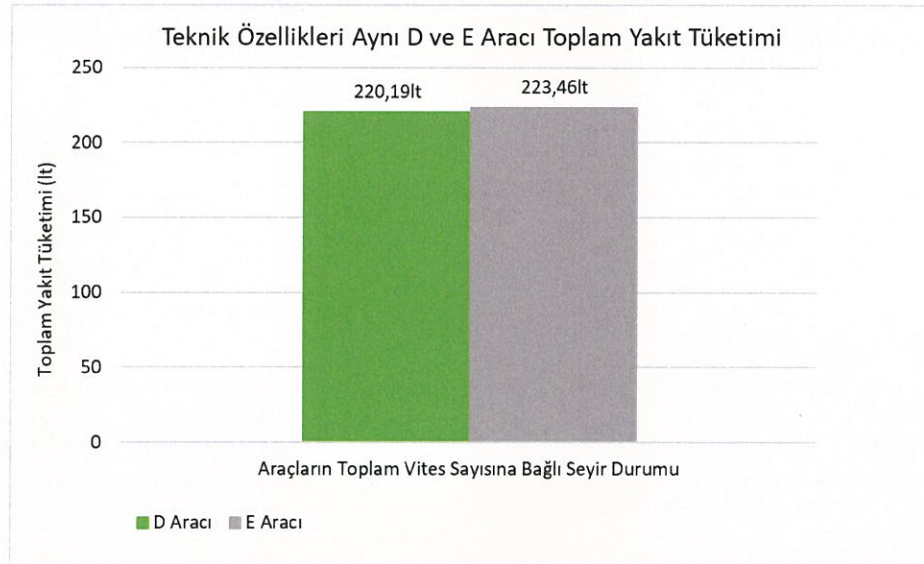
Vites Sayısı	Hız Durumu		
1.Vites	20 km/h	30 km/h	40 km/h
2.Vites	45 km/h	55 km/h	65 km/h
3.Vites	50 km/h	70 km/h	90 km/h
4.Vites	75 km/h	90 km/h	105 km/h
5.Vites	90 km/h	120 km/h	150 km/h
6.Vites	125 km/h	160 km/h	195 km/h

Teknik özellikleri farklı olan D ve E aracı için toplam yakıt tüketimi Şekil 4.28 de verilmiştir. Şekil 4.8 incelendiğinde tüm senaryo boyunca D aracının 230,88 litre ve E aracının 220,61 litre yakıt tükettiği belirlenmiştir. Buna göre manuel şanzıman tipine sahip olan D aracı, otomatik şanzıman tipine sahip olan E aracına göre % 4,66 daha fazla yakıt tüketimi sağlamaktadır. Bunun sebebi ise araç vites dişli oranlarının D aracında ilk vites dağılımlarında E aracına göre daha yüksek olması, diferansiyel oranının daha düşük, araç kütlesinin daha ağır olması etken olmuştur. Her iki araçta sayısal olarak birbirine yakın olan araç ön yüzey alanı ve tekerlek yarıçapının yakıt tüketimine etkisi minimum seviyesindedir.



Şekil 4.28. Teknik özellikleri farklı olan D ve E aracının toplam yakıt tüketimi

Teknik özellikleri aynı olan D ve E aracı için toplam yakıt tüketimi Şekil 4.29 da verilmiştir. Şekil 4.29 incelendiğinde tüm senaryo boyunca D aracının 220,19 litre ve E aracının 223,46 litre yakıt tükettiği belirlenmiştir. Buna göre manuel şanzıman tipine sahip olan D aracı, otomatik şanzıman tipine sahip olan E aracına göre % 1,48 daha az yakıt tüketimi sağlamaktadır. Şekil 4.27 incelendiğinde ise araç kütlesi, ön yüzey alanı ve tekerlek yarıçapı aynı alınarak sadece vites dişli oranları, diferansiyel oranı ve şanzıman tipi farklı alınması durumunda yakıt tüketiminde farklılıklar yüksek viteslerde görünmektedir. Düşük viteslerde ise hemen hemen aynı yakıt tüketimi sağlanmaktadır. Yüksek viteslerde tam otomatik şanzımanlı araç olan E aracının daha fazla yakıt tükettiği görünmektedir. Bunun sebebi ise E aracının diferansiyel oranının daha yüksek ve vites dişli oranlarının 5'inci vites ve 6'ncı viteste D aracına göre daha yüksek olmasıdır. Fazla yakıt tüketiminde şanzıman tipinin farklı olmasının yanı sıra diferansiyel oranı, vites dişli oranları da etki etmektedir.



Şekil 4.29. Teknik özellikleri aynı olan D ve E aracının toplam yakıt tüketimi

5. SONUÇ

Araç performanslarını ve yakıt tüketim miktarlarını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Araç performansları beş farklı araç (A-E) için yapılmıştır. Araçların motor devir sayısına göre çalışma aralıkları; motor güçleri için 21,7 Kw-148,7 Kw aralığında, motor momentleri için ise 138 Nm-339 Nm aralığında seçilmiştir. Çalışma aralığına göre B aracı en yüksek motor gücü (148,7 Kw) ve en yüksek motor momentine (339 Nm) sahip olan araç konumundadır. Şanzıman türü CVT (Otomatik Şanzıman) olan B aracının diğer araçlara göre daha güçlü bir motora sahip olduğu söz konusudur.

Çalışmada ele alınan her bir araca ait en yüksek tahrik kuvvetleri değerlendirildiğinde, birinci viteste maksimum momentin olduğu devir sayılarında en yüksek tahrik kuvvetlerine ulaşıldığı belirlenmiştir. Bu araçların en yüksek tahrik kuvvetleri sırasıyla; A aracında 12324,2 N, C aracında 10608,5 N, E aracında 10514,9 N, D aracında 10419,1 N ve B aracında 9693,1 N olarak belirlenmiştir. Motor momenti en yüksek olan B aracında birinci vites oranı en düşük olduğundan tahrik kuvveti de en düşük değere sahip olmuştur. Vites sayısının artması yani vites oranlarının küçülmesi ile tahrik kuvvetleri de azalmaktadır. En düşük tahrik kuvvetleri araçların son viteslerinde elde edilmiştir.

Bu çalışmada incelenen araçların her vites durumlarına ait ivmelenme dirençleri %0 ile %40 eğim aralığında hesaplanmış olup en yüksek ivmelenme direncinin her eğim açısı için birinci viteste, en düşük ivmelenme direncinin ise 6'nci viteste meydana geldiği tespit edilmiştir. İvmelenme direnci, tahrik kuvveti ile toplam direncin farkıdır. Birinci viteste tahrik kuvvetinin maksimum olması ve toplam direncin minimum olması ivmelenme direncinin maksimum olmasını sağlamıştır. Tüm araçların birinci viteste her eğim aralığında ivmelendiği tespit edilmiştir. Beş araçtan sadece A aracı tüm eğimlerde ikinci viteste ivmelenme göstermiştir. Tüm araçlar üçüncü ve üzerindeki viteslerde %30 ve üzeri eğimlerde ivmelenme gösterememişlerdir. Tüm araçlar beşinci ve altıncı viteslerde %20 ve üzeri eğimlerde seyir edememişlerdir. İvmelenme performansı açısından beş araç içerisinde en kötü performansın B aracı olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun B aracındaki tahrik kuvvetinin düşük olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Tırmanma kabiliyeti araç tahrik kuvveti, yuvarlanma ve hava direnci ile araç ağırlıklarından etkilenmektedir. En yüksek tırmanma kabiliyeti birinci viteste maksimum tahrik kuvvetine sahip olan A aracında görünmektedir. Tırmanma kabiliyeti hesabında tüm araçlar %0 eğimli yolda seyir ettiği dikkate alınmıştır. Şanzıman tipleri ve araç motor momenti, motor gücü farklı olan araçlar da en düşük tırmanma kabiliyeti tam otomatik şanzımanlı araç olan B aracında görünmektedir. B aracı CVT şanzımanlı olması sebebi ile en düşük tahrik kuvvetine sahiptir bu sebeple motor gücü açısından en güçlü araç olmasına rağmen tahrik kuvveti minimum olduğu için en düşük tırmanma kabiliyetine sahiptir.

Çalışmada her bir viteste motor devir sayısına göre tüm araçların hızları hesaplanmıştır. Motorun maksimum güç ve maksimum tork değerini veren devir sayısı aralığında vites değiştirmek sürüş tekniği açısından tercih edilmektedir. Her bir vitesin çıkabileceği en yüksek hızlar motor gücünün en büyük olduğu devir sayılarında (5000 d/d ve 5500 d/d) elde edilmiştir. Yapılan incelemede en yüksek hız değerlerinin teorik olarak en yüksek viteslerde olduğu belirlenmiştir. Buna göre ulaşılan en yüksek teorik hız değerleri A aracından E aracına göre sırasıyla 228,4 km/saat, 356 km/saat, 259,7 km/saat, 343,3 km/saat ve 286,3 km/saat olarak hesaplanmıştır. Toplam direncin %0 eğimdeki grafiği ile tahrik kuvveti grafiğinin kesiştiği nokta aracın maksimum hızını vermektedir. Her araç için tahrik kuvveti ve toplam direnç kuvvetlerinin verildiği şekillerde (Şekil 4.3; 4.7; 4.11; 4.16; 4.17) görüldüğü üzere tüm araçların uygulamada çıkabilecekleri en yüksek hız değerleri A aracından E aracına göre sırasıyla 200 km/saat, 220 km/saat, 160 km/saat, 220 km/saat ve 225 km/saat olarak gözlemlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda tahrik kuvvetleri direnç kuvvetlerini yenemediği için teorik olarak hesaplanan en yüksek hız değerlerine araçların hiçbirinin ulaşamadığı tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde en yüksek hıza 220 km/saat değeri ile B ve D araçlarının ulaştığı belirlenmiştir.

Yakıt tüketiminde araçların teknik özellikleri, vites ve diferansiyel oranları önemli unsurlardır. Bu çalışmada yakıt tüketimlerinin değerlendirilmesi, motor güç ve motor momentleri aynı olan D ve E araçları arasında yapılmıştır. Yakıt tüketimi hesabında iki durum incelenmiştir. Birinci durumda teknik özellikleri (araç ön yüzey alanı, tekerlek yarıçapı, araç kütlesi) farklı olan D ve E araçlarının yakıt tüketim miktarları

hesaplanmıştır. İkinci durumda ise teknik özellikleri aynı kabul edilen D ve E araçlarının farklı vites ve diferansiyel oranlarının yakıt tüketimine olan etkisi araştırılmıştır.

Araç ön yüzey alanı, tekerlek yarıçapı ve araç kütlesi gibi teknik özellikleri farklı olan D ve E aracının yüzde olarak yakıt tüketimleri incelendiğinde D aracının E aracına göre birinci viteste %10,9, ikinci viteste %8,7, üçüncü viteste %5,5, 4'üncü viteste %4,8, 5'inci viteste %2,1 ve 6'ncı viteste %5,1 daha fazla yakıt tükettiği tespit edilmiştir. Oluşturulan senaryonun sonucunda manuel şanzıman tipine sahip olan D aracında tüketilen yakıt miktarı, otomatik şanzıman tipine sahip olan E aracına göre % 4,66 daha fazla olmuştur. Bunun en önemli sebebi D aracının E aracına göre %12 daha ağır olmasıdır. En fazla yakıt tüketimi aracın ilk hareketine geçtiği anda olmaktadır. Vitesler arasında geçiş sağlandıkça yakıt tüketimi oranı azalmaktadır. Düşük vites sayılarında vites oranlarının D aracında yüksek olması yakıt tüketiminin artmasına vesile olmuştur. Her vites durumunda D aracı E aracına göre daha fazla yakıt tüketmiştir.

İkinci durumda, teknik özellikleri aynı olan D ve E aracının sadece vites dişli oranları, diferansiyel oranı ve şanzıman tipi farklı olarak tanımlanmış olup vites ve diferansiyel oranlarının yakıt tüketimine etkisi araştırılmıştır. Araştırma neticesinde D aracının E aracına göre ilk dört vites durumunda %1.0 'ın altında ,5'inci viteste %3,02 ve 6'ncı viteste %1,44 daha az yakıt tükettiği belirlenmiştir. İlave olarak düşük vites sayılarında her iki aracın aynı miktarlarda yakıt tüketimi sağladığı, yüksek vites sayılarında ise otomatik şanzımanlı aracın daha yüksek yakıt tüketimine sahip olduğu görülmüştür.

Bunun sebebi ise 5'inci vites ve 6'ncı viteste E aracının vites dişli oranlarının D aracına göre daha yüksek olmasıdır. Senaryo sonucunda D aracı, E aracına göre % 1,48 daha az yakıt tüketimi sağlamıştır.

Teknik özellikleri farklı olan D ve E aracının senaryo sonucunda tüketilen toplam yakıt miktarının sırasıyla 230,88 litre ve 220,61 litre olduğu tespit edilmiştir. Benzinin litre fiyatının 2020 Ağustos ayında yaklaşık 0,9 \$ olduğu kabul edildiğinde, yakıt bedeli D aracında 208\$ ve E aracında ise 199\$ civarında hesaplanmıştır. Sonuç olarak D aracının E aracına göre 9\$ daha fazla harcama yaptığı görülmüştür. Buna göre manuel şanzıman tipine sahip olan D aracının, otomatik şanzıman tipine sahip olan E aracına göre % 4,66

oranında hem tüketilen yakıt miktarında hem de yakıt bedelinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Teknik özellikleri aynı olan D ve E aracının senaryo sonucunda tüketilen toplam yakıt miktarının sırasıyla 220,19 litre ve 223,46 litre olduğu belirlenmiştir. Benzinin litre fiyatının 2020 Ağustos ayında yaklaşık 0,9 \$ olduğu kabul edildiğinde, yakıt bedeli D aracında 198\$ ve E aracında ise 201\$ civarında hesaplanmıştır. Sonuç olarak D aracının E aracına göre 3\$ daha az harcama yaptığı görülmüştür. Buna göre manuel şanzıman tipine sahip olan D aracının, otomatik şanzıman tipine sahip olan E aracına göre % 1,48 oranında hem tüketilen yakıt miktarında hem de yakıt bedelinde daha az olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada motor gücü, motor torku ve vites sayıları eşit iki farklı şanzıman tipi değerlendirilmiş olup teknik özelliklerinin farklı olduğu birinci durumun manuel şanzımanlı aracın (D), tam otomatik şanzımanlı araca (E) göre daha fazla yakıt tükettiği tespit edilmiştir. Bunun temel nedeni, manuel şanzımanlı araçta ön yüzey alanı, tekerlek yarıçapı ve araç ağırlığının tam otomatik şanzımanlı araca göre daha yüksek olmasıdır. Araçların, araç tekerlek yarıçapı, ön yüzey alanı ve araç ağırlığı gibi teknik özelliklerinin aynı olarak kabul edildiği ikinci durumda ise D aracının E aracına göre daha az yakıt tükettiği tespit edilmiştir. Ancak bu fark oldukça düşük seviyede (%1,48) kalmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada incelenen her iki durum için D ve E araçlarının şanzıman ve diferansiyel oranlarının farklı olmasının tüketilen yakıt miktarı üzerinde oldukça düşük seviyede bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Araç ağırlıklarının farklı olduğu durumun değerlendirmesi sonucunda ise araç ağırlıklarının tüketilen yakıt miktarı üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Gelecekte ülkemizde ve dünyada hibrit, elektrikli ve otonom araçların daha yaygın kullanılacağı bilinen bir gerçektir. Bu bağlamda, bu çalışmadan elde edilen sonuçların özellikle hibrit ve elektrikli araçlarla ilgili ileride yapılacak olan araç performansları konusundaki çalışmalara fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Arslan, H. 2003.** Otto motoru kısmi yüklerinde minimum yakıt tüketimi, *Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Aysal, F. E. 2014.** Vites Kademesindeki Artışın Taşıta Olan Etkisinin Analizi, *Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Çetinkaya, Z. 2002.** Ticari taşıt geliştirme sürecinde güç paketi, aktarma organları ve taşıt konsept konfigürasyonu, *Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Demir, A. 2016.** Vites/dişli kutusu (şanzıman, transmisyon), *Ders Notları. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Erzi, I. 1984.** *Ticari Taşıt İşletmeciliğinde Enerji Tasarrufu.* İstanbul: İ.T.Ü. Makina Fakültesi Matbaası.
- Gillespie, T. D. 1992.** Fundamentals of Vehicle Dynamics. *Society of Automotive Engineers (SAE).*
- Grobpietsch, W., & Sudau, T. 2000** Dual Clutch for Power-Shift Transmissions – A Traditional Engaging Element with New Future. *VDI- Berichte, 259-273.*
- Hacıbekir, T. 2006.** Adaptif seyir sistemlerinin yakıt tüketimine etkisinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Kluger, M. A., & Long, D. M. 1999.** An Overview of Current Automatic, Manual and Continuously Variable Transmission Efficiencies and Their Projected Future Improvements. *SAE.*
- Lecher, G., & Naunheimer, H. 1999.** Automotive Transmissions Fundamentals Selection Design And Application. *Springer.*
- otomobilteknoloji.blogspot.com.* (2019, 10 20). Retrieved from <https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2017/08/edc-sanziman-nedir-renault-edc-sanziman.html>
- Özkan, M. 1997.** İstanbul trafiğinde belirlenen güzergahta çalıştırılan belediye otobüsünün optimum yakıt sarfiyatı koşullarının nümerik yöntemle etüdü, *Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*

- Özkan, M. 1999.** Trafik yoğunluğunun ve sürüş karakteristiğinin yakıt tüketimine etkilerinin örnek güzergahta karşılaştırılması ve öneriler. *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*, 64-73.
- Özkan, M., & Yavaşlıol, İ. 2005.** Seyir hızı ve seçilen vites kademesinin yakıt tüketimi üzerine etkisi. *24. Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri Ulaşımında Enerji Verimliliği Oturumu*.
- Renault. (2019, 10 21). Retrieved from [www.renault.ie: https://www.renault.ie/discover-renault/innovation-and-technology/engines.html](https://www.renault.ie/discover-renault/innovation-and-technology/engines.html)
- Tuncel, A. Y. 2014.** Mekanik sistem tasarımı, Dönem içi projesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*.
- x-engineer.org. (2020, 26 05). *x-engineer.org*. Retrieved from <https://x-engineer.org/automotive-engineering/internal-combustion-engines/performance/brake-specific-fuel-consumption-bsfc/>
- Yavaşlıol, İ. 1984.** *Motorlu Taşıtlarda Yakıt Tasarrufu*. İstanbul: İstanbul Doğan Matbaası.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Seçil SANCAK
Doğum Yeri ve Tarihi : Beypazarı / 12.02.1991
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Beypazarı NKV Anadolu Lisesi
Lisans : Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği/2020

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Alkor Makine Kalıp San AŞ (Mayıs 2019- Halen)
Meklas Group San AŞ (Mayıs 2017- Ocak 2019)

İletişim (e-posta) : secilsancak123@gmail.com

Yayımları :

EKLER

EK-1. Farklı teknik özelliklere sahip D ve E aracının yakıt tüketim tablosu

EK-2. Aynı teknik özelliklere sahip D ve E aracının yakıt tüketimi tablosu

EK-1. Farklı teknik özelliklere sahip D ve E aracının yakıt tüketim tablosu

Vites Durumu	1. Vites				2. Vites				3. Vites				4. Vites				5. Vites				6. Vites																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	20 km/h	30 km/h	40 km/h	45 km/h	55 km/h	65 km/h	70 km/h	75 km/h	80 km/h	90 km/h	105 km/h	120 km/h	150 km/h	180 km/h	210 km/h	240 km/h	270 km/h	300 km/h	330 km/h	360 km/h	390 km/h	420 km/h	450 km/h	480 km/h	510 km/h	540 km/h	570 km/h	600 km/h	630 km/h	660 km/h	690 km/h	720 km/h	750 km/h	780 km/h	810 km/h	840 km/h	870 km/h	900 km/h	930 km/h	960 km/h	990 km/h	1020 km/h	1050 km/h	1080 km/h	1110 km/h	1140 km/h	1170 km/h	1200 km/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Hız Durumu (km/h)	5,6 m/s	8,3 m/s	11,1 m/s	12,5 m/s	15,3 m/s	18,1 m/s	19,4 m/s	20,8 m/s	25,0 m/s	29,2 m/s	33,3 m/s	37,5 m/s	41,7 m/s	45,8 m/s	50,0 m/s	54,2 m/s	58,3 m/s	62,5 m/s	66,7 m/s	70,8 m/s	75,0 m/s	79,2 m/s	83,3 m/s	87,5 m/s	91,7 m/s	95,8 m/s	100,0 m/s	104,2 m/s	108,3 m/s	112,5 m/s	116,7 m/s	120,8 m/s	125,0 m/s	129,2 m/s	133,3 m/s	137,5 m/s	141,7 m/s	145,8 m/s	150,0 m/s	154,2 m/s	158,3 m/s	162,5 m/s	166,7 m/s	170,8 m/s	175,0 m/s	179,2 m/s	183,3 m/s	187,5 m/s	191,7 m/s	195,8 m/s	199,9 m/s	204,0 m/s	208,2 m/s	212,3 m/s	216,5 m/s	220,6 m/s	224,8 m/s	228,9 m/s	233,0 m/s	237,2 m/s	241,3 m/s	245,5 m/s	249,6 m/s	253,8 m/s	257,9 m/s	262,0 m/s	266,2 m/s	270,3 m/s	274,5 m/s	278,6 m/s	282,8 m/s	286,9 m/s	291,0 m/s	295,2 m/s	299,3 m/s	303,5 m/s	307,6 m/s	311,8 m/s	315,9 m/s	320,0 m/s	324,2 m/s	328,3 m/s	332,5 m/s	336,6 m/s	340,8 m/s	344,9 m/s	349,0 m/s	353,2 m/s	357,3 m/s	361,5 m/s	365,6 m/s	369,8 m/s	373,9 m/s	378,0 m/s	382,2 m/s	386,3 m/s	390,5 m/s	394,6 m/s	398,8 m/s	402,9 m/s	407,0 m/s	411,2 m/s	415,3 m/s	419,5 m/s	423,6 m/s	427,8 m/s	431,9 m/s	436,0 m/s	440,2 m/s	444,3 m/s	448,5 m/s	452,6 m/s	456,8 m/s	460,9 m/s	465,0 m/s	469,2 m/s	473,3 m/s	477,5 m/s	481,6 m/s	485,8 m/s	489,9 m/s	494,0 m/s	498,2 m/s	502,3 m/s	506,5 m/s	510,6 m/s	514,8 m/s	518,9 m/s	523,0 m/s	527,2 m/s	531,3 m/s	535,5 m/s	539,6 m/s	543,8 m/s	547,9 m/s	552,0 m/s	556,2 m/s	560,3 m/s	564,5 m/s	568,6 m/s	572,8 m/s	576,9 m/s	581,0 m/s	585,2 m/s	589,3 m/s	593,5 m/s	597,6 m/s	601,8 m/s	605,9 m/s	610,0 m/s	614,2 m/s	618,3 m/s	622,5 m/s	626,6 m/s	630,8 m/s	634,9 m/s	639,0 m/s	643,2 m/s	647,3 m/s	651,5 m/s	655,6 m/s	659,8 m/s	663,9 m/s	668,0 m/s	672,2 m/s	676,3 m/s	680,5 m/s	684,6 m/s	688,8 m/s	692,9 m/s	697,0 m/s	701,2 m/s	705,3 m/s	709,5 m/s	713,6 m/s	717,8 m/s	721,9 m/s	726,0 m/s	730,2 m/s	734,3 m/s	738,5 m/s	742,6 m/s	746,8 m/s	750,9 m/s	755,0 m/s	759,2 m/s	763,3 m/s	767,5 m/s	771,6 m/s	775,8 m/s	779,9 m/s	784,0 m/s	788,2 m/s	792,3 m/s	796,5 m/s	800,6 m/s	804,8 m/s	808,9 m/s	813,0 m/s	817,2 m/s	821,3 m/s	825,5 m/s	829,6 m/s	833,8 m/s	837,9 m/s	842,0 m/s	846,2 m/s	850,3 m/s	854,5 m/s	858,6 m/s	862,8 m/s	866,9 m/s	871,0 m/s	875,2 m/s	879,3 m/s	883,5 m/s	887,6 m/s	891,8 m/s	895,9 m/s	900,0 m/s	904,2 m/s	908,3 m/s	912,5 m/s	916,6 m/s	920,8 m/s	924,9 m/s	929,0 m/s	933,2 m/s	937,3 m/s	941,5 m/s	945,6 m/s	949,8 m/s	953,9 m/s	958,0 m/s	962,2 m/s	966,3 m/s	970,5 m/s	974,6 m/s	978,8 m/s	982,9 m/s	987,0 m/s	991,2 m/s	995,3 m/s	999,5 m/s	1003,6 m/s	1007,8 m/s	1011,9 m/s	1016,0 m/s	1020,2 m/s	1024,3 m/s	1028,5 m/s	1032,6 m/s	1036,8 m/s	1040,9 m/s	1045,0 m/s	1049,2 m/s	1053,3 m/s	1057,5 m/s	1061,6 m/s	1065,8 m/s	1069,9 m/s	1074,0 m/s	1078,2 m/s	1082,3 m/s	1086,5 m/s	1090,6 m/s	1094,8 m/s	1098,9 m/s	1103,0 m/s	1107,2 m/s	1111,3 m/s	1115,5 m/s	1119,6 m/s	1123,8 m/s	1127,9 m/s	1132,0 m/s	1136,2 m/s	1140,3 m/s	1144,5 m/s	1148,6 m/s	1152,8 m/s	1156,9 m/s	1161,0 m/s	1165,2 m/s	1169,3 m/s	1173,5 m/s	1177,6 m/s	1181,8 m/s	1185,9 m/s	1190,0 m/s	1194,2 m/s	1198,3 m/s	1202,5 m/s	1206,6 m/s	1210,8 m/s	1214,9 m/s	1219,0 m/s	1223,2 m/s	1227,3 m/s	1231,5 m/s	1235,6 m/s	1239,8 m/s	1243,9 m/s	1248,0 m/s	1252,2 m/s	1256,3 m/s	1260,5 m/s	1264,6 m/s	1268,8 m/s	1272,9 m/s	1277,0 m/s	1281,2 m/s	1285,3 m/s	1289,5 m/s	1293,6 m/s	1297,8 m/s	1301,9 m/s	1306,0 m/s	1310,2 m/s	1314,3 m/s	1318,5 m/s	1322,6 m/s	1326,8 m/s	1330,9 m/s	1335,0 m/s	1339,2 m/s	1343,3 m/s	1347,5 m/s	1351,6 m/s	1355,8 m/s	1359,9 m/s	1364,0 m/s	1368,2 m/s	1372,3 m/s	1376,5 m/s	1380,6 m/s	1384,8 m/s	1388,9 m/s	1393,0 m/s	1397,2 m/s	1401,3 m/s	1405,5 m/s	1409,6 m/s	1413,8 m/s	1417,9 m/s	1422,0 m/s	1426,2 m/s	1430,3 m/s	1434,5 m/s	1438,6 m/s	1442,8 m/s	1446,9 m/s	1451,0 m/s	1455,2 m/s	1459,3 m/s	1463,5 m/s	1467,6 m/s	1471,8 m/s	1475,9 m/s	1480,0 m/s	1484,2 m/s	1488,3 m/s	1492,5 m/s	1496,6 m/s	1500,8 m/s	1504,9 m/s	1509,0 m/s	1513,2 m/s	1517,3 m/s	1521,5 m/s	1525,6 m/s	1529,8 m/s	1533,9 m/s	1538,0 m/s	1542,2 m/s	1546,3 m/s	1550,5 m/s	1554,6 m/s	1558,8 m/s	1562,9 m/s	1567,0 m/s	1571,2 m/s	1575,3 m/s	1579,5 m/s	1583,6 m/s	1587,8 m/s	1591,9 m/s	1596,0 m/s	1600,2 m/s	1604,3 m/s	1608,5 m/s	1612,6 m/s	1616,8 m/s	1620,9 m/s	1625,0 m/s	1629,2 m/s	1633,3 m/s	1637,5 m/s	1641,6 m/s	1645,8 m/s	1649,9 m/s	1654,0 m/s	1658,2 m/s	1662,3 m/s	1666,5 m/s	1670,6 m/s	1674,8 m/s	1678,9 m/s	1683,0 m/s	1687,2 m/s	1691,3 m/s	1695,5 m/s	1699,6 m/s	1703,8 m/s	1707,9 m/s	1712,0 m/s	1716,2 m/s	1720,3 m/s	1724,5 m/s	1728,6 m/s	1732,8 m/s	1736,9 m/s	1741,0 m/s	1745,2 m/s	1749,3 m/s	1753,5 m/s	1757,6 m/s	1761,8 m/s	1765,9 m/s	1770,0 m/s	1774,2 m/s	1778,3 m/s	1782,5 m/s	1786,6 m/s	1790,8 m/s	1794,9 m/s	1799,0 m/s	1803,2 m/s	1807,3 m/s	1811,5 m/s	1815,6 m/s	1819,8 m/s	1823,9 m/s	1828,0 m/s	1832,2 m/s	1836,3 m/s	1840,5 m/s	1844,6 m/s	1848,8 m/s	1852,9 m/s	1857,0 m/s	1861,2 m/s	1865,3 m/s	1869,5 m/s	1873,6 m/s	1877,8 m/s	1881,9 m/s	1886,0 m/s	1890,2 m/s	1894,3 m/s	1898,5 m/s	1902,6 m/s	1906,8 m/s	1910,9 m/s	1915,0 m/s	1919,2 m/s	1923,3 m/s	1927,5 m/s	1931,6 m/s	1935,8 m/s	1939,9 m/s	1944,0 m/s	1948,2 m/s	1952,3 m/s	1956,5 m/s	1960,6 m/s	1964,8 m/s	1968,9 m/s	1973,0 m/s	1977,2 m/s	1981,3 m/s	1985,5 m/s	1989,6 m/s	1993,8 m/s	1997,9 m/s	2002,0 m/s	2006,2 m/s	2010,3 m/s	2014,5 m/s	2018,6 m/s	2022,8 m/s	2026,9 m/s	2031,0 m/s	2035,2 m/s	2039,3 m/s	2043,5 m/s	2047,6 m/s	2051,8 m/s	2055,9 m/s	2060,0 m/s	2064,2 m/s	2068,3 m/s	2072,5 m/s	2076,6 m/s	2080,8 m/s	2084,9 m/s	2089,0 m/s	2093,2 m/s	2097,3 m/s	2101,5 m/s	2105,6 m/s	2109,8 m/s	2113,9 m/s	2118,0 m/s	2122,2 m/s	2126,3 m/s	2130,5 m/s	2134,6 m/s	2138,8 m/s	2142,9 m/s	2147,0 m/s	2151,2 m/s	2155,3 m/s	2159,5 m/s	2163,6 m/s	2167,8 m/s	2171,9 m/s	2176,0 m/s	2180,2 m/s	2184,3 m/s	2188,5 m/s	2192,6 m/s	2196,8 m/s	2200,9 m/s	2205,0 m/s	2209,2 m/s	2213,3 m/s	2217,5 m/s	2221,6 m/s	2225,8 m/s	2229,9 m/s	2234,0 m/s	2238,2 m/s	2242,3 m/s	2246,5 m/s	2250,6 m/s	2254,8 m/s	2258,9 m/s	2263,0 m/s	2267,2 m/s	2271,3 m/s	2275,5 m/s	2279,6 m/s	2283,8 m/s	2287,9 m/s	2292,0 m/s	2296,2 m/s	2300,3 m/s	2304,5 m/s	2308,6 m/s	2312,8 m/s	2316,9 m/s	2321,0 m/s	2325,2 m/s	2329,3 m/s	2333,5 m/s	2337,6 m/s	2341,8 m/s	2345,9 m/s	2350,0 m/s	2354,2 m/s	2358,3 m/s	2362,5 m/s	2366,6 m/s	2370,8 m/s	2374,9 m/s	2379,0 m/s	2383,2 m/s	2387,3 m/s	2391,5 m/s	2395,6 m/s	2399,8 m/s	2403,9 m/s	2408,0 m/s	2412,2 m/s	2416,3 m/s	2420,5 m/s	2424,6 m/s	2428,8 m/s	2432,9 m/s	2437,0 m/s	2441,2 m/s	2445,3 m/s	2449,5 m/s	2453,6 m/s	2457,8 m/s	2461,9 m/s	2466,0 m/s	2470,2 m/s	2474,3 m/s	2478,5 m/s	2482,6 m/s	2486,8 m/s	2490,9 m/s	2495,0 m/s	2499,2 m/s	2503,3 m/s	2507,5 m/s	2511,6 m/s	2515,8 m/s	2519,9 m/s	2524,0 m/s	2528,2 m/s	2532,3 m/s	2536,5 m/s	2540,6 m/s	2544,8 m/s	2548,9 m/s	2553,0 m/s	2557,2 m/s	2561,3 m/s	2565,5 m/s	2569,6 m/s	2573,8 m/s	2577,9 m/s	2582,0 m/s	2586,2 m/s	2590,3 m/s	2594,5 m/s	2598,6 m/s	2602,8 m/s	2606,9 m/s	2611,0 m/s	2615,2 m/s	2619,3 m/s	2623,5 m/s	2627,6 m/s	2631,8 m/s	2635,9 m/s	2640,0 m/s	2644,2 m/s	2648,3 m/s	2652,5 m/s	2656,6 m/s	2660,8 m/s	2664,9 m/s	2669,0 m/s	2673,2 m/s	2677,3 m/s	2681,5 m/s	2685,6 m/s	2689,8 m/s	2693,9 m/s	2698,0 m/s	2702,2 m/s	2706,3 m/s	2710,5 m/s	2714,6 m/s	2718,8 m/s	2722,9 m/s	2727,0 m/s	2731,2 m/s	2735,3 m/s	2739,5 m/s	2743,6 m/s	2747,8 m/s	2751,9 m/s	2756,0 m/s	2760,2 m/s	2764,3 m/s	2768,5 m/s	2772,6 m/s	2776,8 m/s	2780,9 m/s	2785,0 m/s	2789,2 m/s	2793,3 m/s	2797,5 m/s	2801,6 m/s	2805,8 m/s	2809,9 m/s	2814,0 m/s	2818,2 m/s	2822,3 m/s	2826,5 m/s	2830,6 m/s	2834,8 m/s	2838,9 m/s	2843,0 m/s	2847,2 m/s	2851,3 m/s	2855,5 m/s	2859,6 m/s	2863,8 m/s	2867,9 m/s	2872,0 m/s	2876,2 m/s	2880,3 m/s	2884,5 m/s	2888,6 m/s	2892,8 m/s	2896,9 m/s	2901,0 m/s	2905,2 m/s	2909,3 m/s	2913,5 m/s	2917,6 m/s	2921,8 m/s	2925,9 m/s	2930,0 m/s	2934,2 m/s	2938,3 m/s	2942,5 m/s	2946,6 m/s	2950,8 m/s	2954,9 m/s	2959,0 m/s	2963,2 m/s	2967,3 m/s	2971,5 m/s	2975,6 m/s	2979,8 m/s	2983,9 m/s	2988,0 m/s	2992,2 m/s	2996,3 m/s	3000,5 m/s	3004,6 m/s	3008,8 m/s	3012,9 m/s	3017,0 m/s	3021,2 m/s	3025,3 m/s	3029,5 m/s	3033,6 m/s	3037,8 m/s	3041,9 m/s	3046,0 m/s	3050,2 m/s	3054,3 m/s	3058,5 m/s	3062,6 m/s	3066,8 m/s	3070,9 m/s	3075,0 m/s	3079,2 m/s	3083,3 m/s	3087,5 m/s	3091,6 m/s	3095,8 m/s	3100,0 m/s	3104,1 m/s	3108,2 m/s	3112,4 m/s	3116,5 m/s	3120,7 m/s	3124,8 m/s	3129,0 m/s	3133,1 m/s	3137,3 m/s	3141,4 m/s	3145,6 m/s	3149,7 m/s	3153,9 m/s	3158,0 m/s	3162,2 m/s	3166,3 m/s	3170,5 m/s	3174,6 m/s	3178,8 m/s	3182,9 m/s	3187,0 m/s	3191,2 m/s	3195,3 m/s	3199,5 m/s	3203,6 m/s	3207,8 m/s	3211,9 m/s	3216,0 m/s	3220,2 m/s	3224,3 m/s	3228,5 m/s	3232,6 m/s	3236,8 m/s	3240,9 m/s	3245,0 m/s	3249,2 m/s	3253,3 m/s	3257,5 m/s	3261,6 m/s	3265,8 m/s	3269,9 m/s	3274,0 m/s	3278,2 m/s	3282,3 m/s	3286,5 m/s	3290,6 m/s	3294,8 m/s	3298,9 m/s	3303,0 m/s	3307,2 m/s	3311,3 m/s	3315,5 m/s	3319,6 m/s	3323,8 m/s	3327,9 m/s	3332,0 m/s	3336,2 m/s	3340,3 m/s	3344,5 m/s	3348,6 m/s	3352,8 m/s	3356,9 m/s	3361,0 m/s	3365,2 m/s	3369,3 m/s	3373,5 m/s	3377,6 m/s	3381,8 m/s	3385,9 m/s	3390,0 m/s	3394,2 m/s	3398,3 m/s	3402,5 m/s	3406,6 m/s	3410,8 m/s	3414,9 m/s	3419,0 m/s	3423,2 m/s	3427,3 m/s	3431,5 m/s	3435,6 m/s	3439,8 m/s	3443,9 m/s	3448,0 m/s	3452,2 m/s	3456,3 m/s	3460,5 m/s	3464,6 m/s	3468,8 m/s	3472,9 m/s	3477,0 m/s	3481,2 m/s	3485,3 m/s	3489,5 m/s	3493,6 m/s	3497,8 m/s	3501,9 m/s	3506,0 m/s	3510,2 m/s

EK-2. Aynı teknik özelliklere sahip D ve E aracının yakıt tüketimi tablosu

Vites Durumu	1.Vites			2.Vites			3.Vites			4.Vites			5.Vites			6.Vites		
	20 km/h	30 km/h	40 km/h	45 km/h	55 km/h	65 km/h	50 km/h	70 km/h	90 km/h	75 km/h	90 km/h	105 km/h	90 km/h	120 km/h	150 km/h	125 km/h	160 km/h	195 km/h
Hız Durumu (km/h)	5,6 m/s	8,3 m/s	11,1 m/s	12,5 m/s	15,3 m/s	18,1 m/s	13,9 m/s	19,4 m/s	25,0 m/s	20,8 m/s	25,0 m/s	29,2 m/s	25,0 m/s	33,3 m/s	41,7 m/s	34,7 m/s	44,4 m/s	54,2 m/s
Hız Durumu (m/s)	0,949	1,489	2,130	2,534	3,372	4,386	2,838	4,948	8,080	5,558	7,984	11,051	8,000	14,314	21,093	13,664	19,976	28,372
m _y (kg/saat)	4,57	6,261t		10,29	14,101t		15,87	21,731t		24,59	33,691t	59,461t	62,01	84,951t				
V _y (t) (D aracı)	546	536	539	526	515	508	505	499	494	500	470	400	407	321	270			
be (g/kWh)	17,58	35,17	39,56	48,36	57,15	79,13	65,94	79,13	92,31	79,13	105,50	131,88	109,90	140,67	171,44			
Tekerleğin açısı hızı (d/d)	167,96	336,02	377,96	462,04	546,02	756,02	630,00	756,02	881,94	756,02	1007,96	1260,00	1050,00	1343,98	1637,96			
Tekerleğin devir sayısı (d/)	2012,63	3020,09	4026,40	2578,04	3151,51	3724,34	1890,46	2646,47	3402,92	2084,44	2501,40	2918,03	1841,69	2455,43	3069,40	2050,78	2624,95	3199,13
Motor devir sayısı (d/dk)	210,65	316,10	421,43	269,83	329,86	389,81	197,87	277,00	356,17	218,17	261,81	305,42	192,76	257,00	321,26	214,65	274,75	334,84
Motor açısı hızı (rad/s)	8,05	8,63	9,43	17,42	19,43	21,85	35,16	44,92	50,85	61,11	73,25	83,00	118,50	164,14	156,41	226,51	313,82	
Motor Moment (Nm)	1696,76	2727,14	3973,75	4700,53	6409,90	8516,25	5509,83	9740,57	16000,17	11093,15	16000,17	22371,08	16000,17	30454,69	52731,50	33572,64	62231,40	105080,55
Motor Güç (Watt)	16,51	37,14	66,03	83,57	124,84	174,36	103,17	202,22	334,28	232,14	334,28	454,99	334,28	594,28	928,56	644,83	1056,49	1569,26
Hava direnci (N)	290,21	310,84	339,73	357,27	398,54	448,06	607,98	475,92	728,69	505,84	607,98	867,97	607,98	1330,19	1842,96			
Rtoplam (N)																		

Vites Durumu	1.Vites			2.Vites			3.Vites			4.Vites			5.Vites			6.Vites		
	20 km/h	30 km/h	40 km/h	45 km/h	55 km/h	65 km/h	50 km/h	70 km/h	90 km/h	75 km/h	90 km/h	105 km/h	90 km/h	120 km/h	150 km/h	125 km/h	160 km/h	195 km/h
Hız Durumu (km/h)	5,6 m/s	8,3 m/s	11,1 m/s	12,5 m/s	15,3 m/s	18,1 m/s	13,9 m/s	19,4 m/s	25,0 m/s	20,8 m/s	25,0 m/s	29,2 m/s	25,0 m/s	33,3 m/s	41,7 m/s	34,7 m/s	44,4 m/s	54,2 m/s
Hız Durumu (m/s)	0,930	1,492	2,147	2,517	3,369	4,435	2,852	4,956	8,064	5,578	8,016	11,099	7,936	13,922	22,897	14,810	22,281	25,825
m _y (kg/saat)	4,57	6,261t		10,32	14,141t		15,87	21,741t		24,69	33,831t	61,311t	62,92	86,191t				
V _y (t) (E aracı)	547	540	535	525	520	517	508	503	495	502	495	495	495	456	433	440	357	245
be (g/kWh)	17,58	35,17	39,56	48,36	57,15	79,13	65,94	79,13	92,31	79,13	105,50	131,88	109,90	140,67	171,44			
Tekerleğin açısı hızı (d/d)	167,96	336,02	377,96	462,04	546,02	756,02	630,00	756,02	881,94	756,02	1007,96	1260,00	1050,00	1343,98	1637,96			
Tekerleğin devir sayısı (d/)	1984,36	2977,67	3969,85	2416,19	2953,67	3490,53	1884,62	2638,29	3392,39	2100,00	2520,06	2939,81	2057,19	2742,75	3428,57	2401,96	3074,47	3746,97
Motor devir sayısı (d/dk)	207,70	311,66	415,51	252,89	309,15	365,34	197,26	276,14	355,07	219,80	263,77	307,70	215,32	287,07	358,86	251,41	321,79	392,18
Motor açısı hızı (rad/s)	8,17	8,75	9,57	18,60	20,76	23,34	35,33	45,15	50,55	60,78	72,87	83,88	106,35	147,36	133,88	193,95	268,77	
Motor Moment (Nm)	1697,11	2728,33	3976,57	4704,54	6417,22	8528,34	5515,44	9755,67	16032,27	11111,73	16032,27	22422,06	16032,27	30530,79	52880,14	33658,65	62411,79	105407,10
Motor Güç (Watt)	16,57	37,28	66,27	83,88	125,29	175,00	103,55	202,96	335,50	232,99	335,50	456,65	335,50	596,44	931,94	647,18	1060,35	1574,99
Hava direnci (N)	290,27	310,98	339,97	357,57	398,99	448,70	609,20	476,66	730,35	506,69	609,20	870,14	609,20	1334,04	1848,69			
Rtoplam (N)																		