

ÖZET

Dünyada konvansiyonel araçlar şehir içi ulaşımında büyük pay sahibidirler. Bu araçların enerjilerini sağladıkları fosil yakıtların, yanması sonucu ortaya çıkan çeşitli gazların çevreye verdiği zarar ve azalan rezervler sonucu maliyetlerin artacak olması petrolün daha verimli kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çevresel ekonomik problemler, temiz ve verimli şehir içi ulaşımının geliştirilmesinde hızlandırıcı etki olmuştur. Bu nedenle çevreye dost ve yakıtın daha verimli kullanıldığı hibrid elektrikli araçlar daha fazla önem kazanmıştır. Bu sebeplerden ötürü, bir çok araç üreticileri geliştirdikleri hibrid elektrikli araçları otomotiv piyasasına sunmuşlardır.

Bu çalışmada, dünyadaki hibrid elektrikli araçların bugünkü durumu anlatılmıştır. Bunun yanında bu araçların enerji depolama sistemleri, güç üretim sistemleri ve araç tahrik sistemleri gibi alt sistem teknolojileri de tanıtılmıştır. Ayrıca şu an üretilmekte olan Fiat Doblo ve Renault Megane marka araçların karma hibrid sisteme dönüştürülmesi tasarlanmıştır. Bu araçların seçilmesinin sebebi kendi sınıflarında en çok tercih edilen modeller olmaları ve yerli üretim olmalarıdır. Araçları karma hibrid sisteme dönüştürmek için gerekli alt sistemler belirlenmiştir. Daha sonra bu araçların yol simülasyonlarının yapılabilmesi için Visual Basic tabanlı bir program hazırlanmıştır. Bu program sayesinde araçların hızlanma, tüketim ve emisyon değerleri yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu değerlerle konvansiyonel araçların değerleri karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada karma hibrid sisteme dönüşümü tasarlanan Renault Megane ve Fiat Doblo araçların yapılan yol simülasyonu sonrasında konvansiyonel olanlarına göre daha yüksek performans ve daha düşük tüketim değerleriyle avantaj sağladıkları görülmüştür. Konvansiyonel bir araca göre daha düşük hacimli içten yanmalı motor ve elektrik motoruyla o araca denk veya daha yüksek performans elde etmek mümkün olmaktadır. Yakıtın daha verimli kullanılabilir olması hem emisyon açısından hem de maliyet açısından avantajlar sağlamaktadır.

SUMMARY

In the world conventional vehicles get a big share in city transportation. These vehicles get its energy from fossil fuels which pollute environment with gases occurred after they burned and cost of it will be increase because of reduced reserves so that petroleum oil must be used more efficient. These environmental and economical problems accelerate development of clear and efficient city transportation. Therefore hybride electrical vehicles gain a great importance with their environmental friendship and efficient usage of fuel. For these reasons many vehicle manufacturers throw hybride electrical vehicles on the market.

In thesis, today's situation of hybride electrical vehicles in the world were told. However subsystem technologies are introduced like as energy deposit systems, power producing systems and vehicle instigation systems. Moreover, Fiat Doblo and Renault Megane named vehicles that are manufacturing, were designed for mixed hybride systems. These vehicles are chosen because they are most preferred and home products. The subsystems are determined for mixed hybride systems. Then a program is written in the base of Visual Basic for road simulation of these vehicles and with the program acceleration, consumption and emission values are approximately calculated. Furthermore the values are compared with the conventional vehicles values.

At the end of the thesis, the road simulations for the new designed mixed hybride systems Fiat Doblo and Renault Megane vehicles have high performance and low consumption values then the conventional vehicles. Equal or more performance will be taken from the vehicle which has a lower volume within burning motor then conventional vehicle and an electrical motor. Efficient usage of fuel supplies advantageges for both emission and cost.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında bana her türlü konuda destek olan, anlayış ve yol gösteren ve yüksek lisans eğitimim boyunca üzerimde büyük emeği olan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. İlyas KANDEMİR'e ve değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Araştırma Görevlileri Alaattin Metin KAYA ve Ufuk YAVUZ'a ve beni büyüten, yetiştiren, her zaman yanımda ve destek olan sevgili aileme katkılarından dolayı teşekkürlerimi bildiririm.

Merthan BENLİ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET			iv
SUMMARY			v
TEŞEKKÜR			vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ			vii
SİMGELER VE KISALTMALAR			xi
ŞEKİLLER DİZİNİ			xii
TABLolar DİZİNİ			xvii
1.GİRİŞ		Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
2.HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİLERİ	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.1.Hibrid Elektrikli Araçların Değerlendirilmesi	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.Hibrid Elektrikli Araçların Sınıflandırılması	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.Seri Hibrid Elektrikli Araç	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.1.Seri Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.1.1.Kalkış, Yokuş Çıkma ve İvmelenme	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.1.2.Düşük Yükte Normal Sürüş	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.1.3.Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.1.4.Sadece Aküyü Şarj Etme	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.2.Seri Hibrid Sistemin Avantajları	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.1.3.Seri Hibrid Sistemin Dezavantajları	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.
2.2.2.Paralel Hibrid Elektrikli Araç	Hata!	Yer	işareti tanımlanmamış.

2.2.2.1.Paralel Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.2.1.1.Kalkış, Yokuş Çıkma ve İvmelenme**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.2.1.2.Düşük Yükte Normal Sürüş**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.2.1.3.Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.2.1.4.Seyir Halinde Aküyü Şarj Etme**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.2.2.Paralel Hibrid Sistemin Avantajları**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.2.3.Paralel Hibrid Sistemin Dezavantajları**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.Karma Hibrid Elektrikli Araç **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.1.Karma Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.1.1.Yokuş Çıkma ve İvmelenme**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.1.2.Kalkış ve Normal Sürüş**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.1.3.Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.1.4.Seyir Halinde Aküyü Şarj Etme**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.1.5.Sadece Aküyü Şarj Etme**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.2.Karma Hibrid Sistemin Avantajları**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.3.3.Karma Hibrid Sistemin Dezavantajları**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.4.Kompleks Hibrid Elektrikli Araç**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.4.1.Kompleks Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları **Hata!**
Yer işareti tanımlanmamış.

2.2.4.1.1.Yokuş Çıkma ve İvmelenme**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

2.2.4.1.2.Kalkış **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.4.1.3.Normal Sürüş **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.4.1.4.Aks Dengeleme **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

2.2.4.1.5.Seyir Halinde Aküyü Şarj Etme**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

2.2.4.1.6.Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

2.2.4.2.Kompleks Hibrid Sistemin Avantajları**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

2.2.4.3.Kompleks Hibrid Sistemin Dezavantajları**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

3.HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇLARDAKİ ALT SİSTEMLER**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

3.1.Güç Üretim Sistemleri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

3.1.1.İçten Yanmalı Motorların Çalışma Prensipleri**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

3.1.1.1.Dört Zamanlı Benzin Motorları**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

3.1.1.2.Dört Zamanlı Dizel Motorlar**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

3.1.1.3.Aşırı Doldurmalı (Türbo) Sistemi**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

3.1.2.İçten Yanmalı Motorların Karakteristikleri**Hata!** Yer işareti tanımlanmamış.

3.2.Tahrik Sistemleri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

3.2.1.Doğru Akım Motorlar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

3.2.2.Asenkron Motorlar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

3.2.3.Sürekli Mıknatıslı Motorlar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

3.3.Enerji Depolama Sistemleri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

3.3.1.Bataryalar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

3.3.1.1.Kurşun-Asit Bataryalar	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.3.1.2.Nikel Kadmiyum Bataryalar	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.3.1.3.Nikel Metal Hidrür Bataryalar	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.3.1.4.Lityum İyon Bataryalar	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.3.2.Volanlar	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.4.Güç Kontrol Sistemleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.4.1.Doğrultucular	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.4.2.Çeviriciler	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.4.3.Eviriciler	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.5.Enerji Yönetimi Sistemleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.ÜRETİM HATTINDAKİ HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇLAR	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.1.Toyota Prius	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.2.Honda Insight	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.3.Honda Civic	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.4.Nissan Tino Hibrid	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
5.PROTOTİP VE DENEYSEL HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇLAR	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
5.1.Ford Escape Hibrid	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
5.2.Volkswagen Touran Hibrid	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
5.3.Mercedes F 500 Mind	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
5.4.LexusRX 400h	51
5.5.Fiat Doblo Hibrid	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
6.HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇ DİZAYNI VE TAŞIT MEKANİĞİ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
6.1.Taşıta Etki Eden Hareket Dirençleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
6.1.1.Yuvarlanma Direnci	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
6.1.2.Yokuş Direnci	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
6.1.3.Aerodinamik Direnç	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
6.1.4.İvme direnci	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
7.FIAT DOBLO MARKA ARACIN KARMA HİBRİD SİSTEME DÖNÜŞTÜRÜLMESİ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

- 7.1.Fiat Doblo Karma Hibrid Elektrikli Aracın Alt Sistemlerinin Belirlenmesi **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.1.1.İçten Yanmalı Motorlar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.1.2.Elektrik Motorları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.1.3.Bataryalar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.2.Fiat Doblo Karma Hibrid Elektrikli Araç Sistemlerinin Bağlantı Şeması **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.3.Fiat Doblo Karma Hibrid Elektrikli Araçların Güç ve Tork Eğrileri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.4.Fiat Doblo Aracın Yol Yükü Hesapları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.4.1.Fiat Doblo 1.9 JTD'nin Yol Yükü Hesapları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.4.2.Fiat Doblo Hibrid1 Aracın Yol Yükü Hesapları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.4.3. Fiat Doblo 1.6 16V'nin Yol Yükü Hesapları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.4.4.Fiat Doblo Hibrid2 Aracın Yol Yükü Hesapları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 7.4.5.Fiat Doblo Hibrid3 Aracın Yol Yükü Hesapları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
8. RENAULT MEGANE MARKA ARACIN KARMA HİBRİD SİSTEME DÖNÜŞTÜRÜLMESİ **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 8.1.Renault Megane Karma Hibrid Elektrikli Aracın Alt Sistemlerinin Belirlenmesi **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 8.1.1.İçten Yanmalı Motorlar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 8.1.2.Elektrik Motorları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 8.1.3.Bataryalar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 8.2.Renault Megane Karma Hibrid Elektrikli Araç Sistemlerinin Bağlantı Şeması **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 8.3.Renault Megane Karma Hibrid Elektrikli Araçların Güç ve Tork Eğrileri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- 8.4.Renault Megane Aracın Yol Yükü Hesapları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

8.4.1.Renault Megane 1.6 16 V'nin Yol Yüğü Hesapları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

8.4.2.Renault Megane Hibrid1'in Yol Yüğü Hesapları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

8.4.3.Renault Megane 2.0 16 V'nin Yol Yüğü Hesapları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

8.4.4.Renault Megane Hibrid2 Aracın Yol Yüğü Hesapları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

9.HİBRİD ARAÇLARIN YOL SİMÜLASYONU İÇİN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMININ HAZIRLANMASI **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

9.1.Fiat Doblo ve Renault Megane Araçların Yol Simülasyonları Sonuçları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

9.1.1.Şehir İçi Yoğun Trafikte Yol Simülasyonları Sonuçları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

9.1.2.Şehir İçi Tenha Trafikte Yol Simülasyonları Sonuçları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

9.1.3.Şehir Dışı Trafikte Yol Simülasyonları Sonuçları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

9.1.4.Yol Simülasyonunun Sonuçları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

9.2.Fiat Doblo ve Renault Megane Araçların Hızlanma Testleri Sonuçları **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

10.SONUÇ **Hata!** **Yer işareti tanımlanmamış.**

KAYNAKLAR 143

ÖZGEÇMİŞ 144

EKLER 145

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	sayfa
2.1 Seri hibrid sistemin bağlantı şeması	5
2.2 Seri hibrid sistemde kalkış, yokuş çıkma ve ivmelenme durumu	7
2.3a Seri hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş	7
2.3b Seri hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş	8

	10
2.4 Seri hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme	8
2.5 Seri hibrid sistemde sadece aküyü şarj etme	9
2.6 Paralel hibrid sistemin bağlantı şeması	10
2.7 Paralel hibrid sistemde kalkış, yokuş çıkma ve ivmelenme	11
2.8 Paralel hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş (İçten yanmalı motor ağırlıklı)	12
2.9 Paralel hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş (Elektrik motoru ağırlıklı)	13
2.10 Paralel hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme	13
2.11 Paralel hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme	14
2.12 Karma hibrid sistemin bağlantı şeması	15
2.13 Karma hibrid sistemde yokuş çıkma ve ivmelenme (İçten yanmalı motor ağırlıklı)	16
2.14 Karma hibrid sistemde yokuş çıkma ve ivmelenme (Elektrik motoru ağırlıklı)	16
2.15 Karma hibrid sistemde kalkış ve normal sürüş	17
2.16 Karma hibrid sistemde kalkış ve normal sürüş (Elektrik motoru ağırlıklı)	17
2.17 Karma hibrid sistemde kalkış ve normal sürüş (İçten yanmalı motor ağırlıklı)	18
2.18 Karma hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme	19
2.19 Karma hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme (İçten yanmalı motor ağırlıklı)	19
2.20 Karma hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme (Elektrik motoru ağırlıklı)	20
2.21 Karma hibrid sistemde sadece aküyü şarj etme	21
2.22 Kompleks hibrid sistemin bağlantı şeması (Ön hibrid, arka elektrik)	22
2.23 Kompleks hibrid sistemin bağlantı şeması (Arka hibrid, ön elektrik)	22
2.24 Kompleks hibrid sistemde yokuş çıkma ve ivmelenme	23
2.25 Kompleks hibrid sistemde kalkış	24
2.26 Kompleks hibrid sistemde normal sürüş	24
2.27 Kompleks hibrid sistemde aks dengeleme	25
2.28 Kompleks hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme...	25
2.29 Kompleks hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme	26

	11
3.1 Otto çevriminde p-V diyagramı	28
3.2 Otto çevriminde T-s diyagramı	28
3.3 Dizel çevriminde p-V diyagramı	29
3.4 Dizel çevriminde T-s diyagramı	29
3.5 Türbo sistemi	31
3.6 Türbo çevrimi	32
4.1 Toyota Prius	41
4.2 Toyota Prius GT	43
4.3 Honda Insight	44
4.4 Honda Civic IMA	47
4.5 Nissan Tino Hibrid	49
5.1 Ford Escape Hibrid	50
5.2 Volkswagen Touran Hibrid	51
5.3 Mercedes F 500 Mind	52
5.4 Lexus RX 400h	52
5.5 Fiat Doblo Hibrid	53
6.1 Hareket dirençlerinin hıza göre değişimi	54
6.2 Yükün yuvarlanma direnci katsayısına etkisi	57
6.3 Lastik basıncının çeşitli yol durumlarında yuvarlanma direnci katsayısına etkisi	57
6.4 Aracın hızının yuvarlanma direnci katsayısına etkisi	58
6.5 Yokuş direnci	58
6.6 Eğimin hesabı	59
6.7 Yokuş direnç kuvveti grafiği	59
6.8 Yokuş direnç gücü grafiği	60
7.1 Fiat Doblo Kapalı Van	63
7.2 Fiat Doblo Camlı Van	63
7.3 1.2 litre 60 HP'lik motorun güç eğrisi	66
7.4 1.2 litre 60 HP'lik motorun tork eğrisi	66
7.5 1.2 litre 80 HP'lik motorun güç eğrisi	67
7.6 1.2 litre 80 HP'lik motorun tork eğrisi	67
7.7 1.3 litre 70 HP'lik motorun güç eğrisi	68
7.8 1.3 litre 70 HP'lik motorun güç eğrisi	68
7.9 Tahrik amaçlı elektrik motorunun resmi	69

7.10 Tahrik amaçlı elektrik motorunun güç	69
7.11 Tahrik amaçlı elektrik motorunun tork	70
7.12 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun resmi	70
7.13 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun güç eğrisi	70
7.14 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun tork eğrisi	71
7.15 Saft-Batteries marka bataryanın resmi	71
7.16 Fiat Doblo karma hibrid elektrikli araç sistemlerinin bağlantı şeması	72
7.17 Fiat Doblo Hibrid1'in güç eğrileri	73
7.18 Fiat Doblo Hibrid1'in tork eğrileri	73
7.19 Fiat Doblo Hibrid1 ve 1.3 dizel'in güç eğrilerinin karşılaştırılması	74
7.20 Fiat Doblo Hibrid1 ve 1.3 dizel'in tork eğrilerinin karşılaştırılması	74
7.21 Fiat Doblo Hibrid2'nin güç eğrileri	75
7.22 Fiat Doblo Hibrid2'nin tork eğrileri	75
7.23 Fiat Doblo Hibrid2 ve 1.2 8V'nin güç eğrilerinin karşılaştırması	76
7.24 Fiat Doblo Hibrid2 ve 1.2 8V'nin tork eğrilerinin karşılaştırması	76
7.25 Fiat Doblo Hibrid3'ün güç eğrileri	77
7.26 Fiat Doblo Hibrid3'ün tork eğrileri	77
7.27 Fiat Doblo Hibrid3 ve 1.2 16V'nin güç eğrilerinin karşılaştırması	78
7.28 Fiat Doblo Hibrid3 ve 1.2 16V'nin güç eğrilerinin karşılaştırması	78
7.29 Tüm motorların güç eğrilerinin karşılaştırması	79
7.30 Tüm motorların tork eğrilerinin karşılaştırması	79
8.1 Renault Megane Sedan	98
8.2 1.5 litre 80 HP'lik türbo dizel motorun güç eğrisi	101
8.3 1.5 litre 80 HP'lik türbo dizel motorun tork eğrisi	101
8.4 1.4 litre 98 HP'lik benzinli motorun güç eğrisi	102
8.5 1.4 litre 98 HP'lik benzinli motorun tork eğrisi	102
8.6 Tahrik amaçlı elektrik motorunun resmi	103
8.7 Tahrik amaçlı elektrik motorunun güç eğrisi	104
8.8 Tahrik amaçlı elektrik motorunun tork eğrisi	104
8.9 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun resmi	105
8.10 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun güç eğrisi	105
8.11 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun tork eğrisi	105
8.12 Saft-Batteries marka bataryanın resmi	106

8.13 Renault Megane karma hibrid elektrikli araç sistemlerinin bağlantı şeması	107
8.14 Renault Megane Hibrid1'in güç eğrileri	108
8.15 Renault Megane Hibrid1'in tork eğrileri	108
8.16 Renault Megane Hibrid1 ve 1.5 dizel'in güç eğrilerinin karşılaştırılması	109
8.17 Renault Megane Hibrid1 ve 1.5 dizel'in tork eğrilerinin karşılaştırılması	109
8.18 Renault Megane Hibrid2'nin güç eğrileri	110
8.19 Renault Megane Hibrid2'nin tork eğrileri	110
8.20 Renault Megane Hibrid2 ve 1.4 16V'nin güç eğrilerinin karşılaştırılması	111
8.21 Renault Megane Hibrid2 ve 1.4 16V'nin tork eğrilerinin karşılaştırılması	111
8.22 Tüm motorların güç eğrilerinin karşılaştırması	112
8.23 Tüm motorların tork eğrilerinin karşılaştırması	112
9.1 Yol Simülasyonu Programı	128
9.2 Yol Simülasyonu Programının Girilen Değerler Ekranı	129
9.3 Yol Simülasyonu Programının Seçenekler Ekranı	130
9.4 Yol Simülasyonu Programının Teknik Özellikler Ekranı	131
9.5 Yol Simülasyonu Programının Sonuçlar Ekranı	131
9.6 Fiat Dobloların 88 km/s sabit hızda yakıt tüketimleri	136
9.7 Fiat Dobloların 112 km/s sabit hızda yakıt tüketimleri	136
9.8 Renault Meganeların 88 km/s sabit hızda yakıt tüketimleri	137
9.9 Renault Meganeların 112 km/s sabit hızda yakıt tüketimleri	137
9.10 Fiat Doblo'nun şehir içinde yüksek devirli kullanımda yakıt tüketimi	139
9.11 Renault Megane'ın şehir içinde yüksek devirli kullanımda yakıt tüketimi	139

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo	sayfa
3.1 Enerji depolama sistemlerinin karşılaştırılması	37
4.1 Toyota Prius'un teknik verileri	41
4.2 Toyota Prius'un test verileri	42

4.3 Honda Insight'ın teknik verileri	45
4.4 Honda Insight'ın test verileri	46
4.5 Honda Civic'in teknik verileri	48
6.1 Değişik yol durumları için yuvarlanma direnci katsayıları	56
6.2 Bazı yol şartları için maksimum eğimler	60
6.3 Taşıt tiplerine göre C_w katsayısının değişimi	61
6.4 Tasarım değişikliklerine göre C_w katsayısının değişimi	62
7.1 Fiat Doblo'nun teknik özellikleri	64
7.2 Fiat Doblo'nun performans değerleri	64
7.3 Fiat Doblo'nun tüketim değerleri	64
7.4 Elektrik motorlarının teknik özellikleri	69
7.5 Elektrik motorlarının çeviricilerinin teknik özellikleri	69
7.6 Saft-Batteries marka bataryanın teknik özellikleri	72
7.7 Fiat Doblo 1.9 JTD'nin yol yükü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri	80
7.8 Fiat Doblo 1.9 JTD'nin güce göre yol yükü hesapları	81
7.9 Fiat Doblo 1.9 JTD'nin torka göre yol yükü hesapları	82
7.10 Fiat Doblo Hibrid1'in ağırlığının belirlenmesi	83
7.11 Fiat Doblo Hibrid1'in vites oranları	83
7.12 Fiat Doblo Hibrid1'in maksimum güce göre yol yükü hesapları	84
7.13 Fiat Doblo Hibrid1'in maksimum torka göre yol yükü hesapları	84
7.14 Fiat Doblo Hibrid1'in sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları	85
7.15 Fiat Doblo Hibrid1'in sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları	85
7.16 Fiat Doblo 1.6 16V'nin yol yükü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri	86
7.17 Fiat Doblo 1.6 16V aracın güce göre yol yükü hesapları	87
7.18 Fiat Doblo 1.6 16V aracın torka göre yol yükü hesapları	88
7.19 Fiat Doblo Hibrid2'nin ağırlığının belirlenmesi	89
7.20 Fiat Doblo Hibrid2'nin vites oranları	89
7.21 Fiat Doblo Hibrid2'nin maksimum güce göre yol yükü hesapları	90
7.22 Fiat Doblo Hibrid2'nin maksimum torka göre yol yükü hesapları	91

7.23 Fiat Doblo Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları	92
7.24 Fiat Doblo Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları	93
7.25 Fiat Doblo Hibrid3'ün ağırlığının belirlenmesi	93
7.26 Fiat Doblo Hibrid3'ün vites oranları	94
7.27 Fiat Doblo Hibrid3'ün maksimum güce göre yol yükü hesapları	94
7.28 Fiat Doblo Hibrid3'ün maksimum torka göre yol yükü hesapları	95
7.29 Fiat Doblo Hibrid3'ün sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları	96
7.30 Fiat Doblo Hibrid3'ün sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları	97
8.1 Renault Megane'ın teknik özellikleri	99
8.2 Renault Megane'ın performans değerleri	99
8.3 Renault Megane'ın tüketim değerleri	99
8.4 Elektrik motorlarının teknik özellikleri	103
8.5 Elektrik motorlarının çeviricilerinin teknik	103
8.6 Saft-Batteries marka bataryanın teknik özellikleri	106
8.7 Renault Megane 1.6 16 V'nin yol yükü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri	113
8.8 Renault Megane 1.6 16V aracın güce göre yol yükü hesapları	114
8.9 Renault Megane 1.6 16V aracın torka göre yol yükü hesapları	115
8.10 Renault Megane Hibrid1'in ağırlığının belirlenmesi	116
8.11 Renault Megane Hibrid1'in vites oranları	116
8.12 Renault Megane Hibrid1'in maksimum güce göre yol yükü hesapları	117
8.13 Renault Megane Hibrid1'in maksimum torka göre yol yükü hesapları	117
8.14 Renault Megane Hibrid1'in sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları	118
8.15 Renault Megane Hibrid1'in sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları	118
8.16 Renault Megane 2.0 16 V'nin yol yükü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri	119
8.17 Renault Megane 2.0 16V aracın güce göre yol yükü hesapları	120
8.18 Renault Megane 2.0 16V aracın torka göre yol yükü hesapları	121

8.19 Renault Megane Hibrid2'nin ağırlığının belirlenmesi	122
8.20 Renault Megane Hibrid2'nin vites oranları	122
8.21 Renault Megane Hibrid2'nin maksimum güce göre yol yükü hesapları	123
8.22 Renault Megane Hibrid2'nin maksimum torka göre yol yükü hesapları	124
8.23 Renault Megane Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları	125
8.24 Renault Megane Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları	126
9.1 Fiat Doblo'nun şehir içi yoğun trafikte yol simülasyonu sonuçları	133
9.2 Renault Megane'ın şehir içi yoğun trafikte yol simülasyonu sonuçları	133
9.3 Fiat Doblo'nun şehir içi tenha trafikte yol simülasyonu sonuçları	134
9.4 Renault Megane'ın şehir içi tenha trafikte yol simülasyonu sonuçları	134
9.5 Fiat Doblo'nun şehir dışı trafikte yol simülasyonu sonuçları	135
9.6 Renault Megane'ın şehir dışı trafikte yol simülasyonu sonuçları	135
9.7 Fiat Dobloların düz yolda hızlanma testi sonuçları	140
9.8 Renault Meganeların düz yolda hızlanma testi sonuçları	141
9.9 Fiat Dobloların ve Renault Meganeların %15 eğimli yolda hızlanma testi sonuçları	141

SİMGELER VE KISALTMALAR

(P_{emax})	: Maksimum Güç
(M_{emax})	: Maksimum Tork
(b_{emin})	: Özgül Yakıt Tüketimi
NİMH	: Nikel Metal Hidrür

(W_y)	: Yokuş Direnci (N)
(W_i)	: İvme Direnci (N)
(f_{ro})	: Yuvarlanma Direnç Katsayısı
W_r	: Yuvarlanma Direnci (N)
G	: Taşıtın Ağırlığı (N)
α	: Yokuş Açısı
W_a	: Aerodinamik Direnç Kuvveti (N)
P	: Havanın Yoğunluğu (kg/m^3)
C_w	: Aerodinamik Katsayı
A	: Harekete Dik İzdüşüm Alanı (m^2)
V	: Taşıtın Hızı (m/s)
V_0	: Hareket Doğrultusundaki Rüzgar Hızı (m/s)
AÖN	: Alt Ölü Nokta
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta
DC	: Doğru Akım
AC	: Alternatif Akım

1.GİRİŞ

Dünyamızın enerji tüketiminin artması, buna karşılık başlıca enerji üretim kaynaklarından biri olan fosil kökenli yakıtların giderek tükenmesi gelecekte enerji sıkıntısıyla karşı karşıya kalabileceğimizi göstermektedir. 2003 yılında ham petrole olan talebin 3,6 milyar ton, toplam ham petrol rezervinin ise 171,7 milyar ton olduğu düşünülerek yapılacak ufak bir hesaplamada yaklaşık olarak 47 yıllık petrol

rezervinin kaldığı ortaya çıkmaktadır. Dünya petrol tüketiminin her yıl ortalama yüzde 2 oranında arttığı düşünüldüğünde ise bu rakam daha da azalmaktadır [Autoshow, 29-2004].

Bu fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan çeşitli gazların çevreye verdiği zarar ve azalan rezervler sonucu maliyetlerin artacak olması petrolün daha verimli kullanılmasını ve de alternatif yakıtların bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden her sektörde olduğu gibi ulaşım sektöründe de petrole bağımlılığı azaltmak için çalışmalar sürmektedir. Yıllardır otomobilleri tahrik amaçlı içten yanmalı motorlar kullanılmaktadır. Bu motorlarda enerji kaynağı olarak çoğunlukla petrol türevleri kullanılmaktadır. Çünkü petrolün taşınması ve de depo edilebilmesi diğer kaynaklara göre daha kolaydır. Araçlarda elektrik motorlarının kullanılması üzerine yoğun çalışmalar sürmesine rağmen hala tam anlamıyla başarıya ulaşılammıştır. Çünkü elektriği depo etme problemi, aracın menzilin azlığı ve de şarj süresinin uzunluğu gibi dezavantajlar bu teknolojiyi zora sokmaktadır. Aslında elektrik motorları, içten yanmalı motorlara göre daha avantajlı motorlardır. Çünkü ilk devirlerden itibaren ürettikleri yüksek tork ve de düzgün güç bantları sayesinde transmisyon sistemlerine çok fazla ihtiyaç duymamaktadırlar. Sessiz çalışmaları ise bir diğer avantajlarıdır. Ayrıca tüm sistem verimleri olarak incelendiğinde elektrik motorlu sistemler, içten yanmalı motorlu sistemlere göre daha yüksek değerlerdedir [Autoshow, 23-2003].

Durum böyle olunca çalışmalar farklı enerji kaynaklarıyla çalışan araçlar üzerinde de yoğunlaşmıştır. Bunlardan biri güneş enerjisiyle çalışan araçlardır. Bu tip araçlarda tahrik sistemi olarak elektrik motorları kullanılmaktadır. Güneşten gerekli enerjiyi elde edebilmek için çok geniş yüzeylerin gerekmesi bu araçların yapısının değişmesine ve günlük kullanımlar için pek uygun olmamasına sebep olmuştur. Bu araçlar genelde bir veya iki kişilik olup yarışma veya hobi amaçlı üretilmektedirler. Teknolojinin çok pahalı olması ise bir diğer dezavantajıdır.

Diğer bir çalışma bitkisel yağlardan elde edilen yakıtın içten yanmalı motorlarda kullanılmasıdır. Bu yakıtta, *biodizel* adı verilmektedir. Dizel motorda direkt olarak kullanılabilmesi avantajıdır; fakat önce yağın bazı kimyasal işlemlerden geçip biodizelin elde edilmesi gerekmektedir. Benzine oranla daha düşük güç sağlamasına karşılık biodizelin çevreye verdiği zararın az ve maliyetinin düşük

olması avantajıdır. Ancak bu sistem sadece tarımla uğraşan bölgelerde bir çözüm olarak görülmektedir [Autoshow, 23-2003].

Başka bir kaynak ise ısınma gibi sistemlerde çok yaygın olarak kullanılan doğalgazdır. İçten yanmalı motorlu araçlarda gerekli dönüşümler yapıldığında kullanılabilir. Veriminin benzine göre daha düşük olması ve de depo edilmesinin biraz daha riskli olması dezavantajlarıdır. Çevreye verdiği zararın nispeten az olması ve de ucuz olması ise avantajlarıdır. Dolum istasyonlarının sayısının artırılması sistemin kullanımın yaygınlaşması açısından önem taşımaktadır [Autoshow, 23-2003].

Yakıt pili ise geleceğin teknolojisi olarak gösterilmektedir. Sadece hidrojen ve oksijen gazlarının kullanımıyla enerjinin elde edilmesi ve açığa sadece suyun çıkması avantajlarıdır. Fakat hidrojenin depolanması sorunlu olduğu için bunun başka bir maddeden dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem için boraks ve metanol kullanılabilir. Çok pahalı bir teknoloji olması ve sistem ömrünün az olması dezavantajlarıdır. Geliştirme çalışmaları ise çok hızlı bir şekilde yapılmaktadır [Autoshow, 17-2003].

Görüldüğü gibi, sözü edilen bu kaynaklar ya bölgesel çözümler getirmekte ya da tam anlamıyla uygulanabilmeleri için uzun zaman ve yatırımlar gerektirmektedir.

Söz konusu sebeplerden dolayı şu an için uygulamaya girebilecek en yakın teknolojilerin başında hibrid araç teknolojisi gelmektedir. Hibrid elektrikli araç, enerjinin iki ya da daha fazla enerji deposundan sağlandığı ve bu enerji depolarından en az bir tanesinin elektrik enerjisi verdiği bir araç olarak ifade edilmiştir [Ünlü ve ark., 2003]. Çoğunlukla, hibrid elektrikli araçlarda, benzin motoru ve elektrik motoru bir arada kullanılmaktadır. Hibrid güç ünitesi olarak da otto motorlar, dizel motorlar ve gaz türbinleri kullanılmaktadır. İtici kuvvet ise seri hibrid sisteminde olduğu gibi elektrik motorundan sağlanmaktadır; ya da paralel hibride olduğu gibi elektrik motoruna ek olarak içten yanmalı motordan da yardım alınmaktadır. Frenleme enerjisinin geri kazanılabilmesi ve içten yanmalı motorun daha düzgün devir bandında kullanılabilmesi avantajlarıdır. Bu sayede yakıt ekonomisi ve çevreye olan zararın azaltılması sağlanabilmektedir. Bu motorlar ayrı ayrı devreye girmekle beraber gerekli durumlarda aynı anda da çalışabilmektedirler. Benzinli ve dizel

araçlarla aynı menzili sunabilmeleri ise bir diğer avantajlarıdır. Özellikle şehir içi kullanımda çok sayıda yapılan frenlemeden elde edilen enerjinin tekrar geri kazanılabilmesi ve içten yanmalı motorun daha düzgün bir devir bandında çalışabilmesi sayesinde yakıt tüketimi ve egzoz emisyonu konusunda hibrid araçlar konvansiyonel araçlara göre üstünlük sağlamaktadır. Hibrid araçlar sadece elektrik motoru devredeyken sessiz bir şekilde çalıştığından gürültü kirliliğini de azalmaktadır.

Benzinli konvansiyonel araçlarda verim %28 civarlarındadır. Bu değer tümü elektrikli araçlarda %32'ye ve hibrid araçlarda ise %41'e çıkmaktadır. Böyle olunca da 100 km'de ortalama 8.4 litre benzin tüketen bir konvansiyonel araca göre hibrid araçlarda %30'a varan oranlarda daha düşük yakıt tüketimi elde edilebilmektedir. Ayrıca egzoz emisyonlarında da %55 oranında azalma sağlanabilmektedir. Bunlara ilaveten, hibrid ve benzinli araçların menzilleri aynı iken tümü elektrikli aracınki çok daha düşüktür [Ünlü ve ark., 2003].

Bu çalışmada hibrid araç teknolojisinin gelişimi, çeşitleri, avantaj ve dezavantajları, kullanılan alt sistemler ve piyasadaki modeller incelenmiştir. Ayrıca şu an piyasada olan Fiat Doblo ve Renault Megane araçlarının karma hibrid sistemle tahrikine ilişkin bir dönüşüm için gerekli alt sistemler belirlenmiş, bu araçların Visual Basic ile yazılan bir program sayesinde yol simülasyonları yapıp, diğer benzin ve dizel motorlu modellerle karşılaştırmaları yapılmıştır.

2.HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİLERİ

2.1.Hibrid Elektrikli Araçların Değerlendirilmesi

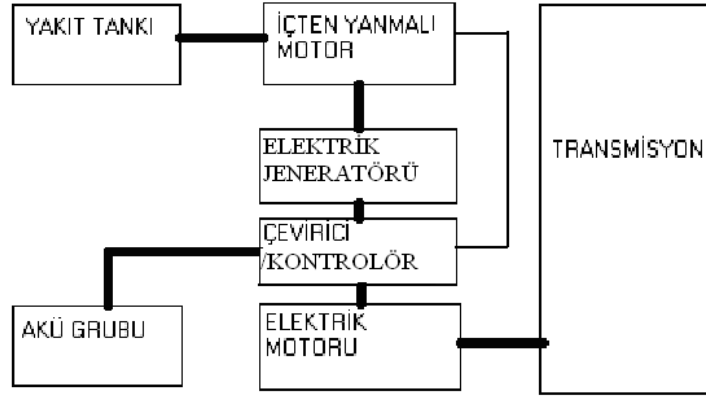
Hibrid elektrikli araç, enerjinin iki ya da daha fazla enerji deposundan sağlandığı ve bu enerji depolarından en az bir tanesinin elektrik enerjisi verdiği bir araç olarak ifade edilmiştir. Bu sistemlerde amaç 'yalnız içten yanmalı motorlu'

araçların, fosil yakıtta olan ihtiyacını azaltıp daha yüksek sistem verimi elde etmek ve 'yalnız elektrik motorlu' araçlardaki düşük olan menzili 'içten yanmalı motorlu' araçlarla denk seviyeye getirebilmektir. Buradan hareketle, benzin motoru ve elektrik motoru bir arada kullanılmaktadır. Ayrıca benzin motorlarının yerine dizel motorlar ve gaz türbinleri de kullanılabilir. Enerji depolama amaçlı olarak ise genelde bataryalar kullanılmaktadır. Fakat diğer enerji depolama sistemleri olan süperkapasitörlerle ve volanlarla ilgili çalışmalar devam etmektedir. Rejeneratif olmayan elektrik motoru sadece tahrik amaçlı kullanılmaktadır. İçten yanmalı motor ise hem aküleri şarj etmek için hem de tahrik amaçlı kullanılabilir. Hibrid elektrikli araç, içten yanmalı motorun görevlerine göre çeşitlere ayrılmaktadır. Bunlar seri hibrid elektrikli araç, paralel hibrid elektrikli araç, karma hibrid elektrikli araç ve kompleks hibrid elektrikli araç olmak üzere dört ana başlık altında toplanmaktadır [Ünlü ve ark., 2003].

2.2.Hibrid Elektrikli Araçların Sınıflandırılması

2.2.1.Seri Hibrid Elektrikli Araç

Bu sistemde tekerleklere iletilen tahrik gücü elektrik motorlarından sağlanmaktadır. Elektrik motoru, hibrid güç ünitesinden veya bataryalardan sağlanan elektrikli gücü mekanik enerjiye dönüştürmektedir. Hibrid güç ünitesi ise bir içten yanmalı motordan ve bu motordan elde edilen mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren jeneratörden meydana gelmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Seri hibrid sistemin bağlantı şeması [Ünlü ve ark., 2003]

Yakıt tankında depo edilen kimyasal enerji içten yanmalı motor sayesinde mekanik enerjiye çevrilmektedir. Buradan elde edilen mekanik enerji ise jeneratör sayesinde elektrik enerjisine çevrilmektedir. İhtiyaç durumuna göre motor kontrol ünitesi (Kontrolör) tarafından verilen kararlar, depolanmak üzere bataryalara ya da hemen kullanılmak üzere elektrik motoruna iletilmektedir.

Kontrolör, içten yanmalı motor ve jeneratör grubunu kullanarak bataryaları % 60 - % 80 oranında şarjlı tutar. Batarya şarj oranı bu limitin altına düşerse, içten yanmalı motor çalışmaya başlar. Benzer şekilde batarya şarjı bu limitin üstüne çıkarsa, içten yanmalı motor çalışmaz.

Bu sistemin bir avantajı da yokuş aşağı gidiş ve frenleme sırasında açığa çıkan enerjinin elektrik motoru tarafından aküleri şarj etmede kullanılabilmesidir (rejeneratif frenleme).

Yapı olarak seri hibrid sistem, yakıt pilli aracın sistemine en yakın olanıdır. Yakıt pilli sistemde içten yanmalı motor ve elektrik jeneratörü yerine yakıt pili sistemi, yakıt tankı yerine ise hidrojen depolama sistemi kullanılmıştır. Geleceğin teknolojisi olarak gösterilen bu sistem için seri hibrid sistemler altyapı hazırladıkları için ayrı bir öneme sahiptirler.

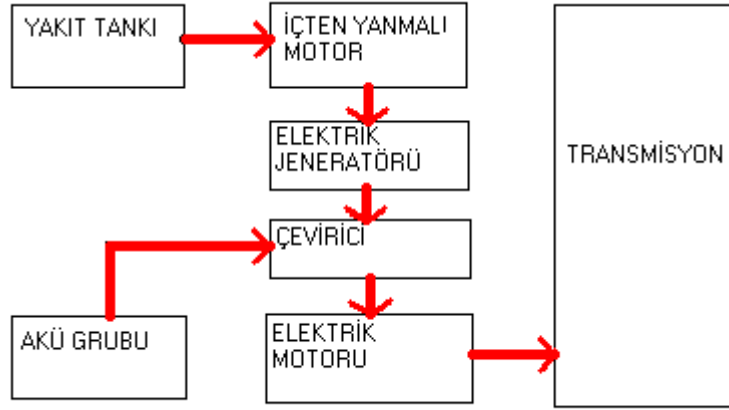
Seri hibrid sistemin paralel hibrid sisteme göre en büyük dezavantajı, elektrik üretimi amacıyla kullanılan jeneratörün varlığıdır. Çünkü jeneratör ek ağırlık ve ek maliyet demektir. Ayrıca toplam sistem verimi enerji dönüşümü çok olduğu için düşmektedir.

Seri hibridler tümüyle elektrik motoru temeli üzerine tasarlanmıştır. Şehir kullanımında elektrik motoru, enerjisini aküden almaktadır. Otoyoldaysa içten yanmalı motorun çalıştırdığı jeneratör aküyü yeniden şarj etmek ve elektrik motorunu beslemek için elektrik üretmektedir. Sollamalar ya da rampa gibi daha fazla enerjinin gerektiği durumlarda, aküden de enerji gelmektedir. Şehirde olduğu kadar otoyollarda da çevre dostu olan seri hibridlerin aküsü; enerji deposu ve güç destek kaynağı olarak çalışmaktadır. Jeneratörü harekete geçiren içten yanmalı motor ise hemen hemen sabit bir hızla çalıştığından, optimum yakıt tüketimi ve gaz emisyonu değerlerini yakalamak mümkün olmaktadır.

2.2.1.1.Seri Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları

2.2.1.1.1.Kalkış, Yokuş Çıkma ve İvmelenme

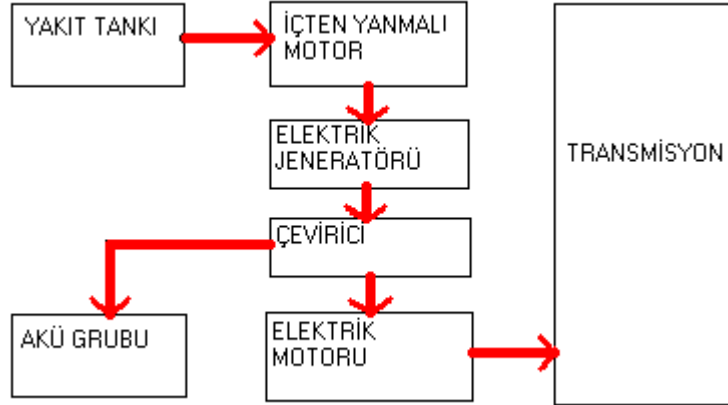
Bu durumlarda sistemin tüm gücü aracı tahrik etmek amaçlı kullanılır. Yakıttan alınan kimyasal enerji içten yanmalı motor ve elektrik jeneratörü sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülerek kontrolöre/çeviriciye ulaştırılır. Jeneratörden gelen bu enerji ile aküden çekilen enerji çeviricide birleşerek aracı ivmelendirmek için elektrik motoruna yollanır. Eğer elektrik motorunun gücü, içten yanmalı motor ve jeneratör grubunun gücünden çok büyük ise aküden çekilen enerji yüksek oranlarda olacağı için yüksek kapasiteli akülere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca araçta kullanılacak tüm sistemlerin her birinin gücünün (en azından aracı tahrik eden elektrik motorunun gücünün), aracı belli bir eğimdeki yokuşu çıkarabilecek seviyede olması gerekir. Eğer tasarlanan yokuş uzunluğu artarsa, içten yanmalı motorun gücünün veya akülerin kapasitesinin artırılması gerekir. Ancak bu sayede istenilen menzil sağlanabilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Seri hibrid sistemde kalkış, yokuş çıkma ve ivmelenme (kırmızı oklar enerjinin akış yönünü göstermektedir) [Ünlü ve ark., 2003]

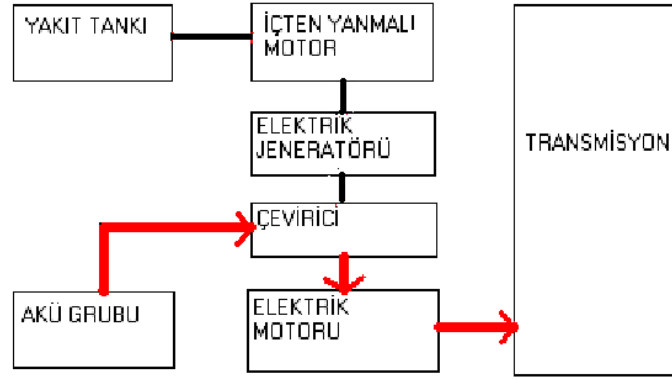
2.2.1.1.2. Düşük Yükte Normal Sürüş

Bu durumlarda aracı tahrik etmek için yüksek güç gerekmediğinden, içten yanmalı motor ve jeneratör setinde elde edilen elektrik enerjisinin bir kısmı elektrik motoruna gönderilip, aracın düşük yüklerde seyrini sağlamaktadır. Elde edilen bu enerjinin kalanı ise çevirici tarafından aküye gönderilerek depo edilmektedir (Şekil 2.3a).



Şekil 2.3a Seri hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş [Ünlü ve ark., 2003]

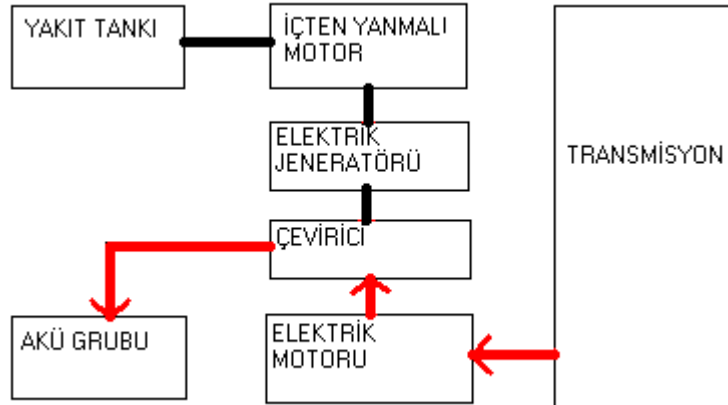
Eğer akü grubu yeterince şarj edilmiş ise aracın içten yanmalı motor kapatılabilmektedir. Aracın hareket etmesi için gerekli enerji akülerden sağlanmaktadır(Şekil 2.3b).



Şekil 2.3b Seri hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş

2.2.1.1.3.Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme

Yokuş aşağı seyir durumlarında aracın sahip olduğu kinetik enerjinin kaybolması engellenip, depo edilmesi sağlanmaktadır. Burada elektrik motoru jeneratör görevi görüp ürettiği enerjiyi çevirici üzerinden, depolanmak üzere akülere yollar. Frenleme sırasında ise elektrik motorunun rejeneratif frenleme özelliğinden yararlanılıp, konvansiyonel araçlarda kaybolan bu enerjinin, depo edilmesi sağlanmaktadır (Şekil 2.4).

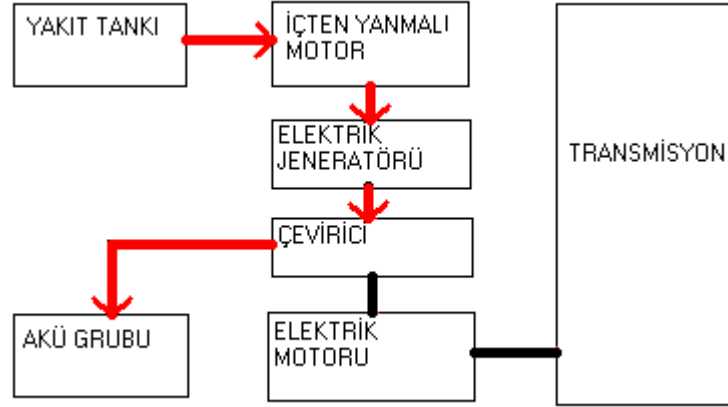


Şekil 2.4 Seri hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme [Ünlü ve ark., 2003]

2.2.1.1.4.Sadece Aküyü Şarj Etme

Eğer akülerin şarj seviyesi, olması gerekenin altında ise, araç seyir halinde değilken, sadece içten yanmalı motor çalışarak akülerin şarj edilmesi sağlanmaktadır. Bu işlem akülerin şarj seviyesi olması gereken değere ulaştığında kontrolör

tarafından durdurulmaktadır Yakıt tankından gelen kimyasal enerji içten yanmalı motorla mekanik enerjiye, bu enerji de elektrik jeneratörü sayesinde, elektrik enerjisine dönüştürülerek çevirici üzerinden akülere gönderilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Seri hibrid sistemde sadece aküyü şarj etme [Ünlü ve ark., 2003]

2.2.1.2.Seri Hibrid Sistemin Avantajları

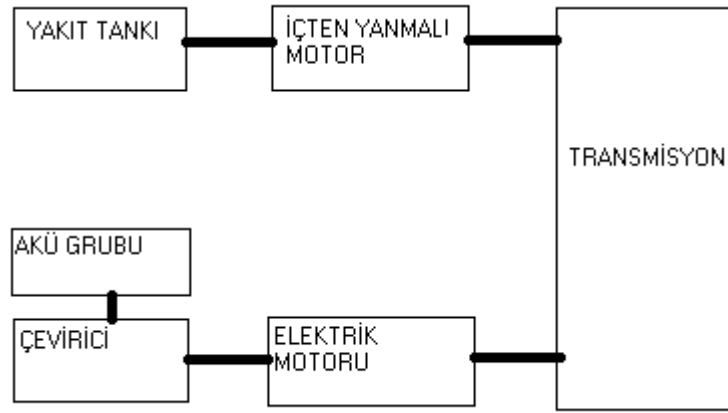
- İçten yanmalı motor daha düzgün devir bandında çalıştığı için optimum tüketim ve egzoz emisyonu sağlanabilmektedir.
- Şehir içinde sadece elektrik motoru kullanılarak sıfır emisyonlu sürüş gerçekleştirilebilmektedir.
- Frenleme ve yokuş aşağı inişlerde enerji geri kazanımı mümkündür.
- Sistem olarak yakıt pilli araca çok benzediği için bu sistem için altyapı oluşturmaktadır.

2.2.1.3.Seri Hibrid Sistemin Dezavantajları

- İçten yanmalı motor, jeneratör ve elektrik motoru olmak üzere üç tahrik elemanına ihtiyaç duyulur.
- Bu üç eleman karşılaşılabilecek maksimum gücü karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu da ağırlığın ve maliyetin artmasına sebep olur.
- Sadece elektrik motoruyla tahrik edilebildiğinden bu motorun pik yükü karşılaması gerekir. Fakat genelde araçlar pik yüklerde değil orta yüklerde çalışmaktadır.
- Çok fazla enerji dönüşümünün gerçekleşmesi.

2.2.2.Paralel Hibrid Elektrikli Araç

Bu sistemlerde tekerleklere iletilen tahrik gücü, elektrik motoru ve içten yanmalı motordan sağlanmaktadır. Bu iki motor birbirlerine bağlanıp daha sonrada bir transmisyonla elde edilen güç tekerleklere iletilir. Seri hibrid sistemde transmisyona çok fazla ihtiyaç duyulmamasına rağmen, paralel sistemde içten yanmalı motor direkt olarak tahrikte görev aldığından transmisyona ihtiyaç vardır. Yine aküler enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır, fakat jeneratöre ihtiyaç duyulmamaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Paralel hibrid sistemin bağlantı şeması

Yakıt tankındaki kimyasal enerji içten yanmalı motor sayesinde mekanik enerjiye dönüştürülüp tekerleklere iletilmektedir. Elektrik motoruysa akülerden aldığı enerjiyle güç üretmektedir. Bu sistemlerde elektrik motoru genelde şehir içindeki güç gereksinimini karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır. İçten yanmalı motor ise aynı özelliklere sahip bir konvansiyonel araca göre daha küçük tasarlanabilmektedir. Bu da hem maliyeti, hem de ağırlığı azaltmaktadır. Motor tasarımı gerekli olabilecek maksimum güce göre yapılır ve araç genelde orta güçlerde çalışır. İki motorun kullanılması maksimum gücü karşılaması ve gerekmediğinde motorun birinin kapatılabilmesi sayesinde avantaj sağlamaktadır. Bu sistemlerde akülerin kapasitesi ve boyutları seri hibrid sisteme göre daha küçük olduğundan elektrik motorları içten yanmalı motorlara göre daha düşük güce sahiptir. Aküler ise genelde frenleme ve yokuş aşağı seyir sırasında tekerleklerde oluşan kinetik enerji sayesinde şarj edilmektedir. Ayrıca gereken durumlarda içten yanmalı

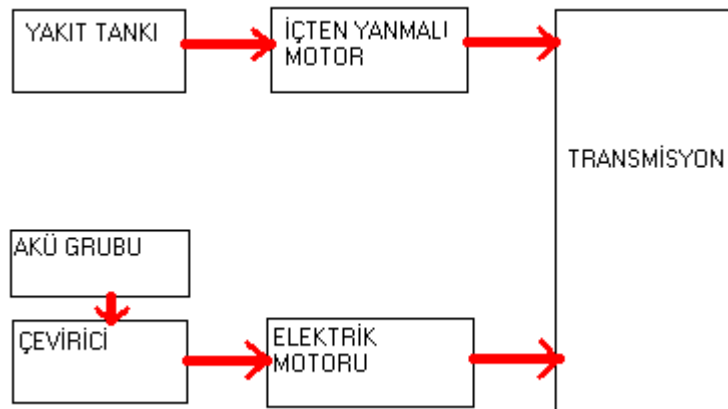
motor tahrik kuvvetinden daha yüksek güç üretir ve bu fazla güç elektrik motorunun jeneratör işlevi yapmasıyla elektrik enerjisine çevrilerek akülerde depolanır. Yani paralel sistem de jeneratör olmaksızın seri hibrid sistem gibi çalışabilir. Fakat bu durum içten yanmalı motorun daha yüksek devirlerde ve düzensiz çalışması demektir.

Frenleme ve yokuş aşağı inişlerde açığa çıkan enerjinin büyüklüğü hafif paralel hibrid denilen sistemlerin gelişmesine yol açmaktadır. Bu sistemlerde çok küçük elektrik motorları ve aküler kullanılarak açığa çıkan enerji geri kazanılmaya çalışılmaktadır. Ufak bir maliyetle hem yakıt tüketimi azaltılabilmekte, hem de elektrik motorunun küçük olmasına rağmen ürettiği yüksek tork sayesinde aracın çekişinde fark edilebilir iyileşme söz konusu olmaktadır. Üreticiler şu an piyasadaki ürünlerine bu sistemi adapte etme çalışmalarını sürdürmektedirler.

2.2.2.1.Paralel Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları

2.2.2.1.1.Kalkış, Yokuş Çıkma ve İvmelenme

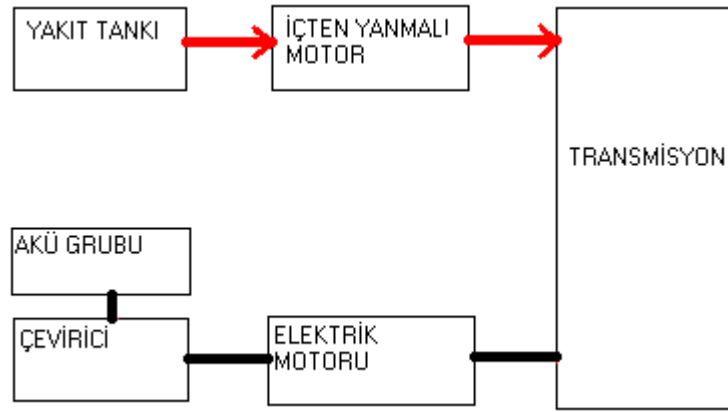
Bu durumlarda sistemin tüm gücü aracı tahrik etmek amaçlı kullanılır. Yakıttan alınan kimyasal enerji içten yanmalı motor tarafından mekanik enerjiye çevrilerek tekerleklere iletilir. Elektrik motoru ise akülerde depo edilmiş olan enerjiyle, menzilin izin verdiği süre içerisinde, güç üreterek tekerleklere ek güç verir. Menzilin uzunluğu akülerin kapasitesine bağlıdır. İki motorun beraber devreye girmesini kontrolör sağlamaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Paralel hibrid sistemde kalkış, yokuş çıkma ve ivmelenme [Ünlü ve ark., 2003]

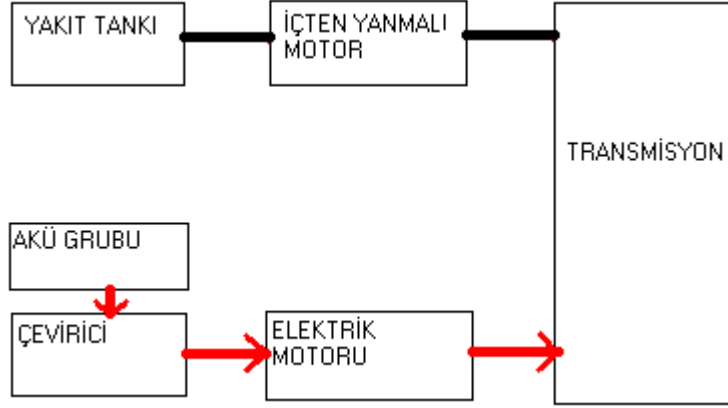
2.2.2.1.2.Düşük Yükte Normal Sürüş

Genellikle paralel hibrid araçlar içten yanmalı motor ağırlıklı olarak çalışmaktadırlar. Seyir için çok yüksek güç gerekmediği, tek motorun gücünün yeterli olduğu durumlarda içten yanmalı motor tekerlekleri tahrik etmede kullanılır. Hafif hibrid sistemlerde normal sürüş sırasında böyle çalışır çünkü elektrik motoru küçük tasarlandığından aracı tek başına hareket ettirebilecek gücü üretemez (Şekil2.8).



Şekil 2.8 Paralel hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş (İçten yanmalı motor ağırlıklı)

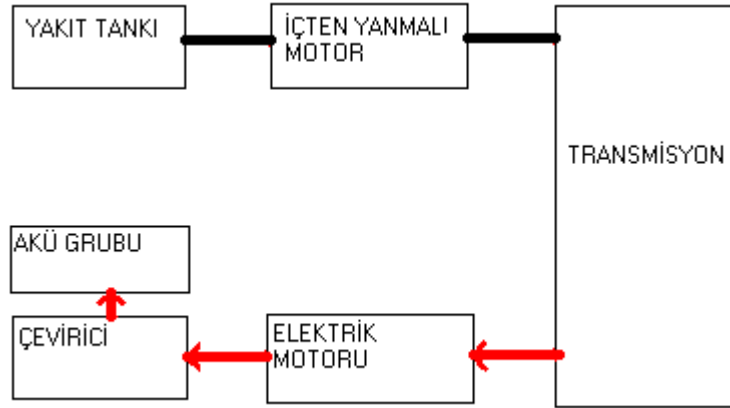
Eğer elektrik motoru aracın tahrik edilmesi için gereken gücü karşılayabiliyorsa tek başına çalışır. Sadece aküden aldığı enerjiyi mekanik enerjiye çevirerek tekerleklere iletir. Şehir içinde aracın bu modda çalışması istenir. Böylece araç sıfır emisyonda ve sessiz bir şekilde çalışabilir. Ayrıca kırmızı ışıkta bekleme gibi durumlarda motorun çalışması gerekmez (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Paralel hibrid sistemde düşük yükte normal sürüş (Elektrik motoru ağırlıklı) [Ünlü ve ark., 2003]

2.2.2.1.3. Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme

Yokuş aşağı seyir ve frenleme durumlarında aracın sahip olduğu kinetik enerjinin kaybolması engellenip, bu enerjinin depo edilmesi sağlanmaktadır. Burada, elektrik motoru jeneratör görevi görüp ürettiği enerjiyi çevirici üzerinden depolanmak üzere akülere yollar (Şekil 2.10).

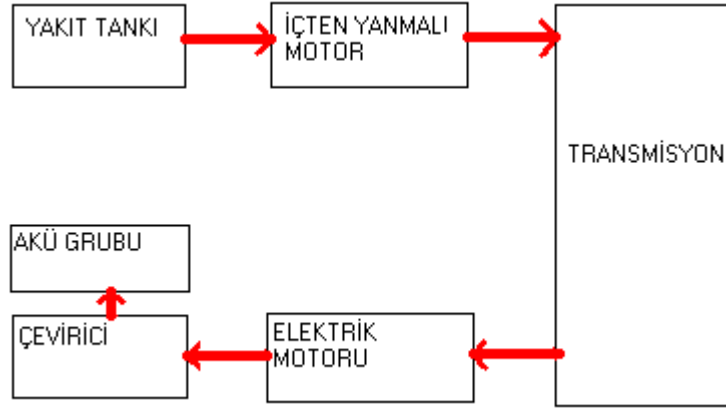


Şekil 2.10 Paralel hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme [Ünlü ve ark., 2003]

2.2.2.1.4. Seyir Halinde Aküyü Şarj Etme

Eğer aracı tahrik etmek için gereken enerji içten yanmalı motorun ürettiği enerjiden düşükse ve akülerin şarj seviyesi istenen değerin altındaysa, fazla olan bu enerji elektrik motorunun jeneratör görevi yapmasıyla, elektrik enerjisine çevrilerek

depolanmak üzere akülere gönderilir. Bu olay konvansiyonel araçlardaki akülerin alternatör vasıtasıyla şarj edilmesine benzer (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Paralel hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme [Ünlü ve ark., 2003]

2.2.2.2.Paralel Hibrid Sistemin Avantajları

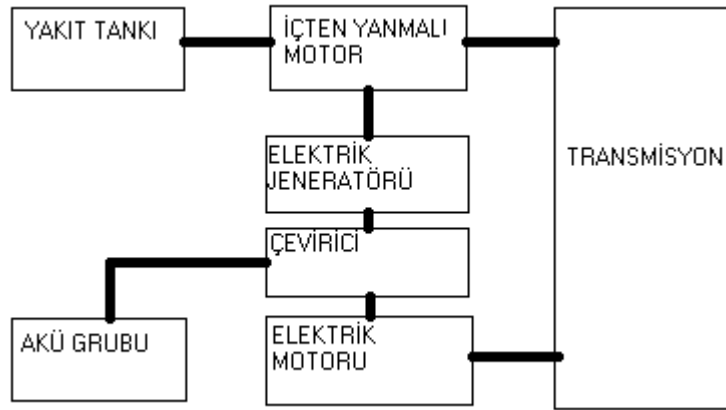
- Aracı tahrik etmede hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru görev yaptığından daha yüksek güç elde edilir. Böylece motorların daha küçük seçilmesi mümkündür.
- Frenleme ve yokuş aşağı inişlerde enerji geri kazanımı mümkündür.
- Bazı modellerde şehir içinde sadece elektrik motoru kullanılarak sıfır emisyonlu sürüş gerçekleştirilebilmektedir.
- Seri hibrid sisteme göre daha düşük akü kapasitesi yeterli olmaktadır.
- Yakıt verimi arttığı için tüketim ve egzoz emisyonunda azalma sağlar.

2.2.2.3.Paralel Hibrid Sistemin Dezavantajları

- Aracı tahrik etmede gerekli olan güç iki farklı kaynaktan sağlandığı için karmaşık olan enerji yönetimi gereklidir.
- İçten yanmalı motor ve elektrik motoru aynı milden güç ilettiği için karmaşık mekanik elemanlara ihtiyaç duyulur.
- İçten yanmalı motor tahrikte direkt olarak görev aldığı için konvansiyonel araçlarda olduğu gibi değişken devir bandında çalışır.

2.2.3.Karma Hibrid Elektrikli Araç

Bu sistem hem seri hibrid sistemin hem de paralel hibrid sistemin özelliklerini taşır. Aslında paralel hibrid sistemin, jeneratör eklenerek modifiye edilmiş halidir. Her iki sisteminde avantajlı özelliklerini bir arada sunar. Fakat diğer sistemlere göre daha pahalı ve karmaşıktır. Bu yüzden enerji yönetimi büyük önem taşımaktadır. Tahrik için gerekli güç hem içten yanmalı motordan hem de elektrik motorundan sağlanmaktadır. Jeneratör ise içten yanmalı motordan aldığı enerjiyle aküleri şarj edebilmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Karma hibrid sistemin bağlantı şeması [Ünlü ve ark., 2003].

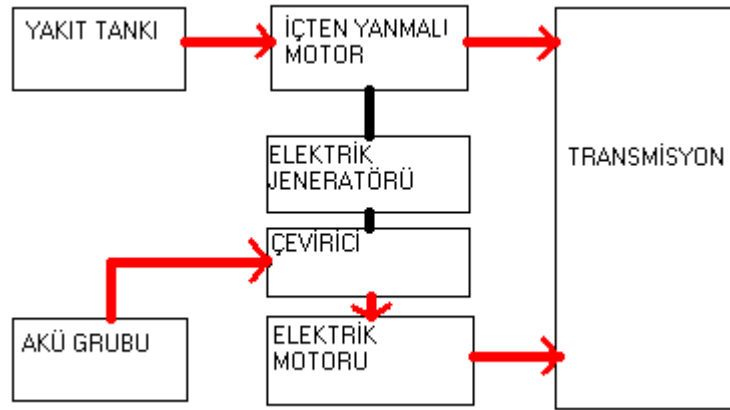
Yakıt tankından alınan kimyasal enerjiyle içten yanmalı motor ürettiği gücü tekerleklere iletmekte yada ihtiyaç durumuna göre jeneratörün elektrik enerjisi üretmesini sağlamaktadır. Burada üretilen elektrik, depolanmak üzere akülere gönderilmektedir. Elektrik motoru ise sadece tahrikte kullanılmaktadır. Ayrıca frenleme ve yokuş aşağı inişlerde açığa çıkan enerjiyi geri kazanıp çevirici üzerinden aküleri şarj etmektedir.

Karma hibrid sistemde elektrik motorunun ve içten yanmalı motorun yaklaşık aynı güce sahip olmasından dolayı sürüş sırasında hangi motorun kullanılacağına karar verilmesinin önemi büyüktür. Bunun için kontrolörün çok iyi programlanması gereklidir. Gücünün yettiği her yerde elektrik motorunun kullanılması avantaj sağlamaktadır. İçten yanmalı motor ise aküleri şarj sırasında daha düzgün devir bandında çalışabildiği için sadece gerekli durumlarda araç tahrik amaçlı kullanılmalıdır.

2.2.3.1.Karma Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları

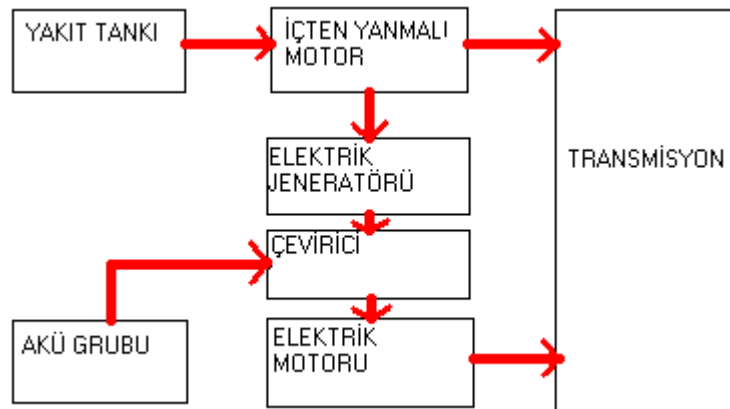
2.2.3.1.1.Yokuş Çıkma ve İvmelenme

Bu durumlarda sistemin tüm gücü aracı tahrik etmek amaçlı kullanılır. Yakıttan alınan kimyasal enerji içten yanmalı motor tarafından mekanik enerjiye çevrilerek tekerleklere iletilir. Elektrik motoru ise akülerde depo edilmiş olan enerjiyle menzilin izin verdiği süre içerisinde güç üreterek tekerleklere ek güç verir. Yokuş çıkma ve ivmelenme için sistem iki farklı modda çalışabilir.



Şekil 2.13 Karma hibrid sistemde yokuş çıkma ve ivmelenme (İçten yanmalı motor ağırlıklı) [Ünlü ve ark., 2003]

Bu sistemlerde içten yanmalı motor elektrik motoruna göre daha aktif çalışmaktadır (Şekil 2.13).

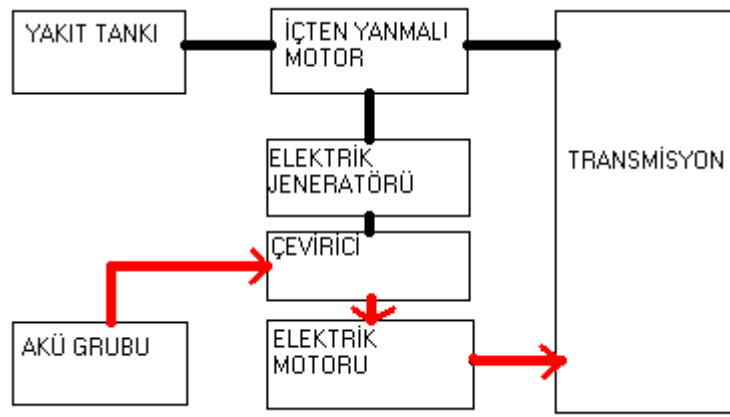


Şekil 2.14 Karma hibrid sistemde yokuş çıkma ve ivmelenme (Elektrik motoru ağırlıklı) [Ünlü ve ark., 2003]

Burada ise elektrik motoru, içten yanmalı motora göre daha aktif çalışmaktadır. Bu yüzden içten yanmalı motorun öncelikli görevi elektrik motoru için gerekli enerjiyi sağlamak, artan enerjiyle de aracın tahrikine yardımcı olmaktır (Şekil 2.14).

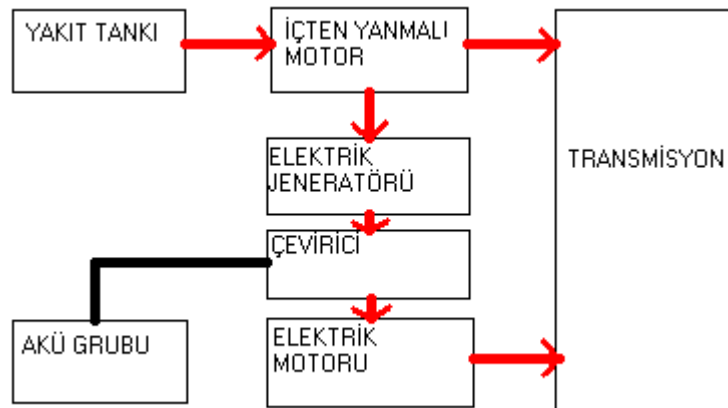
2.2.3.1.2.Kalkış ve Normal Sürüş

Kalkış ve normal seyir için gereken gücü karşılayacak şekilde kontrolör tarafından, elektrik motorunun mu, içten yanmalı motorun mu yoksa aynı anda ikisinin de mi kullanılacağına karar verilir. Kalkış ve normal seyir için sistem üç farklı modda çalışabilir.



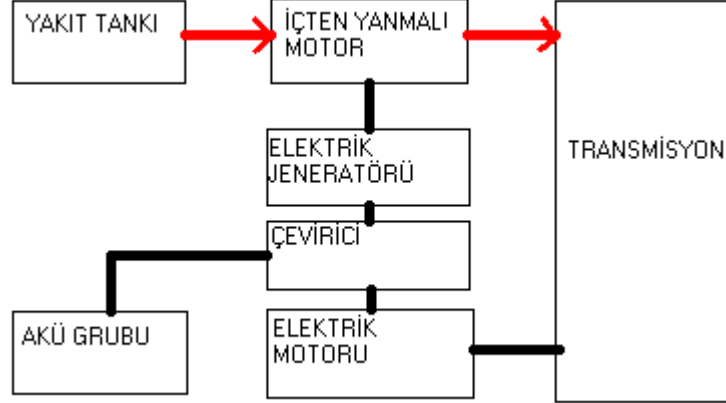
Şekil 2.15 Karma hibrid sistemde kalkış ve normal sürüş [Ünlü ve ark., 2003]

Akülerin kapasitesi yeterli olduğu süre içerisinde bu modda çalışmak tercih edilir. Çünkü içten yanmalı motor çalışmadığı için sıfır emisyonlu sürüş imkanı vardır. Şehir içindeki dur-kalklarda ve beklemlerde elektrikli motor durduğu için yakıt ekonomisi sağlanmış olur (Şekil 2.15).



Şekil 2.16 Karma hibrid sistemde kalkış ve normal sürüş (Elektrik motoru ağırlıklı)

İçten yanmalı motor hem tahrikte hem de elektrik motorunun çalışması için gerekli enerjiyi sağlamakta kullanılır. Sistem elektrik motoru ağırlıklı olduğu için öncelikli çalışması gereken elektrik motorudur (Şekil 2.16).

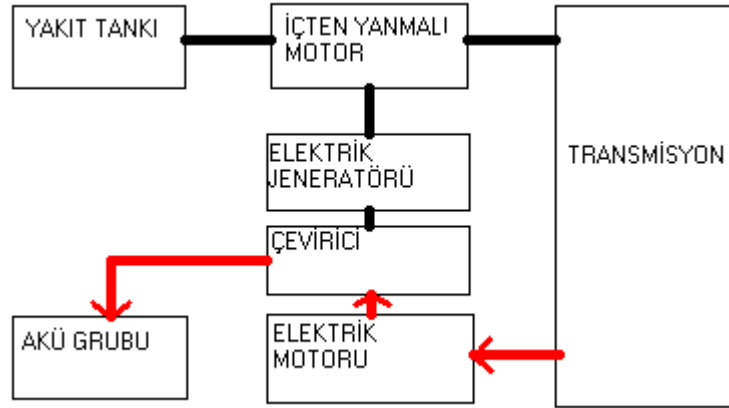


Şekil 2.17 Karma hibrid sistemde kalkış ve normal sürüş (İçten yanmalı motor ağırlıklı)

İçten yanmalı motor ağırlıklı karma hibrid sisteminde kalkış ve normal sürüş esnasında elektrik motoru çalışmamaktadır. Konvansiyonel araçlarda olduğu gibi içten yanmalı motor sadece aracın hareketi için gerekli gücü sağlamaktadır (Şekil 2.17).

2.2.3.1.3.Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme

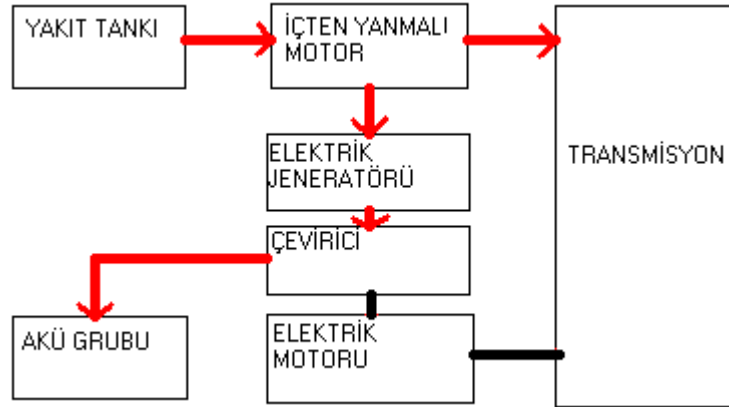
Yokuş aşağı seyir ve frenleme durumlarında, diğer sistemlerde de olduğu gibi aracın sahip olduğu kinetik enerjinin kaybolması engellenip, depo edilmesi sağlanmaktadır. Burada elektrik motoru jeneratör görevi görüp, ürettiği enerjiyi çevirici üzerinden depolanmak üzere akülere yollar (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 Karma hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme [Ünlü ve ark., 2003]

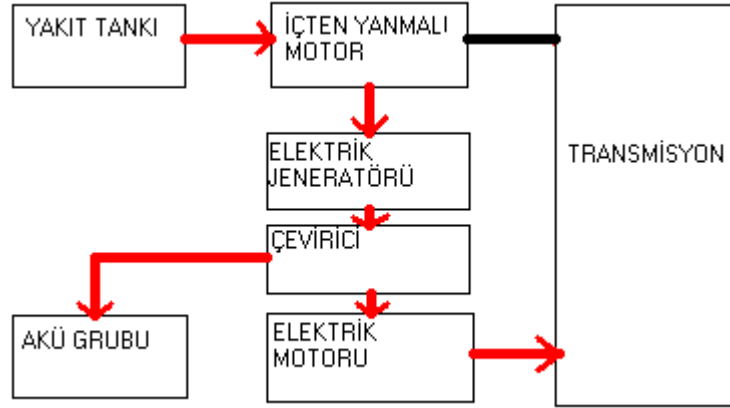
2.2.3.1.4.Seyir Halinde Aküyü Şarj Etme

Eğer aracı tahrik etmek için gereken enerji içten yanmalı motorun ürettiği enerjiden düşükse ve akülerin şarj seviyesi istenen değerin altındaysa, fazla olan bu enerji; elektrik jeneratörünün yardımıyla elektrik enerjisine çevrilerek depolanmak üzere akülere gönderilir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19 Karma hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme (İçten yanmalı motor ağırlıklı)

İçten yanmalı motor ağırlıklı karma hibrid sisteminde seyir esnasında aracı tahrik etmek için tekerleklere gerekli olan kuvvet içten yanmalı motordan direkt olarak sağlanır. Bu da yapı olarak konvansiyonel araçlarda alternatörün aküyü şarj etmesine benzer.

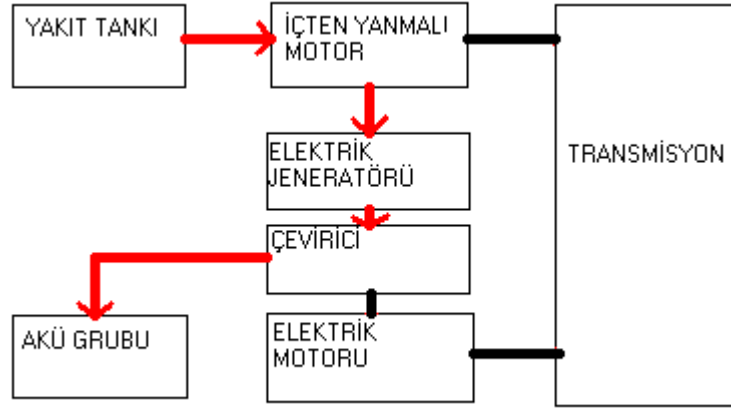


Şekil 2.20 Karma hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme (Elektrik motoru ağırlıklı)

Eğer sistem elektrik motoru ağırlıklı ise seri hibridde olduğu gibi içten yanmalı motor tahrikte değil de sadece jeneratöre gerekli gücü sağlamak amacı ile kullanılır. Burada üretilen elektrik enerjisiyle de elektrik motoru çalıştırılıp, araç tahrik edilir. Geri kalan enerji ise depolanmak üzere çevirici üzerinde akülere gönderilir (Şekil 2.20).

2.2.3.1.5.Sadece Aküyü Şarj Etme

Araç seyir halinde değil ve akülerin şarj seviyesi olması gerekenin altında ise, sadece içten yanmalı motor çalıştırılarak akülerin şarj edilmesi sağlanmaktadır. Bu işlem akülerin şarj seviyesi olması gereken değere ulaştığında kontrolör tarafından durdurulmaktadır Yakıt tankından gelen kimyasal enerji, içten yanmalı motorla mekanik enerjiye, bu enerjide elektrik jeneratörü sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülerek çevirici üzerinden akülere gönderilmektedir. Bu olay seri sistemdekiyle tamamen aynıdır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 Karma hibrid sistemde sadece aküyü şarj etme [Ünlü ve ark., 2003]

2.2.3.2.Karma Hibrid Sistemin Avantajları

- Aracı tahrik etmede hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru görev yaptığından daha yüksek güç elde edilir. Böylece motorların daha küçük seçilmesi mümkündür.
- Frenleme ve yokuş aşağı inişlerde enerji geri kazanımı mümkündür.
- Şehir içinde sadece elektrik motoru kullanılarak sıfır emisyonlu sürüş gerçekleştirilebilmektedir.
- Yakıt verimi arttığı için tüketim ve egzoz emisyonunda azalma sağlar.
- İçten yanmalı motor daha düzgün devir bandında çalışabildiği için optimum tüketim ve egzoz emisyonu sağlanabilmektedir.

2.2.3.3.Karma Hibrid Sistemin Dezavantajları

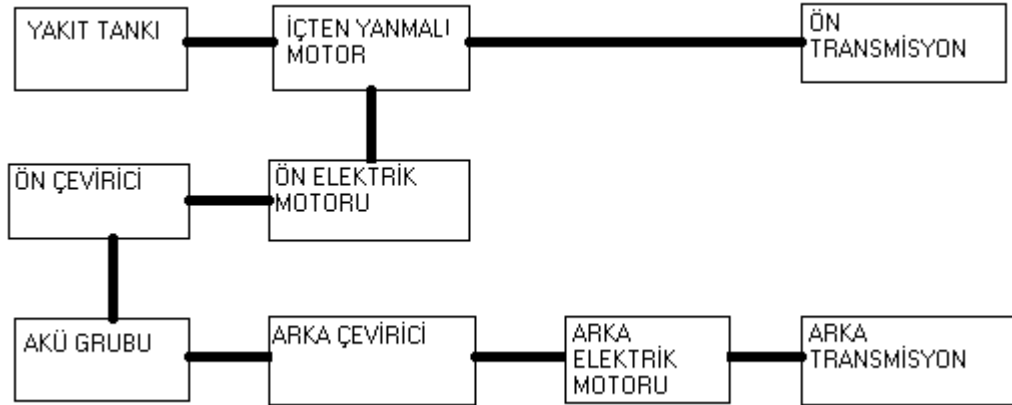
- Aracı tahrik etmede gerekli olan güç iki farklı kaynaktan sağlandığı için karmaşık olan enerji yönetimi gereklidir.
- İçten yanmalı motor ve elektrik motoru aynı milden güç ilettiği için karmaşık mekanik elemanlara ihtiyaç duyulur.
- İçten yanmalı motor, jeneratör ve elektrik motoru olmak üzere üç tahrik elemanına ihtiyaç duyulur.
- Sistem karmaşık ve pahalıdır.

2.2.4.Kompleks Hibrid Elektrikli Araç

Kompleks hibrid sistemin diğerlerinden en büyük farkı aracın tahrikinin hem ön hem de arka akstan yapılmasıdır. Bu sistem şu an dört tekerlekten çekiş sistemini

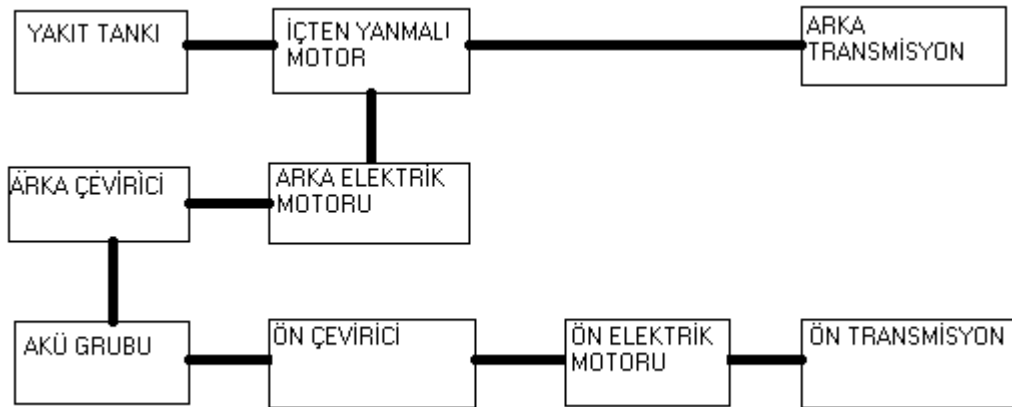
kullanan tüm araçlar için uygundur. Çünkü iki aks arasında bağlantı ağır mekanik sistemler yerine elektrik kabloları sayesinde yapılabilmektedir.

Sistem iki farklı türde olmaktadır. İlkinde arka tekerleklere güç sadece elektrik motorundan verilmekte, ön tekerleklere ise içten yanmalı motor bağlı olup, bu motora da elektrik motoru bağlanmıştır. Yani ön aks hibrid sürüş sistemiyle arka aks ise elektrik motoruyla tahrik edilir (Şekil 2.22).



Şekil 2.22 Kompleks hibrid sistemin bağlantı şeması (Ön hibrid, arka elektrik)

İkinci çeşitte ise ön aks ve arka akstaki sistemler yer değiştirmektedir. Arka aks hibrid sürüş sistemiyle ön aks ise elektrik motoruyla tahrik edilir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 Kompleks hibrid sistemin bağlantı şeması (Arka hibrid, ön elektrik)

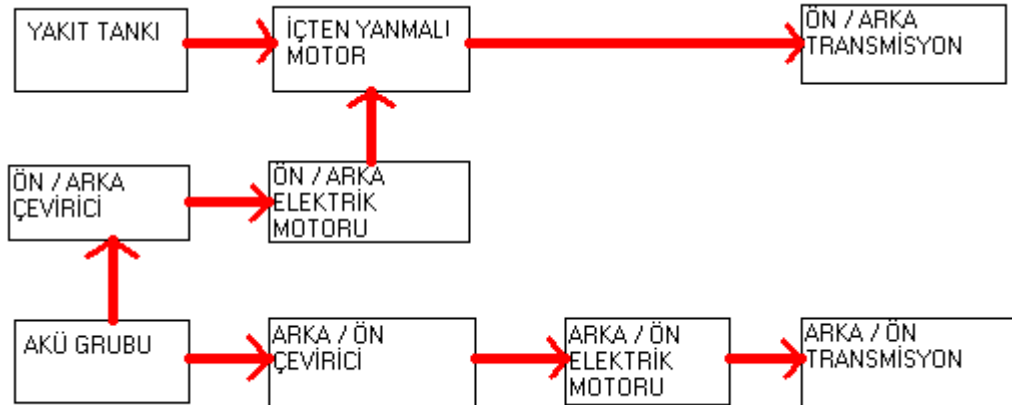
Kompleks hibrid sistemde kullanılan parça sayısı diğer sistemlere göre daha fazladır ve bunların kontrolü daha karmaşıktır. Bu da ağırlık ve maliyetin artmasına sebep olsa da normal dört tekerlekten çekişli sistemler düşünüldüğünde güç

iletiminin ağır şaftlar yerine kablolar yardımıyla yapıldığından ağırlık ve yer bakımından avantaj sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemlerde hibrid sistemin olduğu aksta elektrik motoru içten yanmalı motora bağlı olup, tekerleklere güç iletimi içten yanmalı motor tarafından sağlanmaktadır. Burada elektrik motoru çift yönlü çalışmaktadır.

2.2.4.1.Kompleks Hibrid Elektrikli Aracın Çalışma Durumları

2.2.4.1.1.Yokuş Çıkma ve İvmelenme

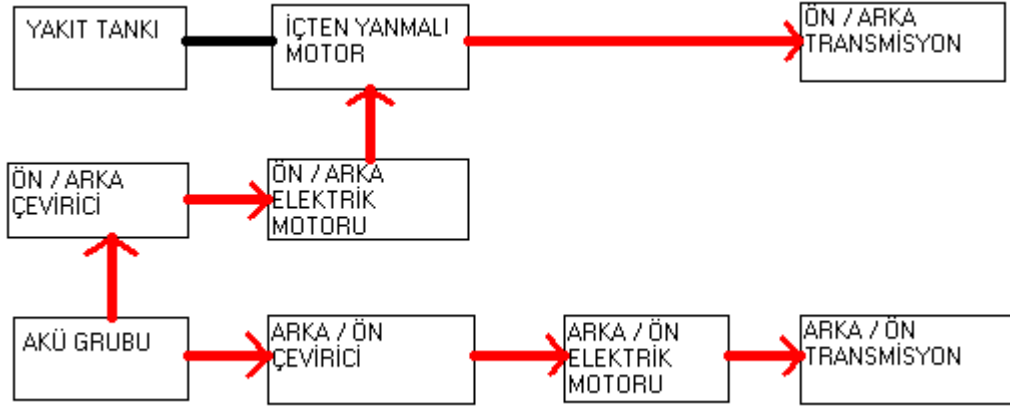
Bu durumlarda sistemin tüm gücü aracı tahrik etmek amaçlı kullanılır. Yakıttan alınan kimyasal enerji içten yanmalı motor tarafından mekanik enerjiye çevrilerek hibrid aksta bulunan tekerleklere iletilir. Yine hibrid sistemdeki elektrik motoru ise akülerde depo edilmiş olan enerjiyle güç üreterek içten yanmalı motora ek güç verir. Diğer akstaki elektrik motoru ise yine aküden aldığı enerjiyle, bulunduğu akstaki tekerleklere güç verir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24 Kompleks hibrid sistemde yokuş çıkma ve ivmelenme

2.2.4.1.2.Kalkış

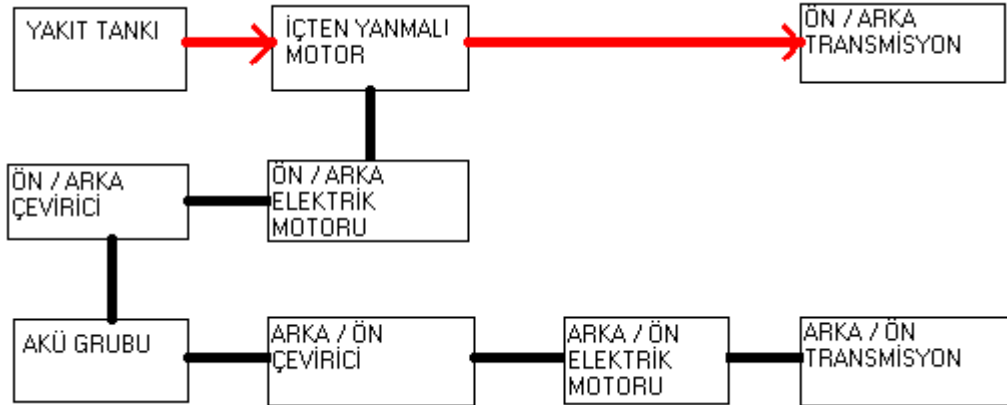
Kalkış için gerekli tüm enerji aküden sağlanmaktadır. İçten yanmalı motor elektrik motorunun verdiği güçle hibrid sistemin olduğu aksı tahrik etmektedir. Diğer aks ise elektrik motorunun aküden aldığı güçle doğrudan tahrik edilmektedir. Eğer güç yeterli oluyorsa tek elektrik motorunun çalışmasıyla da kalkış sağlanabilir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25 Kompleks hibrid sistemde kalkış

2.2.4.1.3. Normal Sürüş

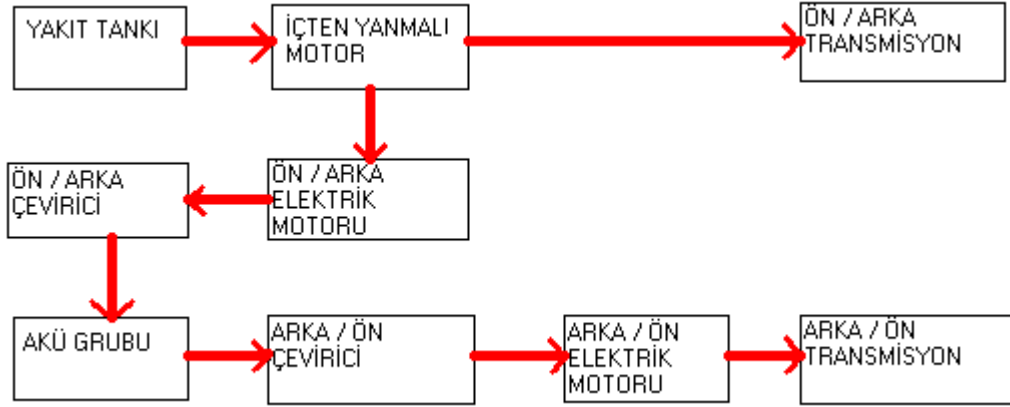
Normal sürüş sırasında gerekli güç sadece yakıt tankından gelen kimyasal enerji tarafından sağlanmaktadır. Bu güçle içten yanmalı motor hibrid sistemin bulunduğu akstaki tekerlekleri döndürmektedir (Şekil 2.26).



Şekil 2.26 Kompleks hibrid sistemde normal sürüş

2.2.4.1.4. Aks Dengeleme

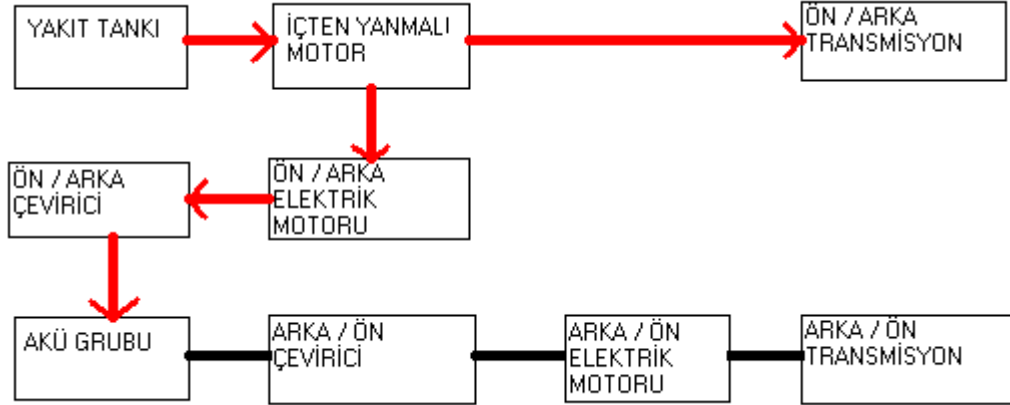
Her iki aksa gelen kuvvetlerin eşit olması gerektiği durumlarda, içten yanmalı motorun gücünün bir bölümü, hibrid sistemdeki elektrik motorunun jeneratör işlevi yapmasıyla aküye gönderilir. Buradan da diğer aksı tahrik için o akstaki elektrik motoruna aktarılır. Böylece iki aksa da yaklaşık eşit güç gönderilmiş olur (Şekil 2.27).



Şekil 2.27 Kompleks hibrid sistemde aks dengeleme

2.2.4.1.5.Seyir Halinde Aküyü Şarj Etme

Eğer aracı tahrik etmek için gereken enerji içten yanmalı motorun ürettiği enerjiden düşükse ve akülerin şarj seviyesi istenen değerin altındaysa, fazla olan bu enerji, elektrik jeneratörünün yardımıyla elektrik enerjisine çevrilerek depolanmak üzere akülere gönderilir (Şekil 2.28).

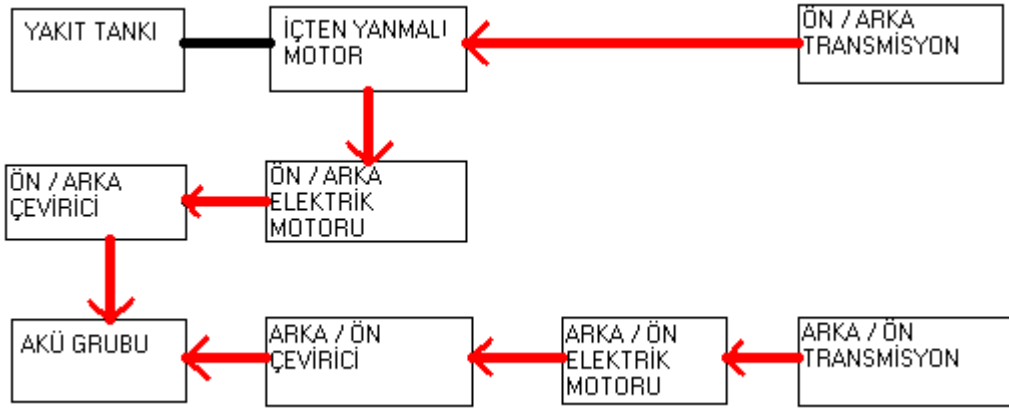


Şekil 2.28 Kompleks hibrid sistemde seyir halinde aküyü şarj etme

2.2.4.1.6.Yokuş Aşağı Seyir ve Frenleme

Yokuş aşağı seyir ve frenleme durumlarında aracın sahip olduğu kinetik enerjinin kaybolması engellenip depo edilmesi sağlanmaktadır. Burada elektrik motoru jeneratör görevi görüp, ürettiği enerjiyi çevirici üzerinden depolanmak üzere akülere yollar. Sistemde iki aksta da elektrik motoru olduğu için kazanılan enerji

diğer sistemlere göre daha fazladır. Bu da daha fazla yakıt verimliliği ve ekonomisi anlamına gelmektedir (Şekil 2.29).



Şekil 2.29 Kompleks hibrid sistemde yokuş aşağı seyir ve frenleme

2.2.4.2. Kompleks Hibrid Sistemin Avantajları

- Araç iki akstan da tahrik edilebilmektedir.
- Frenleme ve yokuş aşağı inişlerde enerji geri kazanımı diğer sistemlerden daha yüksektir. Çünkü her iki aksta da elektrik motoru açığa çıkan enerjiyi geri kazanmaktadır.
- Yakıt verimi arttığı için tüketim ve egzoz emisyonunda azalma sağlar.
- Düşük yüklerde sadece elektrik motoru kullanılarak sıfır emisyonlu sürüş gerçekleştirilebilmektedir.
- Klasik dört tekerlektan çekişli sistemlere göre daha hafiftir ve daha az yer kaplar.
- Çok çeşitli çalışma durumlarına imkan tanır.

2.2.4.3. Kompleks Hibrid Sistemin Dezavantajları

- Enerji yönetimi çok karmaşıktır.
- Sistemin maliyeti yüksektir.

3.HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇLARDAKİ ALT SİSTEMLER

Hibrid elektrikli araçlarda çeşitli alt sistemler kullanılmaktadır. Bunlar sırası ile güç üretim sistemleri, tahrik sistemleri, enerji depolama sistemleri, güç kontrol sistemleri ve enerji yönetimi sistemleridir.

3.1.Güç Üretim Sistemleri

Hibrid elektrikli araçlarda tüm sistem için gerekli olan enerjinin ana kaynağı, fosil yakıtların depo edildiği yakıt deposudur. Burada depo edilen kimyasal enerjinin bir şekilde mekanik enerjiye dönüştürülmesi gereklidir. İşte bu çevrimi gerçekleştirmek için ısı makineleri kullanılmaktadır. Isı makinelerinden elde edilen mekanik enerji aracı tahrikte veya elektrik enerjisine dönüştürülerek, aküleri beslemede kullanılır.

Isı makineleri, içten yanmalı motorlar ve dıştan yanmalı motorlar olmak üzere ikiye ayrılır. Dıştan yanmalı motorlarda yanma olayı dışarıda gerçekleştiği için bu motorların hibrid elektrikli araçlarda kullanılması mümkün değildir.

İçten yanmalı motorlarda ise yanma olayı motorun içinde gerçekleşir. Bu motorlarda yakıt ile havanın yanması sonucu üretilen yanma ürünleri, iş yapan akışkanı oluşturmaktadır.

İçten yanmalı motorlar zaman sayısına göre ve termodinamik çevrimlerine göre sınıflandırılabilir.

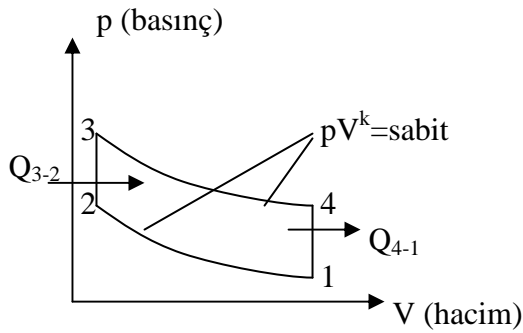
İçten yanmalı motorlar, bir çevrimin tamamlanması için gerekli olan zaman (strok) sayısına göre iki gruba ayrılırlar;

Dört zamanlı motorlar: Bu motorlarda bir çevrim dört piston strokunda tamamlanır. Çevrim sırasında krank mili iki tam devir yapar.

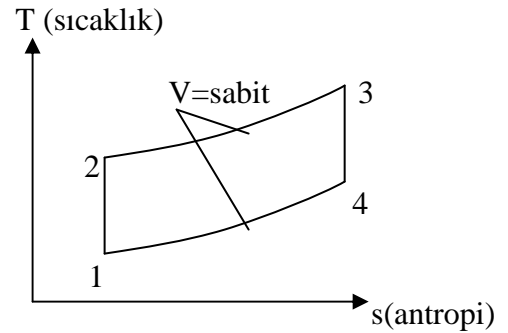
İki zamanlı motorlar: Bu motorlarda bir çevrim iki piston strokunda tamamlanır. Çevrim sırasında krank mili bir tam devir yapar.

İçten yanmalı motorlar çalıştıkları termodinamik çevrim tipine göre de iki gruba ayrılırlar;

Otto Çevrimi: Buji ile ateşlemeli benzin motorlarının çevrimi, sabit hacimde ısı girişine sahip otto çevrimine benzemektedir. Bu sebeple benzin motorları otto motoru olarak da adlandırılır. Bu çevrim dört ve iki zamanlı benzinli motorlarda uygulanmaktadır. Isı, çevrime sabit hacimde girer ve işin elde edilmesinden sonra yine sabit hacimde atılır. Sıkıştırma ve genişleme ise adyabatik hal değişimi ile olmaktadır.



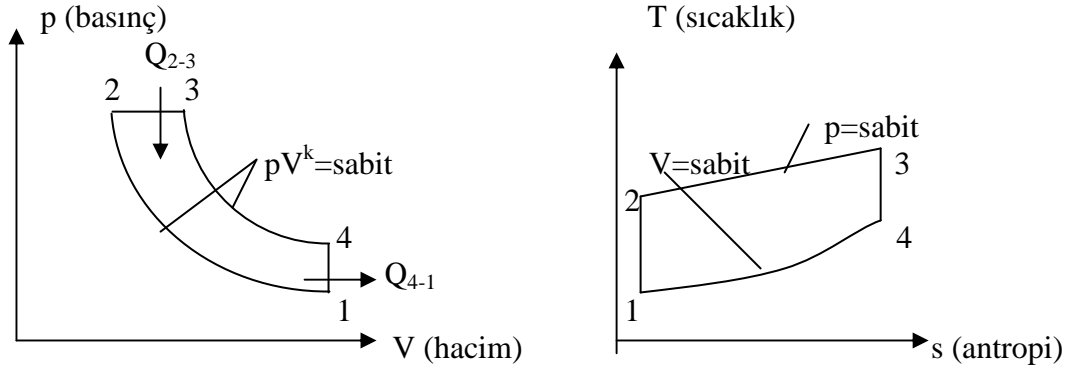
Şekil 3.1 Otto çevriminde p-V diyagramı



Şekil 3.2 Otto çevriminde T-s diyagramı

- 1-2 adyabatik sıkıştırma
- 2-3 sabit hacimde ısı girişi
- 3-4 adyabatik genişleme
- 4-1 sabit hacimde ısı çıkışı

Dizel Çevrimi: Dizel motorlarında yakıt, yüksek basınçlı hava ile yanma odasına püskürtülür. Bu motorlardaki çevrim, sabit basınçta ısı girişine sahip olan termodinamik çevrime benzediği için bu çevrime dizel çevrimi adı verilmiştir. Bu çevrim dört ve iki zamanlı dizel motorlarda uygulanmaktadır. Isı çevrime sabit basınçta girer ve işin elde edilmesinden sonra çevrimden sabit hacimde çıkar [Soruşbay ve ark., 2003].



Şekil 3.3 Dize çevriminde p-V diyagramı. Şekil 3.4 Dize çevriminde T-s diyagramı

1-2 adyabatik sıkıştırma

2-3 sabit basınçta ısı girişi

3-4 adyabatik genişleme

4-1 sabit hacimde ısı çıkışı

3.1.1.İçten Yanmalı Motorların Çalışma Prensibi

3.1.1.1.Dört Zamanlı Benzin Motorları

Bu motorlarda bir çevrim, pistonun dört stroku veya krank milinin iki tam devri ile gerçekleşir. Bu dört zaman süresince tamamlanan beş olay sırasıyla, emme, sıkıştırma, yanma, genişleme ve egzoz olaylarıdır. Her bir zaman krank milinin 180 derece dönmesiyle tamamlanır ve böylece bir çevrimin tamamlanması için geçen süre krank mili açısı cinsinden 720 ° KMA'na karşılık gelmektedir. Dört zamanlı ideal bir kıvılcım ateşlemeli motorda çevrim aşağıdaki zamanları içermektedir.

Emme Zamanı: Emme zamanı piston üst ölü noktada (ÜÖN) iken başlar. Bu esnada emme supabı açık, egzoz supabı ise kapalıdır. Pistonun alt ölü noktaya (AÖN) hareketi sonucu oluşan vakumla yakıt hava karışımından oluşan dolgu silindire dolmaya başlar. Piston AÖN'ya ulaştığında emme zamanı sona erer ve emme supabı kapanır.

Sıkıştırma Zamanı: Silindirlere dolan dolgu, pistonun ÜÖN'ya hareketiyle sıkıştırılmaya başlar. Bu anda emme ve egzoz supaplarının her ikisi de kapalıdır. Silindir içindeki karışım ölü hacme kadar sıkıştırılır. Sıkıştırma zamanı sonunda karışım, buji yardımıyla ateşlenir. Yanma işlemi esnasında yakıtın kimyasal enerjisi ısı enerjisine dönüştürülür.

Genişleme Zamanı: Yanma gazlarının yüksek basıncı pistonu AÖN'ya doğru harekete zorlar. Bu esnada supaplar kapalıdır. Böylece bu zaman sürecinde güç üretilir. Genişleme esnasında basınç ve sıcaklığın her ikisi de azalır.

Egzoz Zamanı: Genişleme zamanının sonunda egzoz supabı açılır. Emme supabı ise kapalıdır. Piston AÖN'dan ÜÖN'ya doğru hareket eder. Ve bu esnada yanma gazlarını dışarı atar. Egzoz zamanının sonunda egzoz supabı kapanır. Bu esnada bir miktar atık gaz silindir içindeki ölü hacimde kalır [Soruşbay ve ark., 2003].

3.1.1.2.Dört Zamanlı Dizel Motorlar

Dört zamanlı dizel motoru, dört zamanlı benzin motoruna benzerdir. Fakat, dizel motorları daha yüksek sıkıştırma oranlarında çalışırlar. Benzin motorlarında sıkıştırma oranı 6-12 arasında iken bu değer dizel motorlarda 16-25 arasındadır. Dizel motorlarda emme zamanı sırasında silindire yakıt-hava karışımı değil, yalnızca hava emilir. Dizel motorlarda sıkıştırma zamanı sonundaki sıcaklık, yüksek sıkıştırma oranının etkisiyle, yanma odasına püskürtülen yakıtın kendi kendine tutuşabileceği sıcaklığa ulaşır. Dizel motorlarda, yakıtı yanma odasına püskürtmek üzere yüksek basınçlı bir yakıt pompası ve enjektör kullanılır. Dizel motorlarda benzin motorlarında kullanılan ateşleme sistemi yoktur. Dört zamanlı dizel motorlarda ideal çevrimdeki zamanlar aşağıdaki gibidir.

Emme Zamanı: Emme zamanı piston ÜÖN'da iken başlar. Bu esnada emme supabı açık, egzoz supabı ise kapalıdır. Pistonun AÖN'ya hareketi sonucu oluşan vakumla yakıt hava karışımından oluşan dolgu silindire dolmaya başlar. Piston AÖN'ya ulaştığında emme zamanı sona erer ve emme supabı kapanır.

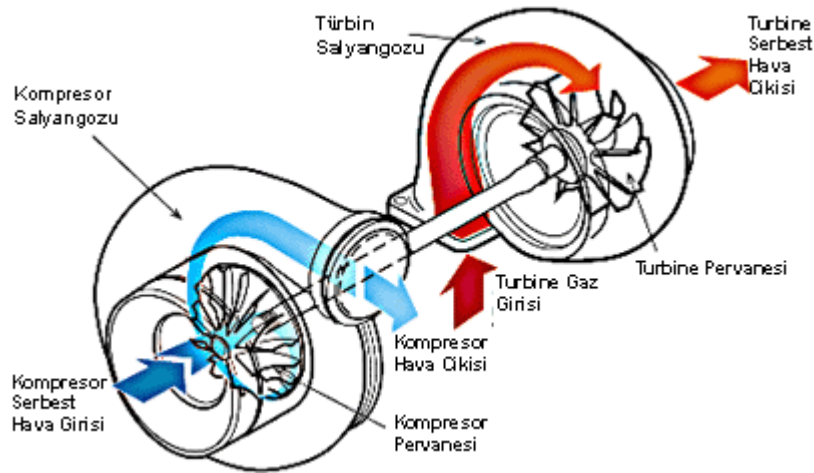
Sıkıştırma Zamanı: Silindirlere dolan dolgu, pistonun ÜÖN'ya hareketiyle sıkıştırılmaya başlar. Bu anda emme ve egzoz supaplarının her ikisi de kapalıdır. Silindir içindeki karışım ölü hacme kadar sıkıştırılır.

Genişleme Zamanı: Yanma odasına yakıtın püskürtülmesi yaklaşık olarak sıkıştırma zamanının sonunda başlar. Isının sisteme sabit basınçta ilave edildiği kabul edilir. Yakıtın püskürtülmesi işlemi tamamlandıktan sonra yanma ürünleri genişlemeye başlar. Bu zaman süresince supaplar kapalıdır.

Egzoz Zamanı: Genişleme zamanının sonunda egzoz supabı açılır. Emme supabı ise kapalıdır. Piston AÖN'dan ÜÖN'ya doğru hareket eder. Ve bu esnada yanma gazlarını dışarı atar. Egzoz zamanının sonunda egzoz supabı kapanır. Bu esnada bir miktar atık gaz silindir içindeki ölü hacimde kalır [Soruşbay ve ark., 2003].

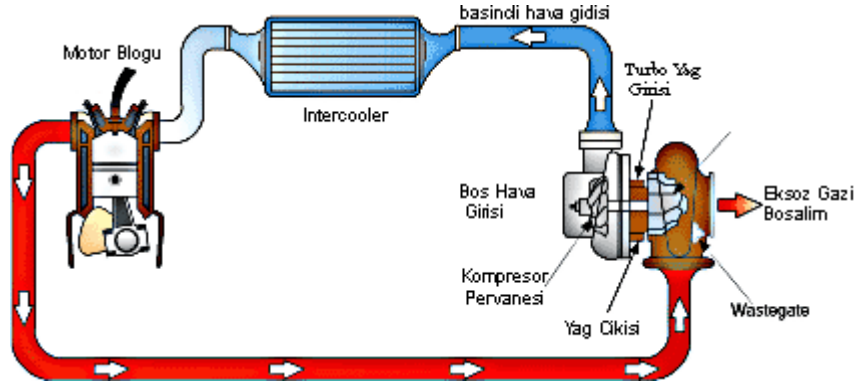
3.1.1.3.Aşırı Doldurmalı (Türbo) Sistemi

Aşırı doldurmalı sistemlerde, küçük hacimli bir motor, daha büyük hacimli bir motorun işini yapabilmesi ve aynı zamanda düşük egzoz gazı değerleriyle birlikte, yakıttan tasarruf edilmesine olanak sağlar. Genel olarak türbo şarjlar 0.4 Bar' dan 2.0 Bar' a kadar güç üretebilmektedirler. Normal olarak atmosfer basıncının 1,014 Bar olduğu düşünülürse türbo şarjların motora atmosferde olandan çok daha fazla basınç uygulayabildiği görülebilir. (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Türbo sistemi

Yanma sırasında meydana gelen egzoz gazları türbo şarjın türbinin kanatlarına çarpar ve onu döndürür. Aynı mil üzerine takılmış olan kompresör kanatları taze havayı emer ve ön sıkıştırılmalı havayı emme supabı açıldığında yanma odasına sıkıştırır. Bu da güç artışı anlamına gelmektedir. Fakat, egzoz çıkışında bir türbin bulunması egzoz geri basıncının artmasını sağlar ve motor egzoz gazını tam olarak dışarıya atmakta zorlandığı için güç kayıpları oluşur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Türbo çevrimi

Bu sistem dizel ve benzinli motorlara uygulanabilmektedir. Günümüzde dizel motorlu araçların büyük bir çoğu türbo sistemine sahiptir. Çünkü bu sistem sayesinde düşük olan dizel motorların gücünün artırılması sağlanmıştır [Staudt, 2003].

3.1.2.İçten Yanmalı Motorların Karakteristikleri

Taşıt motorları geniş bir devir sayısı aralığında çalıştırılabilirler. En az devir sayısı, motorun kararlı çalışması için gerekli şartlar (benzin motorlarında hava-yakıt karışımının oluşması ve emilmesi; dizelde ise, kendi kendine tutuşma sıcaklığına ulaşmak için gerekli hız ve yüksek kompresyon), maksimum devir sayısı ise, emme ve egzoz işlemlerinin verimi, dizelde tutuşma gecikmesi, parçaların ısıl gerilimleri, artan atalet yükleri, mekanik verimdeki düşme tarafından sınırlandırılmaktadır. Günümüzdeki benzin motorları dakikada maksimum 7000-8000, dizel motorlar ise 4500-5000 devir çevirebilmektedir.

Bir motorun en avantajlı çalışma durumları; maksimum güç (P_{emax}), maksimum tork (M_{emax}) veya en az özgül yakıt tüketimini (b_{emin}) sağladığı durumlardır. Bu çalışma durumları motorun kullanım amacı ve yaptığı işin özellikleri tarafından belirlenir.

Eğer içten yanmalı bir motor aracı tahrik etmede kullanılıyorsa, bu motorun efektif gücü, hareket direncini karşılamalıdır. Tüketilen güç yalnızca taşıt hızına değil, aynı zamanda yolun durumu, yük, ivme gibi faktörlere de bağımlı olduğuna göre, motorun çalışma şartları kararlı değildir. Çünkü motora gelen yük, sürekli değişmektedir.

İçten yanmalı taşıt motorlarının güç-tork-hız karakteristikleri, taşıtların doğrudan tahriki için uygun değildir. Bu yüzden transmisyon sistemleri kullanılarak taşıtın tüm çalışma koşullarındaki güç ihtiyacını karşılaması sağlanmıştır [Yaşar, 2002].

3.2.Tahrik Sistemleri

Hibrid elektrikli araçlarda tahrik sistemi olarak içten yanmalı motorlar ve elektrik motorları kullanılmaktadır. Elektrik motorlarını doğru akım motoru, asenkron motor ve sürekli mıknatıslı motor olarak üç sınıfta inceleyebiliriz.

3.2.1.Doğru Akım Motorlar

DC motorlar, bir manyetik alan içerisinde bir iletkenin akım geçirilmesi sonucunda, o iletkene kuvvet etmesi prensibiyle çalışırlar. DC motorlarda manyetik alanın oluşturulması için statorda bir alan sargısı bulunur. DC gerilim dönen kısma da uygulandığından fırça kollektör düzeneği kullanılmaktadır. Bu düzenek DC motorun bakım gereksinimini arttırmakta ve sanayide olduğu gibi hibrid elektrikli araçlarda da kullanımının azalmasına sebep olmaktadır.

DC makineler kolay kontrol edilebilmesi, moment ve akı kontrolünün bağımsız olarak sağlanabilmesi ve yerleşmiş üretim üstünlüklerine rağmen, yüksek bakım gereksinimine yol açan fırça aşınmaları, düşük nominal hız, komütatör nedeniyle oluşan yüksek elektromanyetik girişim, düşük özgül güç oranı ve düşük verimlilik gibi dezavantajları vardır [Ünlü ve ark., 2003].

3.2.2.Asenkron Motorlar

Asenkron motorlar basit ve sağlam yapıları nedeniyle endüstride olduğu kadar hibrid elektrikli araçlarda da en çok tercih edilen motor türüdür. Tek ve üç fazlı olarak üretilmektedirler. Yüksek güç gerektiren hibrid elektrikli araç uygulamalarında üç fazlı asenkron motor tercih edilmektedir.

Dışta AC geriliminin uygulandığı stator sargıları, içte ise akım taşıyan iletkenlerin bulunduğu rotordan oluşur. Stator sargısına uygulanan üç fazlı AC

gerilim döner manyetik alan oluşturur. Bu manyetik alan rotorda gerilim endükler ve rotor sargılarından akım geçmeye başlar.

Asenkron motor, kısa devre kafesli ve bilezikli olmak üzere iki çeşidi vardır. Kısa devreli kafesli asenkron motorun rotoru, mıknatıslanmayı sağlayacak şekilde demir malzemededen oluşur. Bu malzemenin çevresi, uçları birbirine halkalarla kısa devre edilmiş iletken çubuklarla kaplanır.

Bilezikli asenkron motorun rotorunda endüvi sargıları bulunmaktadır. Üç fazdan oluşan sargılar yıldız şeklinde bağlanmış ve faz uçları bilezik olarak tanımlanan iletkenlerle dışarıya çıkarılmıştır. Dışarıya çıkarılan fazlar, isteğe bağlı olarak değişken dirençler ile kısa devre edilerek devre tamamlanır. Direnç değerlerinin değiştirilmesi ile motor hız kontrolü sağlansa da elektriksel verimliliği düşüreceğinden hibrid elektrikli araçlarda bu yöntem başvurulmaz.

Hibrid elektrikli araç uygulamalarında sağlam yapısı nedeniyle kısa devre kafesli asenkron motorlar tercih edilmektedir [Ünlü ve ark., 2003].

3.2.3.Sürekli Mıknatıslı Motorlar

Manyetik alan yaratmak için uyarma sargılarının yerine mıknatıs kullanılan motorlardır. Bu yöntem, rotor bakır kayıplarını ve uyarma devresi bakım gereksinimini ortadan kaldırır. Sürekli mıknatıslı motorların senkron ve kare dalga olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır.

Sürekli mıknatıslı senkron motorlar, asenkron motorlar gibi düzenli olarak dönen stator alanına sahiptir.

Sürekli mıknatıslı kare dalga motorlar ise fırçasız DC motorlar olarak da adlandırılırlar. Stator sargıları ayırık zamanlarda kare dalga ile beslenirler.

Uyarma için kullanılan mıknatıslar, rotor ve stator arasındaki hava boşluğunda akı yoğunluğunun artmasına neden olur. Buna bağlı olarak güç yoğunluğu ve eylemsizliğe göre moment oranları yüksektir.

Sürekli mıknatıslı motorlarda çoğunlukla ferritler, samaryum kobalt ve neodmiyum-demir boron olmak üzere üç tip mıknatıs kullanılır. Bu motorlar için en

büyük tehlike, yüksek ısı ve yük koşullarının, mıknatısların özelliklerini kaybetmelerine neden olabilmesidir [Ünlü ve ark., 2003].

3.3.Enerji Depolama Sistemleri

Bu sistemler içten yanmalı motor ve jeneratör seti tarafından üretilen elektrik enerjisinin depolanmasında ve elektrik motorunun beslenmesinde kullanılmaktadır. Bataryalar ve volanlar olmak üzere iki sınıfta incelenebilmektedirler [Ünlü ve ark., 2003].

3.3.1.Bataryalar

Hibrid elektrikli araç uygulamalarında bataryaların yüksek özgül güç, yüksek özgül enerji ve uzun çevrim ömrüne sahip olması beklenmektedir. Özgül enerji yoğunluğu, enerji kaynağının birim kütlesinde depolanan enerji miktarını göstermektedir. Özgül güç ise yine enerji kaynağının birim kütlesinin verdiği güç olarak ifade edilmektedir. Azami enerji yoğunluğu, batarya ağırlığının her bir kilogramından, 3 saatlik deşarj döngüsü boyunca elde edilen enerji miktarını belirtmektedir. Azami güç yoğunluğu depolanan enerjinin bataryadan ne kadar hızla çekilebileceğini göstermektedir.

Batarya ömrü de bir diğer önemli faktördür. Bir batarya için hedef 1000 çevrim ömre sahip olmasıdır. Bu yaklaşık olarak 3-4 yıllık bir kullanım ömrüne karşılık gelmektedir. Birçok batarya çeşidinde derin deşarj çevrimi bataryanın hem enerji hem de güç yoğunluğunu bir miktar azaltmaktadır. Bu nedenle bataryanın ömrünün bitmesine yakın, performansı da önemli ölçüde azalmaktadır. Birçok batarya çeşidi bulunmaktadır. En çok kullanılan dört tanesi sırasıyla kurşun-asit, nikel kadmiyum, nikel metal hidrür ve lityum iyon bataryalardır [Westbrook, 2001].

3.3.1.1.Kurşun-Asit Bataryalar

İçten yanmalı motorlu araçlarda ilk hareket bataryası olarak kullanılmaktadır. Negatif kurşun elektrot, pozitif kurşun dioksit elektrot ve de sülfürik asit elektrolit çözeltisinden oluşmaktadır. Bu batarya 100 yıllık bir gelişme süreci geçirmesine rağmen 25-35 Wh/kg gibi düşük bir enerji yoğunluğuna sahiptir. Buna karşın güç

yoğunluğu ise 150 W/kg gibi yüksek bir değerdir. Düşük maliyeti en büyük avantajıdır [Westbrook, 2001].

3.3.1.2.Nikel Kadmiyum Bataryalar

Nikel kadmiyum batarya sinterlenmiş pozitif nikel elektrot, negatif kadmiyum elektrot ve sulu elektrolit olarak potasyum hidroksitten oluşmuştur. Nikel kadmiyum bataryalarının enerji yoğunluğu 50 Wh/kg ve güç yoğunluğu 200 W/kg'dır. Kadmiyumun toksik ve çevreye zararlı olmasından dolayı, nikel-kadmiyum bataryaların geri kazanımı oldukça önemli ve bir o kadar karmaşıktır. Çevreye verdikleri zarardan dolayı kullanımları azaltılmıştır [Westbrook, 2001].

3.3.1.3.Nikel Metal Hidrür Bataryalar

Nikel-metal hidrür (NiMH) bataryalar, toksik özelliği olmayıp daha iyi performansa sahip olduklarından son zamanlarda birçok elektrikli araç uygulamalarında nikel kadmiyum bataryaların yerini almıştır. Batarya, metal hidrür karışımı olan negatif elektrot, potasyum hidroksit elektroliti ve de aktif malzemesi nikel hidroksit olan pozitif elektrottan oluşmaktadır. Negatif elektrot olarak hidrojen içeren metal alaşım kullanılır. NiMH bataryalar 70 Wh/kg'dan fazla enerji yoğunluğuna ve 200 W/kg dan daha fazla güç yoğunluğuna sahiptir [Westbrook, 2001].

3.3.1.4.Lityum İyon Bataryalar

Lityum-iyon bataryalar yaklaşık 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna sahiptir. Bu yüzden de hibrid elektrikli araçlar için en uygun batarya çeşididir. Bu bataryalar, %80 şarj durumuna 1 saatten daha kısa sürede tekrar şarj edilebilmektedir. Hibrid elektrikli araç uygulamalarında kullanılacak maliyet ve özelliklere, getirebilmek için çalışmalar sürdürülmektedir [Westbrook, 2001].

3.3.2.Volanlar

Bir çeşit kinetik enerji depolama sistemidir. Dönen bir ağırlık sayesinde enerjiyi depo edebilmektedir. Yüksek güçlerde enerji depolayabilmesi, depolama kayıplarının olmaması, bakım ihtiyaçlarının düşük olması, uzun ömürlü olması ve çevreye zarar vermemesi avantajlarıdır. Dezavantajları ise yüksek emniyet

gerektirmesi ve maliyetinin çok yüksek olmasıdır [Sivrioğlu, 2004]. Tablo3.1’de enerji depolama sistemlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo3.1 Enerji depolama sistemlerinin karşılaştırılması [Ünlü ve ark., 2003]

	Enerji Yoğunluğu	Güç Yoğunluğu	Çevrim Sayısı	Verim
Kurşun-Asit	35(Wh/kg)	150(W/kg)	1000	%77
Nikel Kadmiyum	50(Wh/kg)	200(W/kg)	2000	%80
Ni-MH	70(Wh/kg)	200(W/kg)	2000+	%82
Lityum İyon	120(Wh/kg)	150(W/kg)	1000+	%85
Volan	15(Wh/kg)	500(W/kg)	1000000	%93

3.4.Güç Kontrol Sistemleri

Elektrikli araçlarda kullanılan güç kontrol sistemleri, klasik güç elektroniği devrelerinden oluşmaktadır. Bunlar doğrultucular, çeviriciler ve eviriciler olmak üzere üç sınıfta incelenebilmektedir [Ünlü ve ark., 2003].

3.4.1.Doğrultucular

Alternatif gerilimin doğru gerilime dönüştürülmesinde doğrultucular kullanılmaktadır. Hibrid elektrikli taşıtlarda kullanılan bara gerilimi DC’dir. Bunun başlıca nedeni, kullanılan elektronik devrelerde senkronizasyon sorunu yaşanmaması, kontrol kolaylığı ve verimliliğin artırılmasıdır. Ancak DC elektrik makineleri bakım gereksinimleri ve ömürlerinin kısa olması gibi nedenlerle hibrid elektrikli araç uygulamalarında çok fazla tercih edilmemektedir.

Hibrid elektrikli araçlarda elektrik enerjisi üretimi bazı araçlarda AC çıkışlı jeneratörler ile sağlanır. Üretilen elektrik enerjisi DC baraya, doğrultucu devreleri ile bağlanır.

Doğrultucuların, hibrid elektrikli araçlarda bir diğer kullanım alanı da akü şarj devreleridir. Akülerin şebekeden şarj edilebilmesi için kullanılan güç elektroniği sisteminin bir parçası da doğrultucu devreleridir [Ünlü ve ark., 2003].

3.4.2.Çeviriciler

Çeviriciler çoğunlukla regüle edilmemiş DC gerilim kaynağının, kontrollü bir biçimde sabit DC gerilime dönüştürülmesi için kullanılırlar. DC-DC çeviriciler, hibrid elektrikli araçlarda farklı DC gerilim seviyesine sahip sistemlerin birbirine bağlanması ve DC motor kontrolü olmak üzere iki amaçla kullanılabilirler [Ünlü ve ark., 2003].

3.4.3.Eviriciler

Eviriciler DC giriş gerilimini AC'ye çeviren güç elektroniği devreleridir. Hibrid elektrikli taşıt tahrik sistemlerinde, 3 fazlı gerilim beslemeli eviriciler, asenkron ve sürekli mıknatıslı motor kontrollerinde kullanılmaktadır [Ünlü ve ark., 2003].

3.5.Enerji Yönetimi Sistemleri

Hibrid elektrikli araçlar karmaşık sistemlerden meydana geldikleri için bu araçlarda enerji yönetimi çok önemlidir. Enerji yönetimi sistemleri hibrid elektrikli araçların hedeflerini yerine getirmelerinde yardımcı olmalıdır. Bu hedefler;

- Düşük yakıt tüketimi
- Düşük emisyon değerleri
- Yüksek sistem verimi
- Yeterli sürüş performansı

Bu hedefleri sağlamak içinse bazı faktörler dikkate alınmalıdır. Bu faktörler şunlardır;

- İçten yanmalı motor, gerekli güç ve torku, optimum yakıt ekonomisi ve emisyonla sağladığı devir bandında çalıştırılmalıdır.
- İçten yanmalı motorun çalışma hızı ani dalgalanmalardan kaçınılacak şekilde ayarlanmalıdır.
- İçten yanmalı motorun çalışma hızı çok düşük olduğu zamanlarda yakıt verimliliği de çok düşüktür. Bunu engellemek için hız belli değerin altına düştüğünde motor kapatılmalıdır.
- İçten yanmalı motor çok sık çalıştırılıp kapatılmamalıdır.

- Akü kapasitesi, ivmelenme için yeterli enerjiyi sağlayabilecek, frenleme esnasında ya da yokuş aşağı giderken oluşan rejeneratif enerjiyi kabul edebilecek uygun bir seviyede korunmalıdır. Akü kapasitesi çok yüksek olduğu zaman, içten yanmalı motor kapatılmalıdır.
- Güç talebinin, içten yanmalı motor ve akü arasındaki dağıtımı, sürüş çevrimi boyunca orantılı olarak bölünmelidir.

4.Üretim Hattındaki Hibrid Elektrikli Araçlar

4.1.Toyota Prius

İlk kez 1997’de tanıtılıp Ocak 2000’de piyasaya çıkan dünyanın ilk seri üretim hibrid motorlu aracı olan Prius, şimdiye kadar 120.000 adet satılmıştır. Karma hibrid sistem prensiplerine göre çalışan bu otomobilde alışılmış içten yanmalı bir motorun yanı sıra nikel metal hidrür akü, bir jeneratör ve bir de elektrik motoru görev yapmaktadır. Tüm bu eklemelere rağmen aracın ağırlığı 1350 kg’ı geçmemektedir. 0.26 cw’lik hava sürtünme katsayısı ise oldukça başarılı bir değerdir. Araçta kullanılan içten yanmalı motor 1.5 litre hacme sahip olup 5000 d/d’de 78 HP güç ve 4000 d/d’de 115 Nm tork üretmektedir. Bu motor diğer konvansiyonel araçlardakilerden daha düşük devirlerde çalışmasıyla ayrılır. Bu sayede daha hafif ve verimli bir motor olması sağlanabilmiştir. Araçta kullanılan elektrik motoru ise 68 HP güç ve 400 Nm tork üretebilmektedir. Bu güç sürekli değişken oranlara sahip bir şanzıman ile tekerlekler iletilmektedir. Nikel metal hidrür akülerin kapasitesi ise 1.9 kwh’tir.

68 HP’lik elektrik motoru aracı rahatlıkla 50 km/h hıza ulaştırabilmektedir. Gaz pedalına biraz sert basıldığında ise 78 HP’lik elektrik motoru otomatik olarak ve neredeyse kendisini hiç hissettirmeden devreye girmektedir. Tam gaz hızlanmalarda birlikte çalışan iki motor tekerleklere toplam 113 HP güç göndermektedir. Toplamda 146 HP olması gereken gücün bir kısmı aküleri şarj etmede kullanıldığı için ancak 113 HP’lik güç tahrik amaçlı kullanılabilir. Sürekli yüksek ivmeli hızlanmalar ve hemen ardından fren yapıldığında akülerin çok çabuk boşaldığı görülmektedir. Elektronik sistem, otomobilin hızını 170 km/h’de sınırlandırıyor. Çünkü bu değer altındaki hızlarda 78 HP’lik benzin motoru gerekli gücü üretebiliyor. Şekil 4.1’de Toyota Prius’un resmi verilmiştir. Ayrıca Tablo 4.1’de fabrika teknik verileri ve Tablo 4.2’de ise aracın test verileri verilmiştir [Autoshow, 08-2004].



Şekil 4.1 Toyota Prius

Tablo 4.1 Toyota Prius'un teknik verileri [Autoshow, 08-2004]

Motor (tip/silindir sayısı)	Sıralı/4
Yerleşim	Önde enlemesine
Supap/egzantrik	Silindir başına 4/2
Motor hacmi	1497 cc
Maksimum güç (HP-d/d)	78-5000
Maksimum tork (Nm-d/d)	115-4000
Elektrik motorunun gücü	68 HP
Elektrik motorunun torku	400 Nm
Akü tipi	NİMH
Akü kapasitesi	1.9 kwh
Son hız	170 km/h
Şanzıman	CVT
Güç aktarımı	Önden çekiş
Lastik ebadı	195/55 R 16 V
CO ₂ emisyonu	104 gr/km
Depo kapasitesi	45 lt
Tüketim (lt/100km)	5.0/4.2/4.3
Ağırlık	1350 kg

Tablo 4.2 Toyota Prius'un test verileri [Autoshow, 08-2004]

Hızlanma	
0-50 km/h	4.0 sn
0-100 km/h	11.6 sn
0-130 km/h	20.2 sn
Elastikiyet	
60-100 km/h	6.5 sn
80-120 km/h	8.8 sn
İç gürültü	
0-50 km/h	60 dB(A)
0-100 km/h	67 dB(A)
0-130 km/h	71 dB(A)
Tüketim	
Minimum	4.8 lt/100 km
Maksimum	8.3 lt/100 km
Ortalama	5.9 lt/100 km
Menzil	770 km

Toyota 2005 yılında Prius'un sportif versiyonu olan Prius GT'yi piyasaya sunmaya hazırlanıyor. Bu araçta, modifiye edilen benzin motoru ve elektrik motoru birlikte 145 HP güç üretmekte. İçten yanmalı motor tek başına 99 HP, elektrik motoru ise 82 HP güç üretmektedir. Artan güç yüzünden bataryalarda 34 HP'den 46 HP'e çıkarılmıştır. Ayrıca jeneratörün maksimum devri 10000d/d'dan 12000d/d'ya çıkarılmıştır. Bu yapılan iyileştirmeler sayesinde aracın statik halden 100 km/h'lik hıza erişmesi için geçen süre 8.7 sn'ye düşürülmüştür. Şekil 4.2'de Toyota Prius GT'nin resmi verilmiştir [Autoshow, 37-2004].



Şekil 4.2 Toyota Prius GT

4.2.Honda Insight

1999 yılında tanıtılan Insight modeli Honda'nın ilk seri üretim hibrid elektrikli aracıdır. Bu araç paralel hibrid sistem prensipleriyle çalışmaktadır. Araçta 8 HP'lik DC fırçasız elektrik motoru bulunmaktadır. 20 kg ağırlığında ve 0.94 kwh kapasitedeki aküler ise bu motorun beslenmesini sağlamaktadır. Honda Insight 2 kişilik bir otomobil olarak tasarlanmıştır. 100 kilometrede 3.4 litre benzin tüketen otomobil, bir başka deyişle 1 litre benzinle 29 kilometre yol kat edebiliyor. Düşük yakıt tüketme özelliğini küçük hacimli motoruna olduğu kadar son derece aerodinamik yapısına ve karoserinde kullanılan hafif parçalara da borçlu olan Insight'ta 1 litre hacimli bir motor ve IMA (Entegre Motor Destek Sistemi) görev yapıyor. Şehir içi kullanımında oldukça ekonomik olan motor, ivmelenme için daha fazla güce ihtiyaç duyulduğunda sistemde bulunan elektrikli motorunu devreye sokuyor. Entegre Motor Destek Sistemi sayesinde motorun gücü 68 HP'den 76 HP'ye, torku da 4800 d/d'da 91 Nm'den 113 Nm'ye yükseliyor. 0-100 km/h hızlanmasını 12 saniyede gerçekleştiren Insight'ın maksimum hızıysa 180 km/h. Ayrıca otomobilde yer verilen bir sistem sayesinde otomobil durduğu zaman motor otomatik olarak stop ediyor, gaza veya debriyaja basıldığında tekrar otomatik olarak çalışmaya başlıyor. Bu sisteme yer verilmesinin amacı yakıt ekonomisini arttırmak ve zararlı gaz miktarını minimuma indirmek.

Honda, Insight'ın ağırlığını hafifletmek için son yıllarda sıkça karşılaşılan bir metot olan ağırlıklı alüminyum kullanımına gitmiştir. Geri dönüşümlü bir malzeme olan alüminyum, otomobilin ağırlığının 820 kilograma kadar inmesine olanak tanımıştır. Rüzgar tüneline yapılan testlerin yardımıyla oluşturulan aerodinamik dizayn sayesinde seri üretim olan otomobiller için belirlenen 0.25'lik katsayı Honda Insight'da sağlanmıştır. Otomobilde çekme, presleme ve pres döküm yöntemleriyle elde edilen alüminyum parçaların optimum bileşimini kullanmak suretiyle eşdeğer bir çelik sac gövdeden yüzde 40 daha hafif bir gövde elde edilmiştir. Kokpitte bulunan dijital göstergelerde standart bilgilerin yanı sıra anlık yakıt tüketimi de kullanıcıya sunuluyor. Şekil 4.3'te Honda Insight görülmektedir.



Şekil 4.3 Honda Insight

Honda Insight'da, motorun gücü; yine hafif alaşımlı malzemeden imal edilmiş, 5 ileri vitesli bir şanzıman kutusuyla tekerleklere aktarılıyor. Geliştirilmiş hidrolik basınçlı sürekli değişken Multimatic şanzıman kutusu sport konumunda 1 litreyle 29 kilometre yol alınmasını sağlamaktadır.

Insight için özel olarak tasarlanan katalitik konvertör sistemi, emisyon oranlarını oldukça aşağıya çekme özelliğine sahiptir.

Honda Insight için sürtünme katsayısı düşük ve iyi yol tutan özel lastikler imal edilmiştir. Sürtünme katsayısı aynı ebattaki diğer lastiklere göre yüzde 40 daha düşük olan lastikler, frenleme ve stabilite testlerinden de başarıyla geçmiştir. Insight tabii tutulduğu çarpışma testlerinden 55 km/h'lik yan darbelere ve 64 km/h'lik ön darbelerde yolculara gerekli korumayı sağlayarak geçmiştir. Tablo 4.3'te Honda Insight'in fabrika verisi teknik verileri ve Tablo 4.4'te ise aracın test verileri verilmiştir [Autoshow, 23-2003].

Tablo 4.3 Honda Insight'in teknik verileri [Autoshow, 23-2003]

Motor (tip/silindir sayısı)	Sıralı/3
Yerleşim	Önde enlemesine
Supap/egzantrik	Silindir başına 4/2
Motor hacmi	995 cc
Maksimum güç (HP-d/d)	68-5700
Maksimum tork (Nm-d/d)	90-4000
Elektrik motorunun gücü	8 HP
Elektrik motorunun torku	22 Nm
Akü tipi	NİMH
Akü kapasitesi	0.94 kwh
Son hız	180 km/h
Şanzıman	5 vitesli manuel
Güç aktarımı	Önden çekiş
Lastik ebadı	165/65 R 14 V
CO ₂ emisyonu	108 gr/km
Depo kapasitesi	40 lt
Tüketim (lt/100km)	4.0/3.4/3.6
Ağırlık	820 kg

Tablo 4.4 Honda Insight'in test verileri [Autoshow, 23-2003]

Hızlanma	
0-50 km/h	4.7 sn
0-100 km/h	14.2 sn
0-130 km/h	25.5 sn
Elastikiyet	
60-100 km/h (4.viteste)	20.1 sn
80-120 km/h (5.viteste)	42.5 sn
İç gürültü	
0-50 km/h	59 dB(A)
0-100 km/h	65 dB(A)
0-130 km/h	69 dB(A)
Tüketim	
Minimum	3.5 lt/100 km
Maksimum	4.3 lt/100 km
Ortalama	3.9 lt/100 km
Menzil	1030 km

4.3.Honda Civic

2001 yılında tanıtılıp, 2002 yılının ilk aylarında Japonya ve Kuzey Amerika'da, 2003 yılının sonlarında ise Avrupa'da satışına başlanan Civic IMA (Entegre Motor Destek Sistemi), Honda Insight ve Toyota Prius'dan farklı olarak güncel bir aracın paralel hibrid sistemli bir araca dönüştürülmesiyle meydana gelmiştir. Şu anda ülkemizde bu aracın 1.6 litre benzinli 110 HP gücü 6000 d/d'de üreten motorlu versiyonu satılmaktadır. Civic IMA'da, 1339 cc hacimli 5750 d/d'de 83 HP güç ve 3300 d/d'de 119 Nm tork üreten benzinli motor bulunmaktadır. Akıllı çift sıralı ateşleme sistemiyle donatılan motorda silindir başına çift buji kullanılmıştır. Bu akıllı sistem daha yüksek performans, daha düşük tüketim ve emisyon değerleri elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu aracın resmi Şekil 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.4 Honda Civic IMA

7 HP güç üreten elektrik motoru ise 65 mm'lik genişliğiyle yerden tasarruf sağlamaktadır. Bu motor ve içten yanmalı motor toplamda 90 HP güç ve 159 Nm tork üretmektedirler. Elektrik motorunun gücü ise 120 adet bağımsız 1.2 V'luk hücreden oluşan nikel metal hidrür aküden sağlanmaktadır. 144 V üreten ve 6 Ah kapasiteli bu sistem arka koltukların arkasına, bagajdan yaklaşık 80 litrelik yer çalarak yerleştirilmiştir. Akünün şarjı ise jeneratör görevi gören elektrik motoru tarafından sağlanmaktadır. Bu motor, fren yapıldığında yada ayak gazdan çekildiğinde ortaya çıkan kinetik enerjiyi, elektrik enerjisine çevirip akülere göndermektedir. Motor freni yapıldığında devreye giren başka bir sistem ise benzinli motorun dört silindirinden üçünün emme ve egzost supaplarını kapatmaktadır. Böylece yakıt tüketiminde azalma sağlanabilmektedir.

Civic IMA fabrika verilerine göre 100 km'de ortalama 4.9 litre benzin tüketmektedir. 1.6 litrelik benzinli motora sahip versiyon ise aynı mesafede 6.5 litre benzine ihtiyaç duymaktadır [Autoshow, 06-2004].

Tablo 4.5 Honda Civic'in teknik verileri [Autoshow, 06-2004]

Motor (tip/silindir sayısı)	Sıralı/4
Yerleşim	Önde enlemesine
Supap/egzantrik	Silindir başına 4/2
Motor hacmi	1339 cc
Maksimum güç (HP-d/d)	83-5750
Maksimum tork (Nm-d/d)	119-3300
Elektrik motorunun gücü	7 HP
Elektrik motorunun torku	40 Nm
Akü tipi	NİMH
Akü kapasitesi	0.94 kwh
Son hız	170 km/h
Şanzıman	5 vitesli manuel
Güç aktarımı	Önden çekiş
Lastik ebadı	185/60 R 14 V
CO ₂ emisyonu	116 gr/km
Depo kapasitesi	50 lt
Tüketim (lt/100km)	5.8/4.4/4.9
Ağırlık	1150 kg

4.4.Nissan Tino Hibrid

Sadece Japonya'da satılmakta olan bu araç paralel hibrid sistem prensibine göre çalışmaktadır. 1.8 litre hacimli benzinli motor 100 HP güç üretmektedir. 22 HP'lik AC elektrik motoru ise gerekli gücünü lityum-iyon bataryalardan sağlamaktadır. Toplam 122 HP'lik güç sürekli değişken oranlara sahip bir şanzıman ile tekerlekler iletilmektedir. Bu şanzıman yüksek performans ve düşük tüketimin elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Elektrik motoru kalkışta ve düşük hızlarda yeterli gücü sağlamakta, böylece akülerin yeterli olduğu süre içinde sıfır emisyonlu sürüş gerçekleştirilebilmektedir. Aküler ağırlık merkezini aşağıya çekmek ve yerden tasarruf sağlamak amacıyla araç zeminine yerleştirilmiştir. Şekil 4.5'te Nissan Tino Hibrid'in resmi görülmektedir.



Şekil 4.5 Nissan Tino Hibrid

5.Prototip ve Deneysel Hibrid Elektrikli Araçlar

5.1.Ford Escape Hibrid

İlk hibrid elektrikli arazi aracı olan Ford Escape, paralel hibrid sistem prensiplerine göre çalışmaktadır. 2.3 litrelik benzin motoru ve 88 HP güç üreten elektrik motoru aracı tahrik etmektedirler. Elektrik motoru daha çok yüksek performansın gerekmediği, şehir içi sürüşlerde çalışmaktadır, benzinli motorsa ekstra gücün gerekli olduğu anlarda devreye girmektedir. Araçtaki sistem ayrıca şehir içi trafiğinde dur-kalklar arasında motoru stop ederek tekrar çalıştırmaktadır. Bu şekilde yakıt tüketimini azaltmaktadır. Bu araç 100 km’de ortalama 5.8 litre benzine ihtiyaç duymaktadır. Aracın resmi Şekil 5.1’de görülmektedir [Autoshow, 49-2004].



Şekil 5.1 Ford Escape Hibrid

5.2.Volkswagen Touran Hibrid

Touran Hibrid’in, sistemi Honda IMA’larda olduğu gibi hafif paralel hibrid olarak adlandırılıyor. Araçta 115 HP güç üreten 1.6 litre hacimli bir benzinli motor ve 13.6 HP güç üreten bir elektrik motoru bulunmaktadır. Araç asıl gücünü 1.6 litrelik FSI motordan almaktadır. Kalkışlarda veya sollamalarda daha fazla güç gerektiğinde elektrik motoru da devreye girmektedir. Bu motor aynı zamanda marş motoru olarak da görev aldığı için ilk çalıştırmalar neredeyse sessiz gerçekleştirilmektedir. Elektrik motoru, benzinli motor ve 6 ileri vitesli şanzımanın arasında konumlandırılmıştır. Elektrik motorunun ne zaman devreye gireceği, optimum devreye girme zamanı ve tüketim avantajı sağlayacak zamanlar, kontrol elektroniği tarafından hesaplanabilmektedir. Sürücü ayağını gazdan çektiğinde veya frene bastığında açığa çıkan enerji, akülerin doldurulmasında kullanılmaktadır. Yer ve ağırlık sebebiyle Touran’da toplam kapasitesi 1.2 kwh olan iki adet akü bulunmaktadır. Bunlardan biri motor bölümünde, diğeryse bagajdaki yedek lastik

yuvasında konumlandırılmıştır. Hibrid sistem bu araca ek olarak 40 kg ağırlık getirmektedir. Şekil 5.2’de görülen bu araç 100 km’lik karma kullanımda 6.1 litre benzin tüketmektedir [Autoshow, 32-2004].



Şekil 5.2 Volkswagen Touran Hibrid

5.3.Mercedes F 500 Mind

Paralel sistem prensipleriyle çalışan bu araçta içten yanmalı motor olarak dizel motor kullanılmaktadır. Aslında dizel veya benzinli bir motor kullanılması, hibrid sistem prensibi için önemli değildir. Genelde üreticiler içten yanmalı motor olarak benzinli motorları tercih etmektedirler. Dizel motorların fazla ağırlıkları ve pahalı üretim maliyetleri, bunun ardındaki en önemli nedenler olarak sıralanmaktadır. Her şeye rağmen tüketim değerlerinin düşük olması nedeniyle Mercedes dizel motorlu F 500 Mind modeli üzerinde çalışmaktadır. Bu aracın motor ikilisini, 250 HP güç üreten 4.0 litrelik V8 bir dizel ve 68 HP güç üreten bir elektrik motoru oluşturmaktadır. Bu sayede toplamda 318 HP güç ve 860 Nm tork elde edilmektedir. Aracın maksimum hızıysa 250 km/h olarak elektronik olarak sınırlandırılmıştır.

Kalkışlar, park ve yavaş ilerlenen trafikte F 500 Mind sadece elektrik motoruyla ilerlemektedir. Daha fazla güce ihtiyaç duyulduğunda V8 dizel motor otomatik olarak devreye girmektedir. Fren anında elektrik motoru, jeneratör olarak görev yapıp aküleri doldurmaktadır. Şekil 5.3’te araç görülmektedir [Autoshow, 47-2004].



Şekil 5.3 Mercedes F 500 Mind

5.4.Lexus RX 400h

Toyota'nın, Ford'tan sonra hazırladığı ikinci hibrid elektrik motorlu arazi aracı olan Lexus RX 400h kompleks hibrid sistem prensipleriyle çalışan bir araçtır. Şekil 5.4'te resimleri görülen araçta toplam güçleri 272 HP olan iki elektrik motoru ve bir de benzinli motor bulunmaktadır [Autoshow, 36-2004].



Şekil 5.4 Lexus RX 400h

5.5.Fiat Doblo Hibrid

Maksimum hızı 92 km/h ve 14 sn'de 60 km hıza ivmelenme kabiliyeti olan bu prototip, TOFAŞ üretimi olan Doblo marka bir aracın tahrik sistemi elektrikli hale dönüştürülerek gerçekleştirilmiştir. Seri hibrid sistem prensibiyle çalışan bu aracın, şehir içi uygulamalarda enerji kaynağı olarak sadece araç bataryalarını kullanılabilmesi, içten yanmalı motordan kaynaklanan gürültü ve egzoz emisyonları problemini ortadan kaldırmaktadır. Bu şekilde kullanımda araç menzili 120 km'dir. Ayrıca prototipte bulunan içten yanmalı motor ve jeneratör sayesinde araç bataryaları şarj edilebilmekte; prototip, şehirler arası yollarda şarj istasyonlarına gerek

duyulmadan kullanılabilir. Bu prototip, yavaşlamalarda ve yokuş aşığın inişlerde enerjinin bir kısmını geri kazanarak enerji tasarrufu yapmaktadır. Şekil 5.5'te araç görülmektedir [Uçarol, 2003].



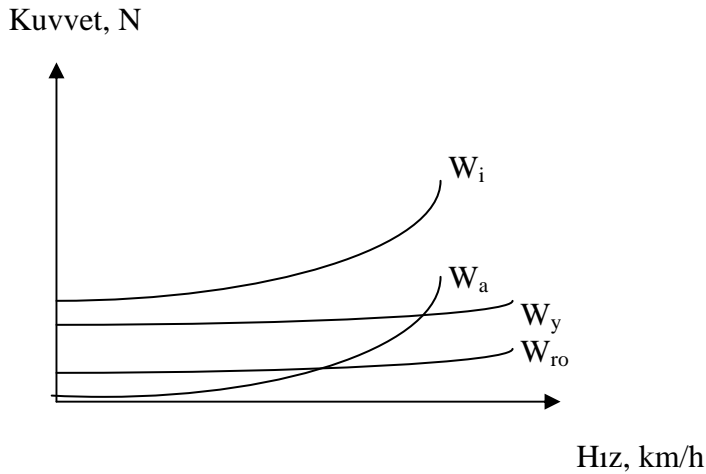
Şekil 5.5 Fiat Doblo Hibrid

6.HİBRİD ELEKTRİKLİ ARAÇ DİZAYNI VE TAŞIT MEKANİĞİ

Araç dizaynı yapılırken önce araca etki eden kuvvetler belirlenmelidir. Daha sonra istenilen performans değerleri seçilir. Bu seçilen performans değerlerine göre, araca etki eden direnç kuvvetlerini yenip, araca yeterli gücü verebilecek tahrik sistemleri belirlenmelidir. Eğer hibrid elektrikli bir araç tasarlanıyorsa, sistemin paralel mi, seri mi, karma mı yoksa kompleks mi olacağına karar verilmelidir. Seçilen sisteme göre alt sistemler belirlenmelidir.

Hareket halindeki bir taşıta etkiyen kuvvetler; taşıtı hareket ettirici kuvvetler ve bu harekete direnç gösteren kuvvetler olmak üzere, iki grupta değerlendirilebilir. Hareket ettirici kuvvetler, motor tarafından üretilerek, aktarma organları aracılığıyla tekerleklere ulaştırılan ve tekerlekle yol arasındaki etkileşime bağlı olarak ortaya çıkan kuvvetlerdir.

Harekete direnç gösteren kuvvetler ise yuvarlanma direnci(W_{ro}), aerodinamik direnç(W_a), yokuş direnci(W_y) ve ivme direncinden(W_i) meydana gelen kuvvetlerdir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Hareket dirençlerinin hıza göre değişimi [Yaşar, 2002]

Aracın hareket edebilmesi için hareket ettirici kuvvetlerin, direnç kuvvetlerinden büyük olması gerekmektedir.

6.1. Taşıta Etki Eden Hareket Dirençleri

Taşıt hareketine ters yönde etki eden kuvvetlerin, taşıt eksenini doğrultusundaki bileşenlerinin toplamına hareket dirençleri adı verilir. Taşıtın hareket edebilmesi için, taşıta etki eden hareket dirençlerinin toplamı kadar bir itme kuvvetinin, tahrik tekerlerinde oluşturulması gerekmektedir. Tahrik tekerlerinde oluşturulan itme kuvvetinin zemine iletilebilecek sınır değeri, tahrik tekerlerinin dingil yükü ile, lastikle yol arasındaki sürtünme katsayısının çarpımına eşittir. Bu değer üzerinde uygulanacak itme kuvveti, lastikle yol arasında kaymaya (patinaj) neden olacaktır. Benzer şekilde, lastikten yola iletilecek kuvvetin sınır değerinin, toplam dirençlerden küçük olması durumunda ise hareket halindeki taşıt yavaşlayacak, duran taşıt ise hareket edemeyecektir.

Taşıta etki eden hareket dirençleri sırasıyla; yuvarlanma direnci, yokuş direnci, aerodinamik direnç ve ivme direncidir [Çetinkaya, 1999].

6.1.1. Yuvarlanma Direnci

Yuvarlanma direnç kuvveti taşıt tekerleğinin, yuvarlanma sırasında yol ve lastiklerdeki şekil değiştirmelerinden kaynaklanır.

Lastik sert zemin üzerinde yuvarlanmaya başladığı zaman, lastiğin karkas yapısı yer ile temas ettiği alanda şekil değiştirir. Bu şekil değiştirmenin sonucu lastiğin hareket yönündeki normal basınç, diğer taraftaki basınçtan yüksek olur. Yani normal basınç merkezi lastik ekseninden hareket yönüne doğru bir miktar kayar. Bu kayma lastik eksenine göre bir moment oluşturur ve bu momente yuvarlanma direnç momenti adı verilir. Serbest yuvarlanan bir lastikte tekerlek torku sıfıra eşittir ve tekerleğin denge şartının sağlanması için yer ile temas ettiği noktadan bir kuvvet etki etmek zorundadır. İşte bu yatay kuvvete yuvarlanma direnç kuvveti denir (6.1). Bu kuvvetin normal yüke oranına da yuvarlanma direnç katsayısı(f_{ro}) adı verilir.

$$W_r = G * f_{ro} \quad (6.1)$$

W_r : Yuvarlanma Direnci (N)

G : Taşıtın Ağırlığı (N)

f_{ro} : Yuvarlanma Direnci Katsayısı

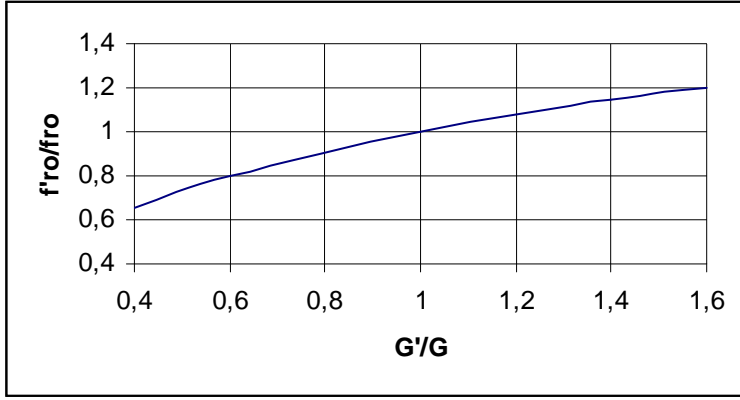
Yuvarlanma direnci katsayıları, birçok faktörün etkisi altındadır. Taşıt hızı, yolun durumu, aracın yükü, lastik yapısı, şişirme basıncı, kesit oranı, lastik karışımı, dış malzemesi bu faktörlerden bazılarıdır.

Sert ve düzgün yüzeylerdeki yuvarlanma direnci bozuk yol şartlarına göre oldukça düşüktür (Tablo 6.1). Yumuşak yüzeylerde yuvarlanma direncinin artmasının sebebi, lastik temas alanındaki normal basıncın daha da öne kaymasıdır. Yani lastik zemine batma miktarına göre küçük bir basamağı geçiyormuş gibi davranır. Bundan dolayı yumuşak zeminlerde çalışacak taşıtların lastiklerinin zemine batma miktarı, yani normal basınç şiddeti, azaltılmalıdır. Bunu sağlayabilmek için daha geniş lastikler kullanılabileceği gibi daha sonra da bahsedileceği gibi lastiğin şişirme basıncı azaltılarak temas alanı arttırılabilir. Lastiğin ıslak veya karlı yollardaki davranışı da yumuşak zemindekine benzemektedir, yani bu şartlar altında da yuvarlanma direnci artmaktadır.

Tablo 6.1 Değişik yol durumları için yuvarlanma direnci katsayıları [Çetinkaya, 1999]

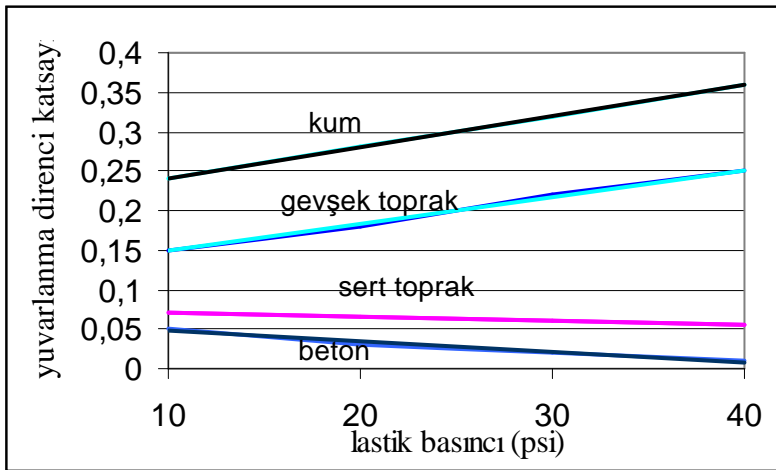
Yolun Durumu	f_{ro}
Düzgün asfalt, beton	0,0015
Küçük taş döşenmiş	0,0015
İri taş döşenmiş	0,0015
Şose	0,02
Çamurlu yol	0,05
Gevşek toprak, kum	0,1...0,35

Yuvarlanma direncini etkileyen önemli faktörlerden birisi de, malzemedeki histersiz kayıplarına bağlı olarak, deformasyona uğrayan malzeme miktarıdır (Şekil 6.2). Yükteki bir artış veya lastik iç basıncındaki bir azalma lastiğin şekil değişimini arttırarak, yuvarlanma direncinin artmasına neden olmaktadır [Çetinkaya, 1999].



Şekil 6.2 Yükleme direnci katsayısına etkisi [Çetinkaya, 1999]

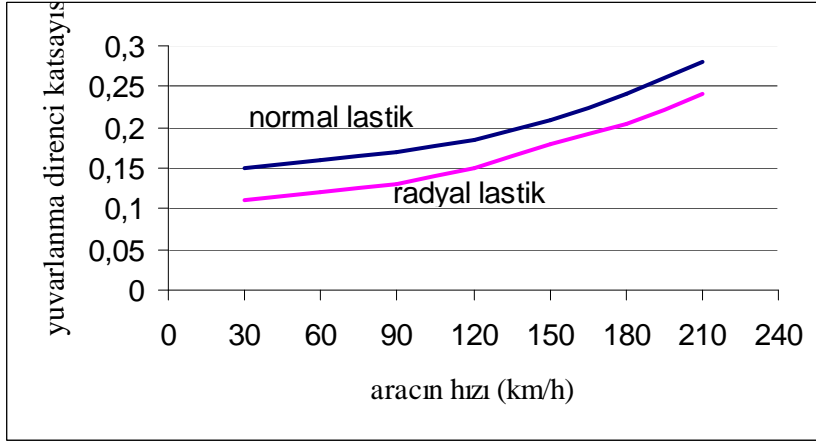
Lastik şişirme basıncı direkt olarak lastiğin esnekliği ile ilgilidir. Yolun yumuşaklığına göre şişirme basıncının yuvarlanma direncine olan etkisi farklı farklıdır (Şekil 6.3). Sert zeminlerde şişirme basıncının yüksek olması yuvarlanma direncini düşürür. Bunun sebebi yüksek basınçta lastiğin şekil değiştirmesinin azalması yani yapısal histerislerinin azalmasıdır. Kum gibi yumuşak zeminlerde lastik şişirme basıncının artırılması zemine batma miktarını arttıracığı için yuvarlanma direncini artırır. Buna karşın lastik şişirme basıncının azaltılması yapısal histerisleri arttıracığı için yumuşak zeminlerde lastik şişirme basıncının optimum bir değeri vardır ve bu değer batmaya karşı yapılan iş ile içi yapısal histerislerden dolayı kaybolan işlerin toplamının en az olduğu noktadır.



Şekil 6.3 Lastik basıncının çeşitli yol durumlarında yuvarlanma direnci katsayısına etkisi [Çetinkaya, 1999]

Yuvarlanma direnci, hız tarafından şiddetle etkilenmektedir (Şekil 6.4). Etki normal lastiklerde, radyal lastiklere oranla daha fazladır. Aynı zamanda, yeni

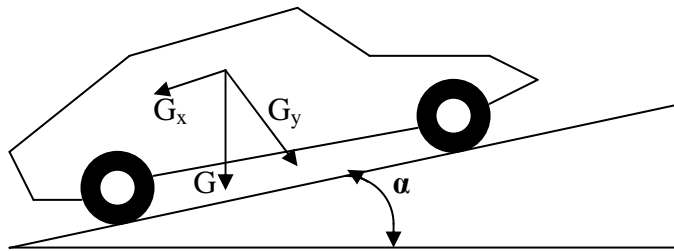
lastiklerde, eski lastiklere oranla daha yüksektir. Özellikle yüksek hızlardaki lastik deformasyonu, temas yüzeyinin de dışına yayılmakta ve bu kısımlarda sürekli titreşimler oluşmaktadır. Bu titreşimler, enerji kaybını arttırmakta, önemli derecede ısınmaya ve lastik hasarına neden olmaktadır. Bu durum, maksimum güvenli hızın sınırınıdır [Çetinkaya, 1999].



Şekil 6.4 Aracın hızının yuvarlanma direnci katsayısına etkisi [Çetinkaya, 1999]

6.1.2. Yokuş Direnci

Yokuş direnci, taşıtın eğimli yolda hareketi sırasında taşıtın ağırlığının yola paralel bileşeninden kaynaklanır. Eğer hareket yokuş yukarı ise bu bileşen aracın hareketine direnç gösterir. İşte bu dirence yokuş direnci denilmektedir (6.2). Şekil 6.5'te yokuş direnci gösterilmiştir..



Şekil 6.5 Yokuş direnci [Çetinkaya, 1999]

Yokuş direnci aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir.

$$W_s = \pm G * \sin(\alpha) \quad (6.2)$$

W_s : Yokuş Direnci (N)

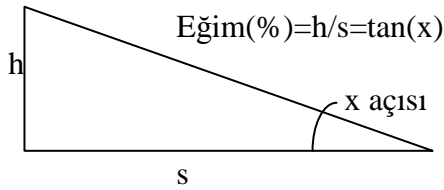
G : Taşıtın Ağırlığı (N)

α : Yokuş açısı

Burada pozitif (+) değerler yokuş tırmanışı, negatif (-) değerler de inişi ifade etmektedir.

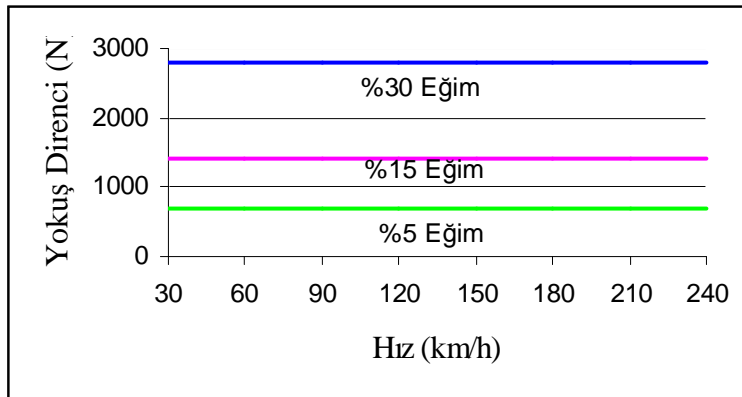
Bir taşıtın, herhangi bir sabit hızda (ivmesiz olarak) tırmanabileceği maksimum yokuş; o taşıtın tırmanma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Tırmanabileceği maksimum eğim ise, maksimum tırmanma yeteneğini belirlemektedir. Bu yetenek, özellikle ağır vasıtalar ve karayolu dışı taşıtlar için önem kazanmaktadır. Yolun eğimi, genellikle eğim açısı (α) veya bu açının tanjantı ($\tan \alpha = s/b$) ile tanımlanmaktadır.

Pratikte yokuşun eğimi, açı yerine genellikle yüzde olarak ortalama eğim verilir (Şekil 6.6). Hareket direnci için yapılan çözümler, bu eğimi açıya çevirerek çözüldüğünde yapılan hata %5 civarındadır.

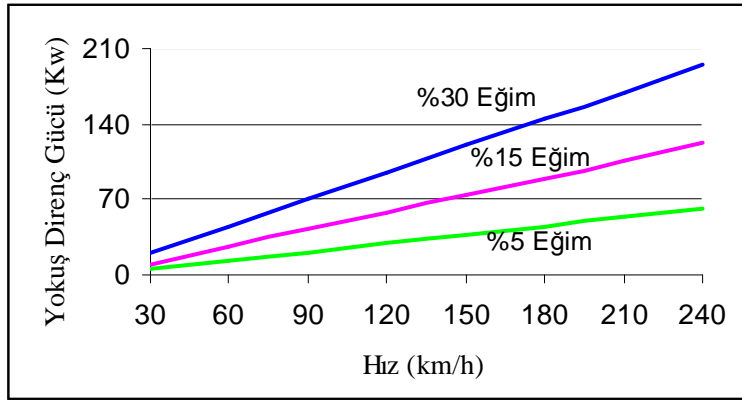


Şekil 6.6 Eğimin hesabı [Yaşar, 2002]

Yolun sabit bir eğimde olduğu kabul edilerek bir taşıta ait yokuş direnç kuvveti ve yokuş direnç gücü grafikleri çizildiğinde aşağıdaki grafikler elde edilir. (Şekil 6.7, Şekil 6.8)



Şekil 6.7 Yokuş direnç kuvveti grafiği [Yaşar, 2002]



Şekil 6.8 Yokuş direnç gücü grafiği [Yaşar, 2002]

Eğim yolun durumuna göre sürekli değişmektedir (Tablo 6.2). Fakat aracın yol yükü hesaplanacağı zaman belli bir yolda eğim sabit bir değer alınır. Bu değerlerin maksimumları aracın kullanılacağı şartlara göre belirlenir [Çetinkaya, 1999].

Tablo 6.2 Bazı yol şartları için maksimum eğimler [Yaşar, 2002]

	Eğim (%)	Sin(α)	α
Otoyol	6	0,06	3,5
Normal dağ yolu	12	0,119	7
Dik dağ yolu	32	0,305	18
Yol dışı	60	0,514	31

6.1.3. Aerodinamik Direnç

Taşıtın hareketi sırasında, hava hareketine bağlı olarak gelişen aerodinamik kuvvetler, taşıtın performansını etkilemektedir. Hava akışı, taşıtın hızına ve ortamın rüzgar hızına bağlıdır. Taşıtın hızı, sayısal değer ve yön bakımından sürekli olarak değişmektedir. Rüzgarın hızı ise, bölgesel topografyaya ve atmosferik koşullara bağlı olarak değişmektedir. Tüm taşıt yüzeyine dağılmış basınçların bileşkesi olan aerodinamik kuvvet, aracın yönlendirilmesini olumlu veya olumsuz etkileyen koşullar yaratmaktadır. Aerodinamik kuvvetin, taşıtın ileriye doğru hareketine olan bileşenine, aerodinamik direnç denilmektedir.

Sabit hızlı bir akışkan, bir gövde etrafından aktığında, iki bileşenden oluşan bir direnç kuvveti oluşur. Bu bileşenler; yüzeyin yapışkanlık etkisine bağlı yüzey sürtünme direnci ve gövdeye etki eden ana akış basınç dağılımının sonucu olarak meydana gelen basınç direncidir. Akış doğrultusunda basıncın arttığı kısımlarda veya yüzeyin doğrultusunda keskin değişimler olduğunda, akış hatlarında ayrılma

meydana gelir. Yüzeyden uzaktaki hız gradientleri sıfır olduğunda ters akış oluşur. Ayrılma, basıncın artmasını önler ve bu da basınç direncine ters bir etki yapar. Yüzeye en yakın olan ters akış, sadece yüzey direncini çok az miktarda olmak üzere azaltır. Ayrılan akışın tekrar yüzeye yapışması, devamındaki yüzey geometrisine bağlıdır. Ters akış, geniş ve düzensiz girdaplar oluşturarak, ana akıştan enerji kaybına sebep olmaktadır. Ayrılmanın olmadığı gövdenin aerodinamik direnç katsayısı 0,05 kadardır ve bunun hemen hemen tamamı yüzey direncidir. Gerçekçi biçimde tasarlanan en ideal taşıt gövdesinde bile ayrılma olmaktadır ve en düşük aerodinamik direnç katsayısı 0,15 kadardır.

Bir taşıt üzerindeki hava akışının karmaşık olması sebebiyle deneysel modellerin geliştirilmesi ihtiyaç halini almış ve aerodinamik kuvvet aşağıdaki ampirik ifade ile belirlenmiştir (6.3).

$$W_a = 0,5 * \rho * C_w * A * (V \pm V_0)^2 \quad (6.3)$$

W_a : Aerodinamik direnç kuvveti (N)

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

C_w : Aerodinamik katsayı

A : Harekete dik izdüşüm alanı (m^2)

V : Taşıtın hızı (m/s)

V_0 : Hareket doğrultusundaki rüzgar hızı (m/s) (harekete karşı ise pozitif)

Aerodinamik direnci etkileyen ve belirli oranda taşıtın imalatçısı tarafından kontrol edilen faktörler, aerodinamik direnç katsayısı ve taşıtın ön izdüşüm alanıdır. Aerodinamik direnç katsayısı, tam veya küçültülmüş ölçekli taşıt modelleriyle, rüzgar tünellerinde veya yol deneyi yavaşlama metodu ile belirlenmektedir (Tablo 6.3).

Tablo 6.3 Taşıt tiplerine göre C_w katsayısının değişimi [Çetinkaya, 1999]

Taşıt	C_w katsayısı
Yarış otosu	0,15-0,25
Normal otomobil	0,25-0,4
Pikap	0,5-0,6
Otobüs	0,6-0,7
Kamyon, treyler	0,8-1,5
Motosiklet	0,6-0,7

Tasarım değişiklikleri de aracın aerodinamik direnç katsayısını değiştirmektedir (Tablo 6.4).

Tablo 6.4 Tasarım değişikliklerine göre C_w katsayısının değişimi [Çetinkaya, 1999]

Etki	C_w (%)
Taşıtın yüksekliğini 30 mm azaltmak	-5
Geniş lastikler	+3
Gövde altı paneller	-4
Açık pencereler	+5
Üste monte edilmiş sörf çerçevesi	+40

6.1.4. İvme direnci

Newton'un II. Hareket yasasına göre; bir taşıtın hızlanması veya yavaşlaması sırasında , bu hareketlere ters yönde atalet kuvvetleri oluşmaktadır. Newton'a göre bu kuvvet aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır (6.4).

$$F = m * a \text{ (N)} \quad (6.4)$$

Taşıtın hareketi sırasında karşılaşılan bu kuvvet, ivme ile ters yönlü olduğundan, ivme direnci (W_i) olarak tanımlanacaktır. İvme direnci doğrusal hareket halindeki kütlelerin atalet kuvvetleri ile; dönme hareketi yapan tekerlekler, aktarma organları ve motorun dönел atalet kuvvetlerinden oluşmaktadır. Taşıt hızındaki bir değişim, dönen bu elemanların hızlarının değişmesi ile sağlanmaktadır [Çetinkaya, 1999].

7.FIAT DOBLO MARKA ARACIN KARMA HİBRİD SİSTEME DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

İlk kez 2000 yılında Paris Otomobil Fuarı'nda tanıtılan ve tüm dünya pazarları için sadece Türkiye'de üretilen Doblo iki farklı karoser ve dört çeşit motor seçenekleriyle satılmaktadır. Karoserlerden biri Şekil 7.1 de görülen kapalı van olup diğer ise Şekil 7.2 de görülen camlı vandır.



Şekil 7.1 Fiat Doblo Kapalı Van



Şekil 7.2 Fiat Doblo Camlı Van

Araçta 1.2 litre 65 HP ve 1.6 litre 103 HP olmak üzere iki benzinli, 1.3 litre 70 HP, 1.9 litre 63 HP ve 1.9 litre 105 HP olmak üzere üç de dizel motor seçeneği bulunmaktadır. Dizel motorların 1.3 litre 70 HP ve 1.9 litre 105 HP olanları turbo desteklidirler. Küçük hacimli motorlar düşük yakıt tüketimleri sayesinde büyük hacimlilere göre avantaj sağlamaktadırlar. Fakat güçlerinin de düşük olması sebebiyle araca yeterli performansı sağlamakta zorlanmaktadırlar. 1.9 litre 63 HP' lik motor haricindeki diğer motorlara sahip olan araçların teknik verileri Tablo 7.1' de verilmiştir.

Tablo 7.1 Fiat Doblo'nun teknik özellikleri [Tofaş Otomobil Fabrikası]

	1.2 lt 65 HP	1.6 lt 100 HP	1.3 lt 70 HP	1.9 lt 105 HP
--	--------------	---------------	--------------	---------------

Motor	4 silindirli , 8 supaplı benzinli	4 silindirli , 16 supaplı benzinli	4 silindirli , 16 supaplı dizel	4 silindirli , 16 supaplı dizel
Motor hacmi	1242 cc	1596 cc	1248 cc	1910 cc
Çap/Strok	70.8/78.96 mm	80.5/78.4 mm	69.6/82 mm	82/90.4 mm
Sıkıştırma oranı	9.8	10.5	18	18.5
Max güç	65 HP 5500d/d	103 HP 5750d/d	70 HP 4000d/d	105 HP 4000d/d
Max tork	102 Nm 3500d/d	145 Nm 4000d/d	180 Nm 1750d/d	205 HP 1750d/d
1. vites oranı	4.27	3.90	4.27	4.27
2. vites oranı	2.24	2.15	2.24	2.24
3. vites oranı	1.52	1.48	1.44	1.44
4. vites oranı	1.16	1.12	1.03	1.03
5. vites oranı	0.95	0.89	0.77	0.77
Gerivites oranı	3.91	3.81	3.91	3.91
Son dişli oranı	4.4	3.867	4.4	3.93
Ağırlık	1190	1245	1280	1310
Lastik ebadı	175/70/R14	175/70/R14	175/70/R14	175/70/R14

Bu dört çeşit motora sahip araçlar, değişik ağırlıklara ve güçlere sahip oldukları için farklı performans ve tüketim değerleri ortaya çıkmaktadır. Bu değerler Tablo 7.2 'de ve Tablo 7.3 ' de gösterilmiştir.

Tablo 7.2 Fiat Doblo'nun performans değerleri [Autoshow, 30-2004]

	1.2 lt 65 HP	1.6 lt 100 HP	1.3 lt 70 HP	1.9 lt 105 HP
0/100 km/h	18.9 sn	12.1 sn	16 sn	12.4 sn
Azami hız	142 km/h	168 km/h	145 km/h	168 km/h

Tablo 7.3 Fiat Doblo'nun tüketim değerleri [Autoshow, 30-2004]

	1.2 lt 65 HP	1.6 lt 100 HP	1.3 lt 70 HP	1.9 lt 105 HP
Şehir içi	9.6 lt/100km	10.6 lt/100km	6.3 lt/100km	7.5 lt/100km
Şehir dışı	6.3 lt/100km	7.3 lt/100km	4.8 lt/100km	4.8 lt/100km
Ortalama	7.5 lt/100km	8.5 lt/100km	5.4 lt/100km	5.8 lt/100km
CO ₂	178 gr/km	198 gr/km	141 gr/km	153 gr/km

Bu değerler göz önüne alınıp bir inceleme yapıldığında, hiçbir modelin her konuda avantajlı olmadığı görülmektedir. Küçük hacimli motorlar ağırlıklarının ve tüketimlerinin düşük olmasıyla, büyük hacimli motorlar ise yüksek performans değerleriyle avantaj sağlamaktadırlar. Benzinli motorlar, dizel motorlara göre daha hafif olmaları, üretim maliyetlerinin düşük olması, performanslarının daha yüksek olması gibi avantajlara sahiptirler. Dizel motorlar ise düşük yakıt tüketimleri ve CO₂ emisyonlarıyla öne çıkmaktadırlar.

Paralel ve karma hibrid araçlarda içten yanmalı motora ek olarak bir elektrik motoru da görev yapmaktadır. Elektrik motoru, aracın içten yanmalı motorunun yetersiz olduğu durumlarda devreye girip daha büyük hacimli bir içten yanmalı motordan elde edilebilecek gücün üretilmesini sağlamaktadır. Bu sayede küçük hacimli motorların dezavantajları giderilebilmektedir.

Eğer Fiat Doblo aracın karma hibrid sistemle çalışması sağlanırsa; küçük hacimli motorlardan, büyük hacimliler kadar güç elde edilebilecektir. 1.2 litre hacimli motora sahip model bir elektrik motoru sayesinde 1.6 litre hacimli versiyonla yaklaşık aynı performans değerlerini sağlayabilecektir. Ayrıca 1.3 litre hacimli türbo dizel motorlu versiyonda 1.9 litre hacimli motorlu aracın performans değerlerine ulaşabilecektir.

Fiat Doblo'nun 1.2 litre 65 HP' lik motoru aslında şu an Fiat Palio ve Fiat Albea modellerinde de kullanılan bir motorun biraz değiştirilmiş versiyonudur. Bu motor 1.2 litre hacminde sekiz supaplı olmakla beraber 60 HP güç üretmektedir. Ayrıca yine bu motorun 80 HP güç üreten on altı supaplı bir versiyonu da bulunmaktadır.

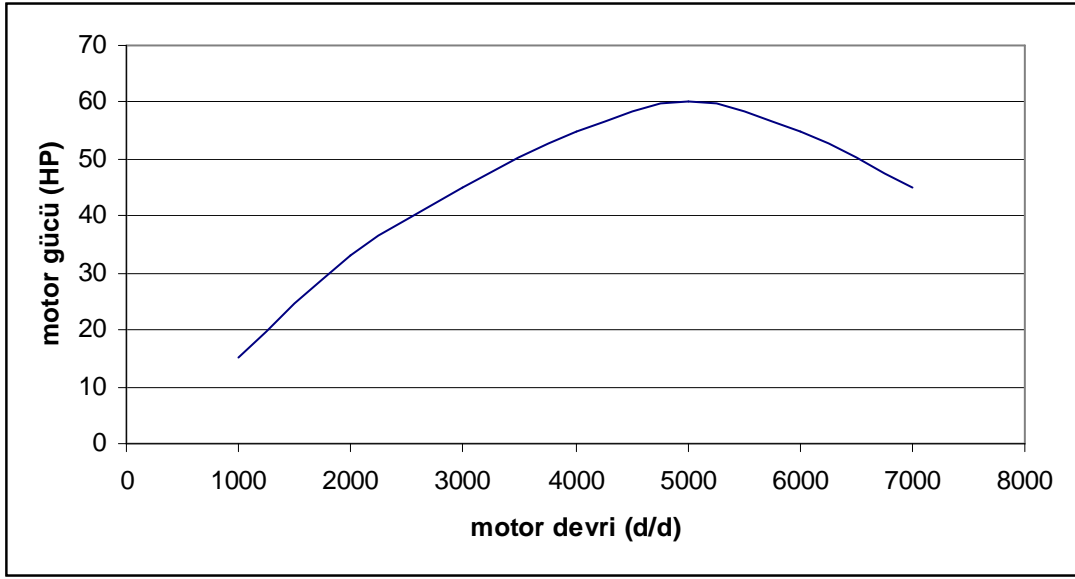
Fiat Doblo'nun karma hibrid sisteme dönüştürülmesinde, üç tane ayrı tasarım yapılmıştır. Bu araçlarda elektrik motorları ve batarya grupları aynı olup farklar kullanılan içten yanmalı motorlardan kaynaklanmaktadır. İçten yanmalı motorlar olarak 1.2 litre 60 HP'lik, 1.2 litre 80 HP'lik ve 1.3 litre türbo dizel 70 HP'lik motorlar seçilmiştir. Toplam güç olarak yaklaşık 100 HP ve üzeri hedef seçilmiştir. Bu amaçla en düşük içten yanmalı motor olan 1.2 litre 60 HP'lik motorla beraber çalışacak elektrik motorunun yaklaşık 40 HP güç üretmesi gerekmektedir.

7.1.Fiat Doblo Karma Hibrid Elektrikli Aracın Alt Sistemlerinin Belirlenmesi

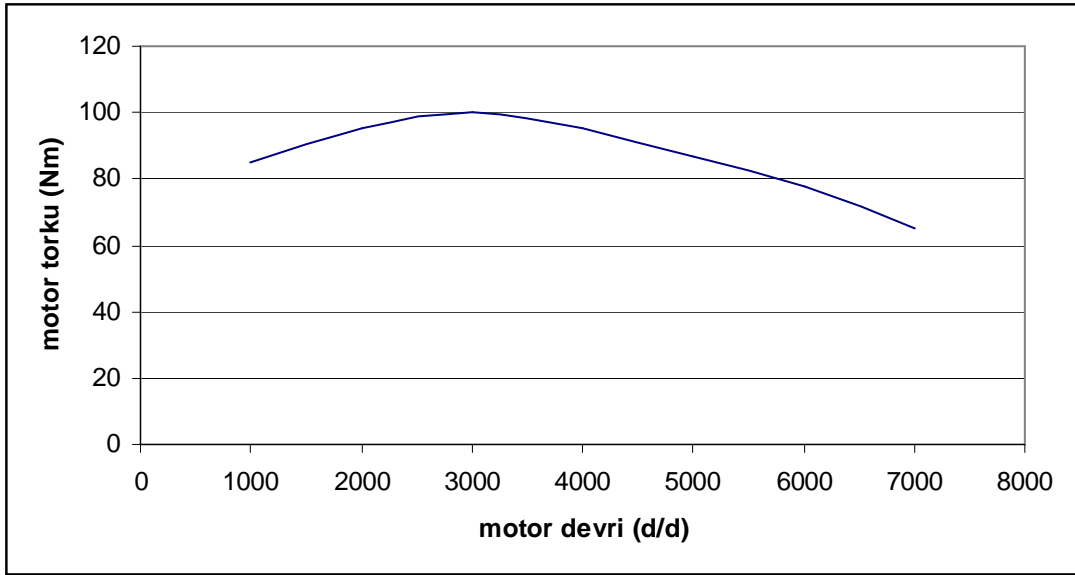
7.1.1.İçten Yanmalı Motorlar

İkisi benzinli ve biri türbo dizel olmak üzere üç ayrı içten yanmalı motorlu araç karma hibrid sisteme dönüştürülmüştür. Bunlardan ilki olan 1.2 litre hacimli 8

supaplı motor 5000d/d'da 60 HP güç ve 2500 d/d'da 102 Nm tork üretmektedir. Bu motorun güç eğrileri Şekil 7.3'te; tork eğrileri ise Şekil 7.4'te verilmiştir.

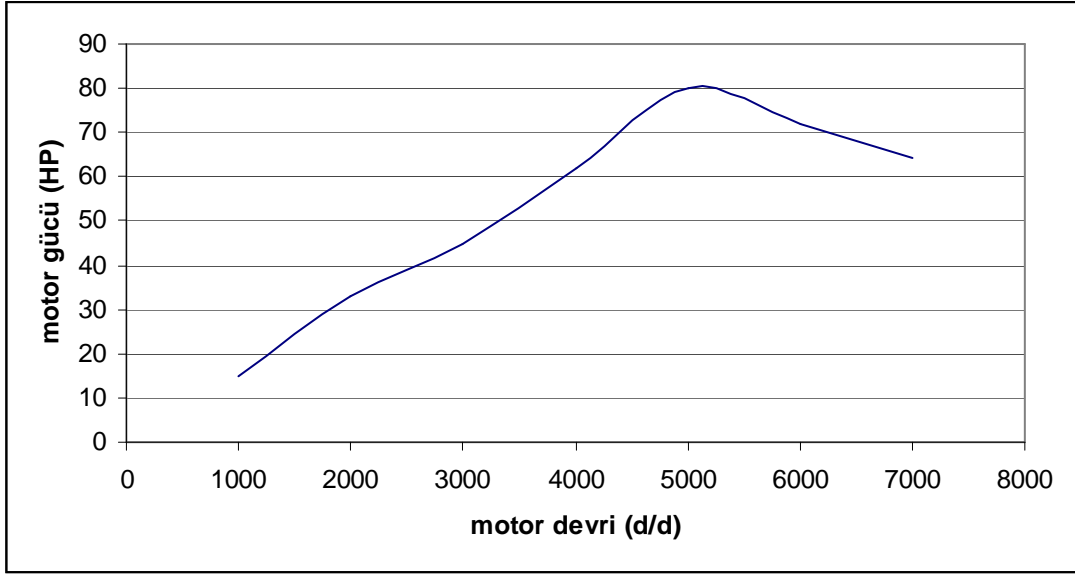


Şekil 7.3 1.2 litre 60 HP'lik motorun güç eğrisi [Tofaş Otomobil Fabrikası]

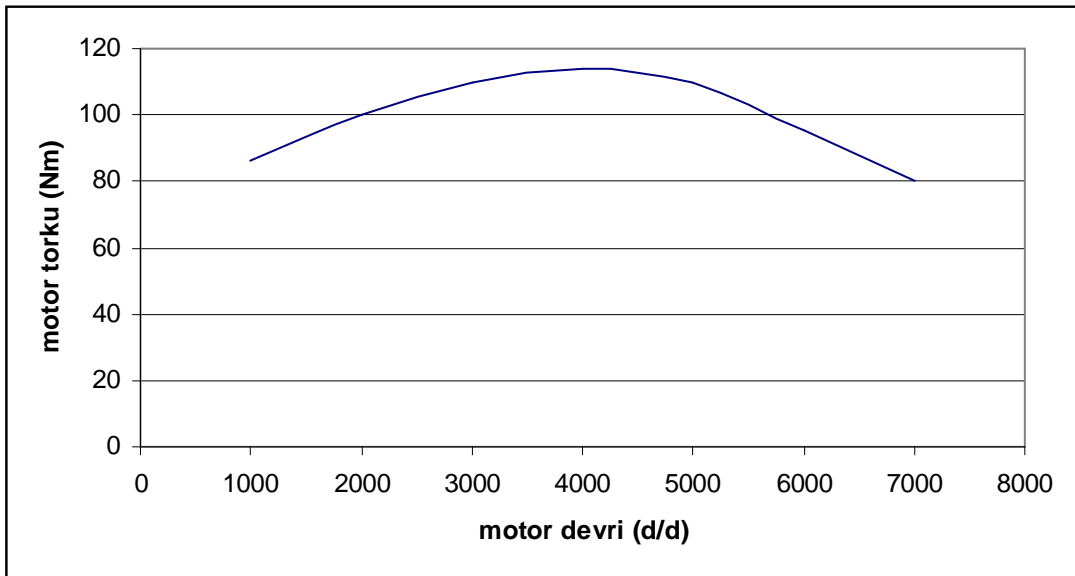


Şekil 7.4 1.2 litre 60 HP'lik motorun tork eğrisi [Tofaş Otomobil Fabrikası]

Başka bir seçenek olan 1.2 litre hacimli 16 supaplı motor 5000d/d'da 80 HP güç ve 4000 d/d'da 114 Nm tork üretmektedir. Bu motorun güç eğrileri Şekil 7.5'te tork eğrileri ise Şekil 7.6'da verilmiştir.

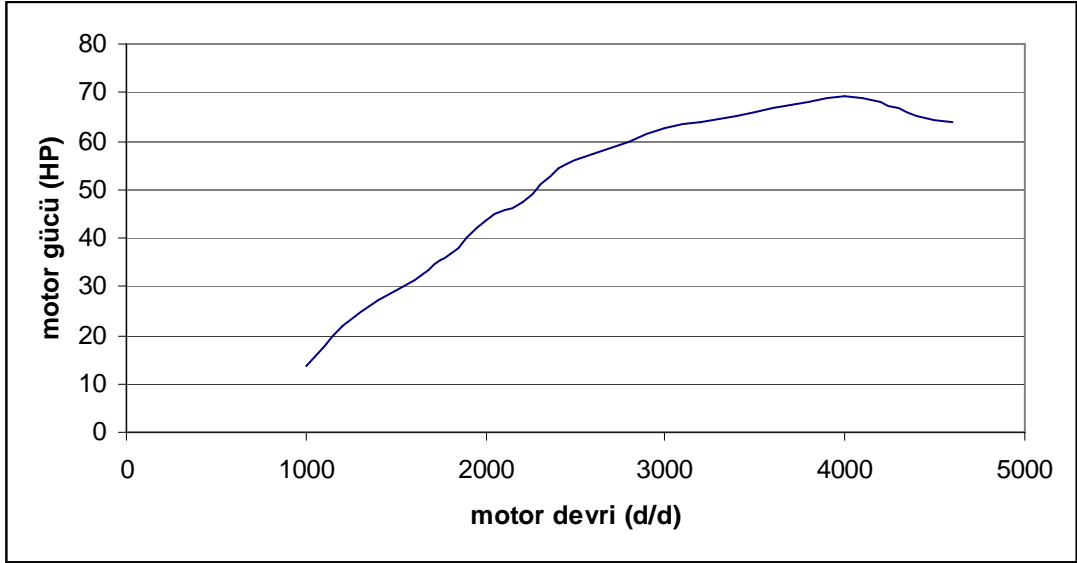


Şekil 7.5 1.2 litre 80 HP'lik motorun güç eğrisi [Tofaş Otomobil Fabrikası]

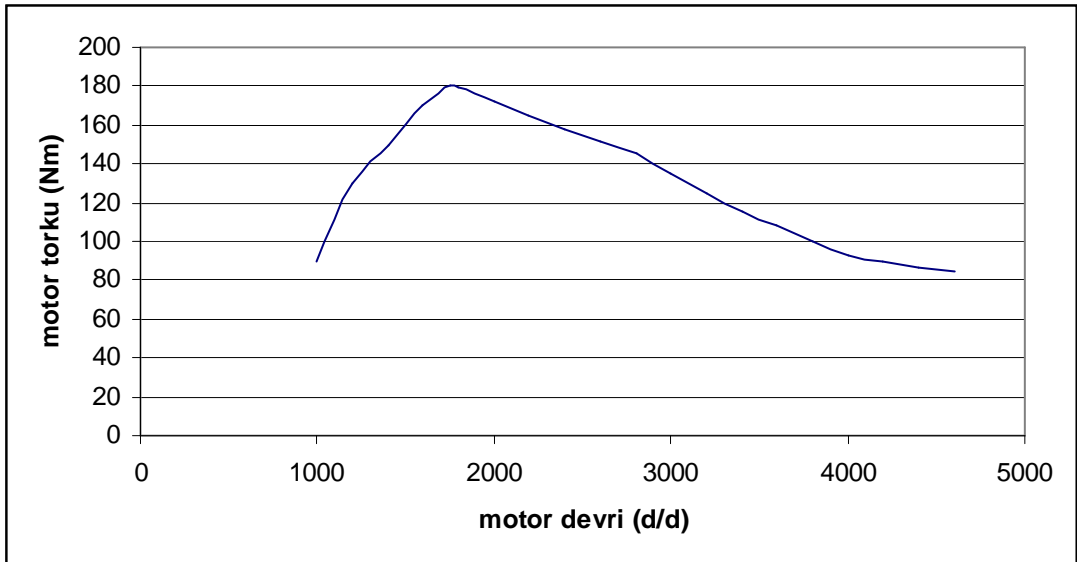


Şekil 7.6 1.2 litre 80 HP'lik motorun tork eğrisi [Tofaş Otomobil Fabrikası]

Türbo dizel olan 1.3 litre hacimli 16 supaplı motor 4000d/d'da 70 HP güç ve 2000 d/d'da 180 Nm tork üretmektedir. Bu motorun güç eğrileri Şekil 7.7'de; tork eğrileri ise Şekil 7.8'de verilmiştir.



Şekil 7.7 1.3 litre 70 HP'lik motorun güç eğrisi [Tofaş Otomobil Fabrikası]



Şekil 7.8 1.3 litre 70 HP'lik motorun güç eğrisi [Tofaş Otomobil Fabrikası]

7.1.2. Elektrik Motorları

Araçta, biri tahrikte diğeri ise jeneratör olarak görev yapmak üzere iki adet elektrik motoru kullanılmaktadır. Motorlardan tahrik amaçlı kullanılanı 50 Kw anlık güç üretmektedir. Bu gücü kısa bir süre üretebildiği için, hesaplarda sürekli üretebildiği güç olan 30 Kw değeri esas alınmıştır. İçten yanmalı motora bağlanarak buradan aldığı güçle elektrik üreten diğeri motor ise anlık 30 Kw, sürekli ise 18 Kw güç üretebilmektedir. Unique Mobility marka olan bu motorlar, fırçasız sürekli mıknatıslı motorlar olup doğru akımla çalışmaktadırlar. Bu motorların teknik özellikleri Tablo 7.4'de; çeviricilerinin teknik özellikleri ise Tablo 7.5'de verilmiştir.

Tablo 7.4 Elektrik motorlarının teknik özellikleri [Unique Mobility]

Elektrik motoru	Tahrik amaçlı	Jeneratör amaçlı
Anlık güç	67 HP	40 HP
Anlık tork	240 Nm	140 Nm
Sürekli güç	41 HP	24 HP
Sürekli tork	140 Nm	80 Nm
Maksimum devir	8000 d/d	8000 d/d
Ağırlık	40 kg	29 kg

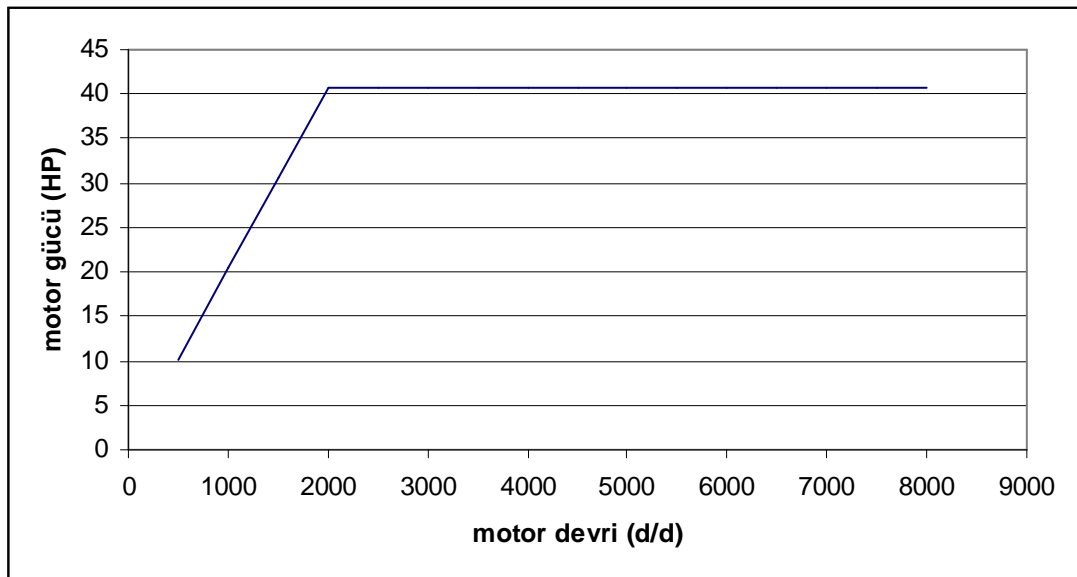
Tablo 7.5 Elektrik motorlarının çeviricilerinin teknik özellikleri [Unique Mobility]

Çevirici	Tahrik amaçlı	Jeneratör amaçlı
Çalışma voltajı	250 V - 400 V	250 V - 400 V
Minimum voltaj	180 V	180 V
Giriş akım limiti	400 A	400 A
Ağırlık	15.9 kg	15.9 kg

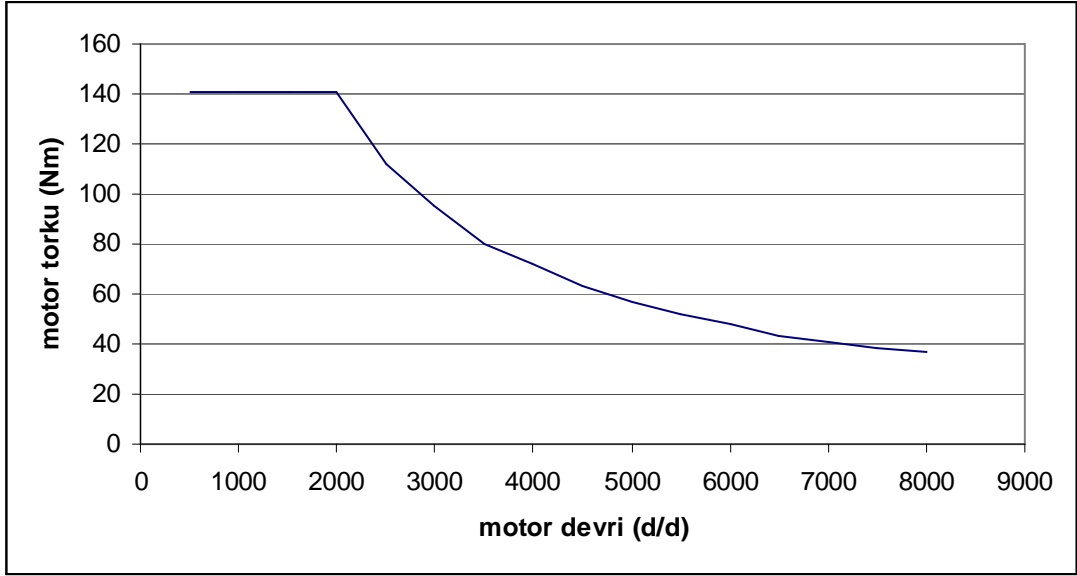
Tahrik amaçlı kullanılan elektrik motorunun resmi Şekil 7.9’da, güç eğrileri Şekil 7.10’da, tork eğrileri ise Şekil 7.11’de verilmiştir.



Şekil 7.9 Tahrik amaçlı elektrik motorunun resmi



Şekil 7.10 Tahrik amaçlı elektrik motorunun güç eğrisi [Unique Mobility]

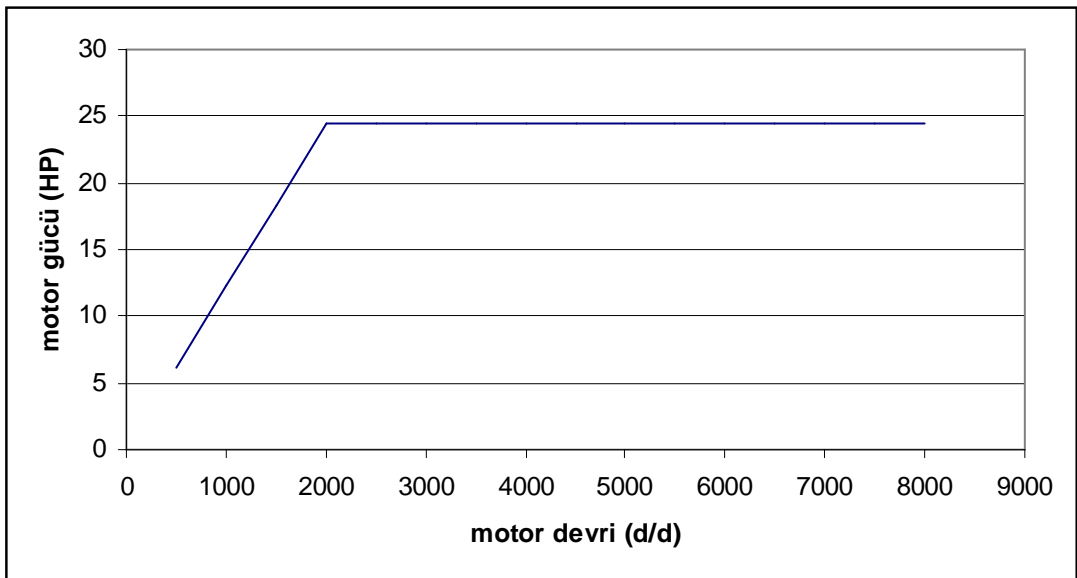


Şekil 7.11 Tahirik amaçlı elektrik motorunun tork eğrisi [Unique Mobility]

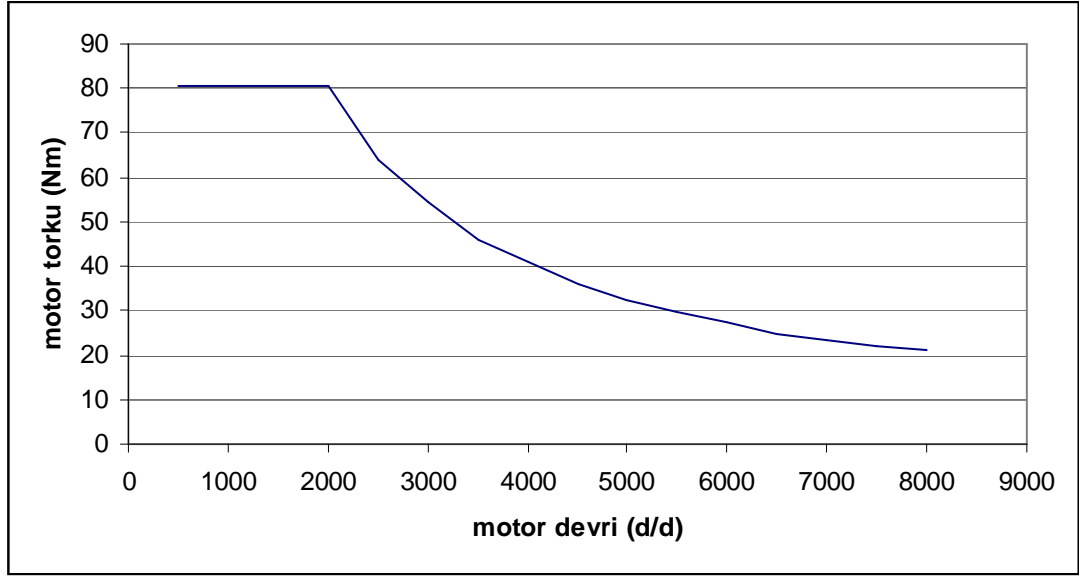
Jeneratör olarak kullanılan elektrik motorunun resmi Şekil 7.12'de, güç eğrileri Şekil 7.13'te, tork eğrileri ise Şekil 7.14'te verilmiştir.



Şekil 7.12 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun resmi



Şekil 7.13 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun güç eğrisi [Unique Mobility]



Şekil 7.14 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun tork eğrisi [Unique Mobility]

7.1.3. Bataryalar

Araçta kullanılmak üzere yüksek güç ve enerji yoğunluğuna sahip olan lityum-iyon bataryalar tercih edilmiştir. Saft-Batteries marka olan bu batarya Şekil 7.15'te görülmektedir.



Şekil 7.15 Saft-Batteries marka bataryanın resmi

Elektrik motorunun çeviricisi 250 V ile 450 V değerleri arasında çalışmaktadır. Burada sistemin bara gerilimi, çeviricinin çalışma gerilim değerleri arasında olmaktadır. Yani bara gerilimi 450 V'un yukarısında ve 250 V'un aşağısında olmamalıdır. Sistemin bara gerilimi toplam batarya sayısını belirlemektedir. Fiat Doblo için seçilen lityum-iyon bataryalar 2.7 V ile 4.0 V değerleri arasında çalışmaktadır. Bu yüzden bataryanın minimum çalışma değeriyle, batarya sayısının çarpımının; çeviricinin minimum çalışma değeri olan 250 V'u karşılaması gerekmektedir. 100 adet bataryanın kullanılması ile minimum 270 V luk çalışma

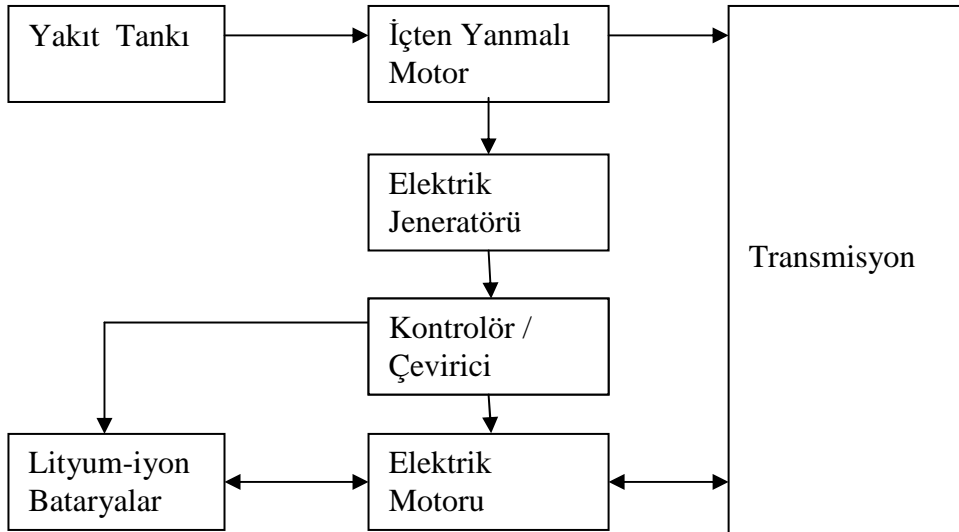
değeri elde edilmiştir. Lityum-iyon bataryanın teknik özellikleri Tablo 7.6'de verilmiştir.

Tablo 7.6 Saft-Batteries marka bataryanın teknik özellikleri [Saft-Batteries]

Batarya	Lityum-iyon
Nominal voltajı	3.6 V
Enerji yoğunluğu	310 Wh/lt
Güç yoğunluğu	880 W/lt
Sürekli akım	100 A
Hacim	0.51 lt
Ağırlık	1.07 kg

Bir batarya 158 Wh güç üretmektedir. Bu değer 100 adet bataryanın kullanılmasıyla 15.8 Kwh olmaktadır bu da araca sessiz kullanım için yeterli menzili sağlamaktadır.

7.2.Fiat Doblo Karma Hibrid Elektrikli Araç Sistemlerinin Bağlantı Şeması



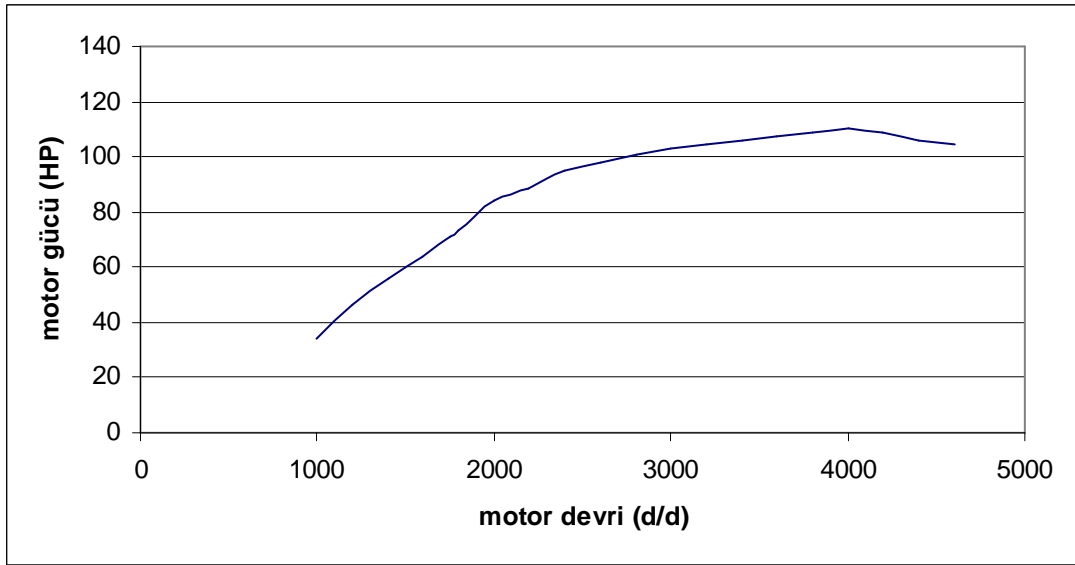
Şekil 7.16 Fiat Doblo karma hibrid elektrikli araç sistemlerinin bağlantı şeması

7.3.Fiat Doblo Karma Hibrid Elektrikli Araçların Güç ve Tork Eğrileri

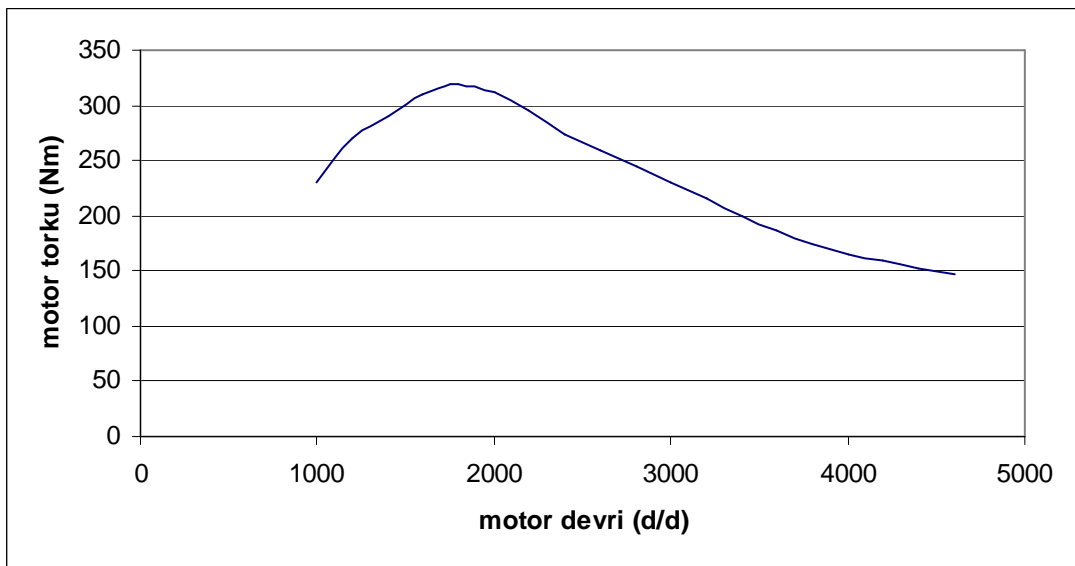
Karma hibrid sistemde gerekli durumlarda hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru birlikte görev yapabilmektedirler. Bu motorların güç ve tork eğrilerinin birleştirilmesiyle hibrid sistemin güç ve tork eğrileri elde edilmektedir. Araçta kullanılan elektrik motoru maksimum 8000 d/d'ya çıkabilmektedir. İçten

yanmalı motorlarda ise bu değer daha düşüktür. Dizel motorlar 5000 d/d, benzinli motorlar ise 7000 d/d yapabilmektedir. İçten yanmalı motor ile elektrik motoru birbirlerine paralel şekilde bağlandıkları için maksimum devir, içten yanmalı motorun maksimum devriyle sınırlanmaktadır.

Fiat Doblo için tasarlanan karma hibrid sistemlerin ilkinde, içten yanmalı 1.3 litre 16 supaplı 70 HP güç üreten dizel motorla, 30 Kw sürekli güç üreten elektrikli motor bir arada kullanılmıştır. Şekil 7.17’de bu sistemin güç eğrileri, Şekil 7.18’de ise tork eğrileri verilmiştir. Bu sistem Fiat Doblo Hibrid1 olarak adlandırılmıştır.

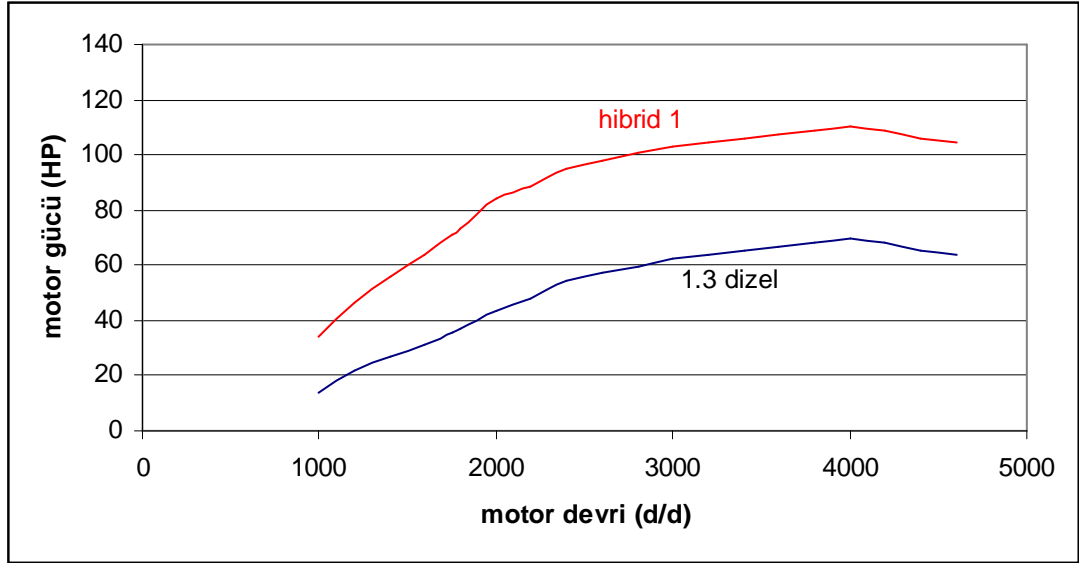


Şekil 7.17 Fiat Doblo Hibrid1'in güç eğrileri

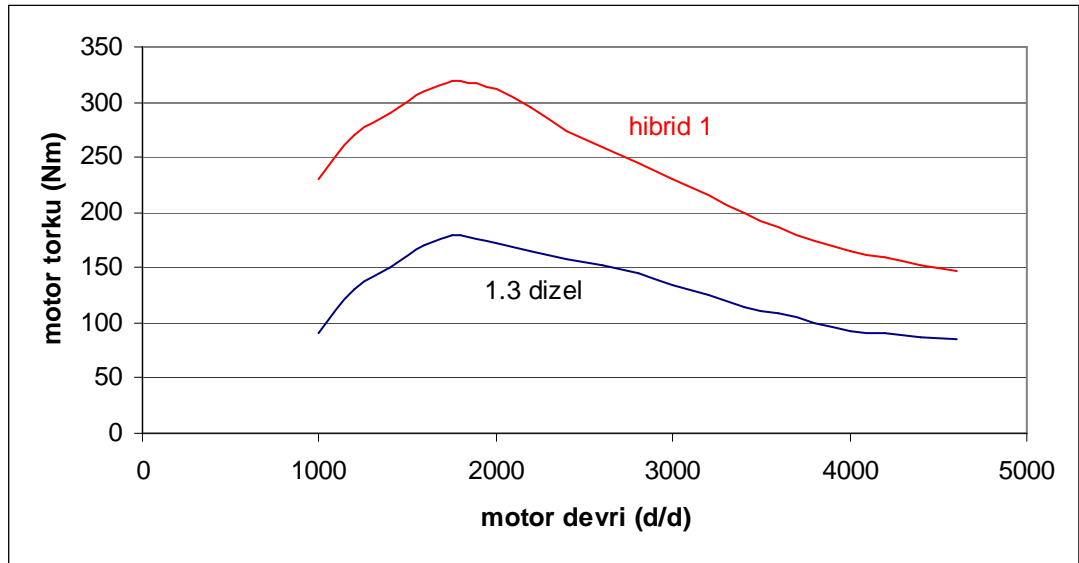


Şekil 7.18 Fiat Doblo Hibrid1'in tork eğrileri

Hibrid sistemin güç ve tork eğrilerinde sağladığı iyileştirmeyi daha iyi görebilmek için Şekil 7.19'daki güç ve Şekil 7.20'deki tork eğrilerini incelemek gerekmektedir.

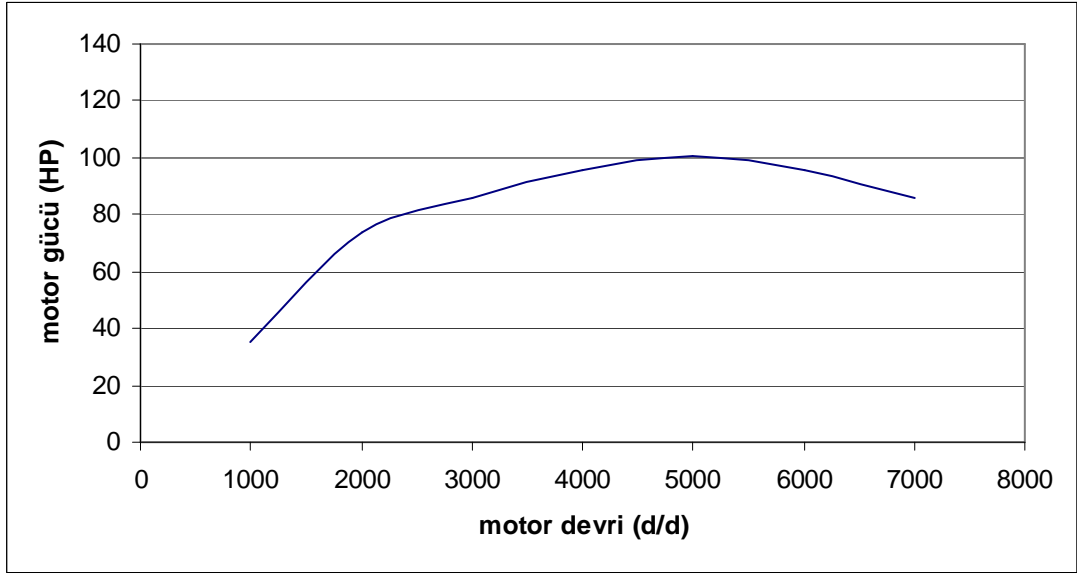


Şekil 7.19 Fiat Doblo Hibrid1 ve 1.3 dizel'in güç eğrilerinin karşılaştırılması

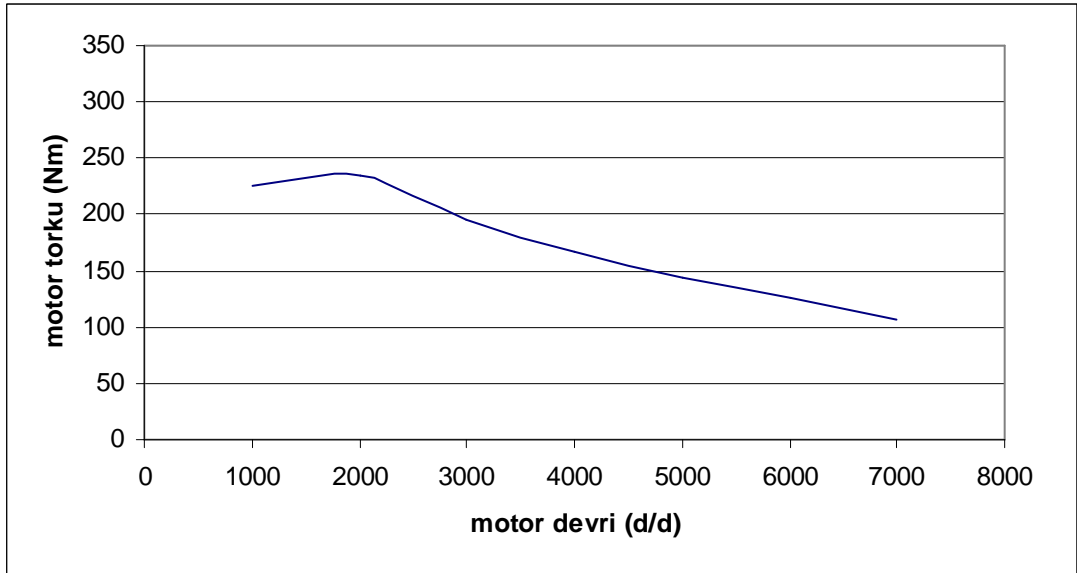


Şekil 7.20 Fiat Doblo Hibrid1 ve 1.3 dizel'in tork eğrilerinin karşılaştırılması

Fiat Doblo için tasarlanan karma hibrid sistemlerin ikincisinde, içten yanmalı 1.2 litre 8 supaplı 60 HP güç üreten benzinli motorla, 30 Kw sürekli güç üreten elektrikli motor bir arada kullanılmıştır. Şekil 7.21'de bu sistemin güç eğrileri, Şekil 7.22'de ise tork eğrileri verilmiştir. Bu sistem Fiat Doblo Hibrid2 olarak adlandırılmıştır.

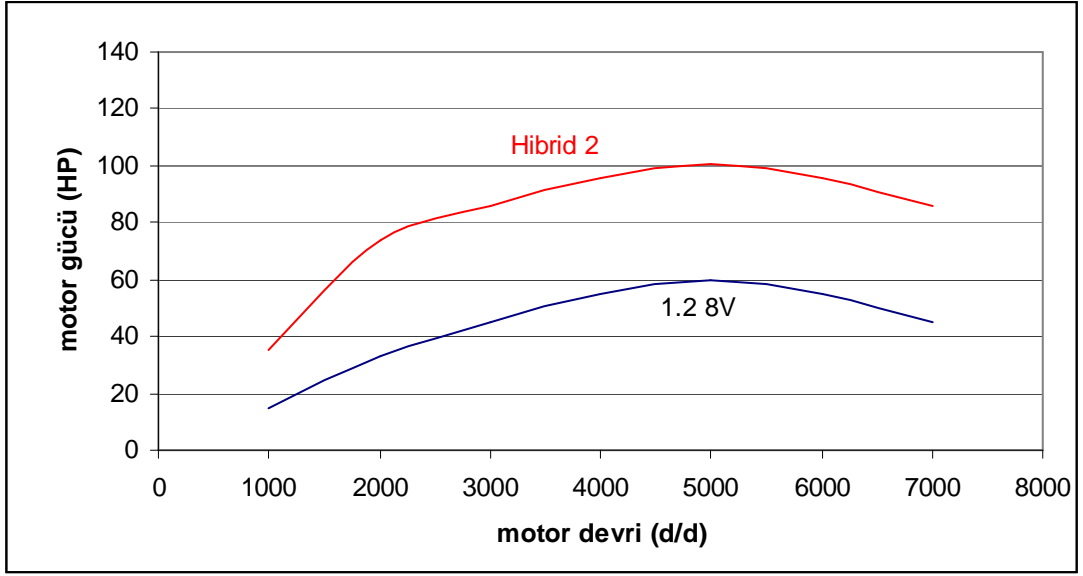


Şekil 7.21 Fiat Doblo Hibrid2'nin güç eğrileri

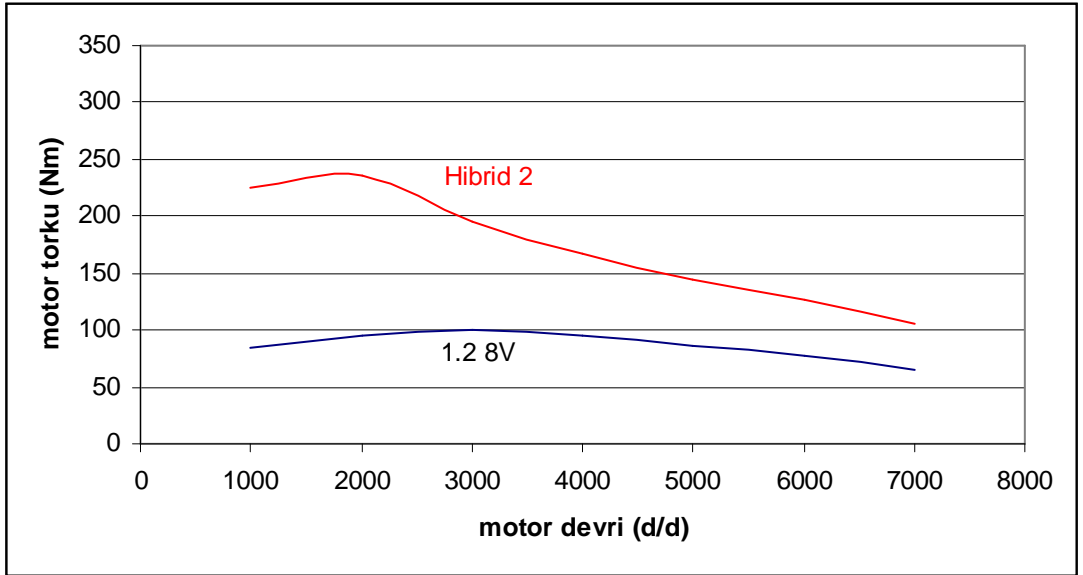


Şekil 7.22 Fiat Doblo Hibrid2'nin tork eğrileri

Hibrid sistemin güç ve tork eğrilerinde sağladığı iyileştirmeyi daha iyi görebilmek için Şekil 7.23'teki güç ve Şekil 7.24'teki tork eğrilerini incelemek gerekmektedir.

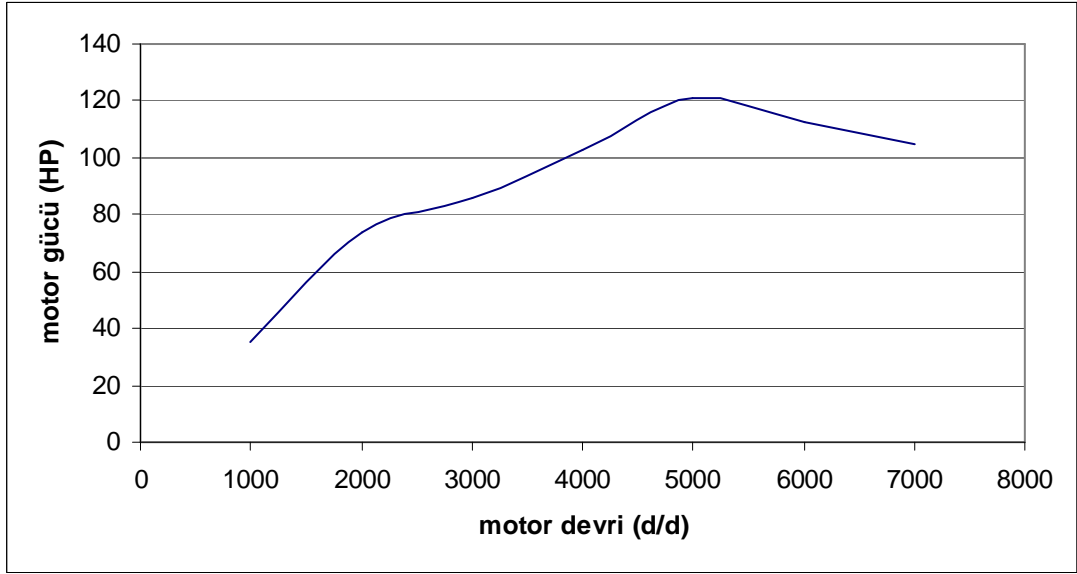


Şekil 7.23 Fiat Doblo Hibrid2 ve 1.2 8V'nin güç eğrilerinin karşılaştırması

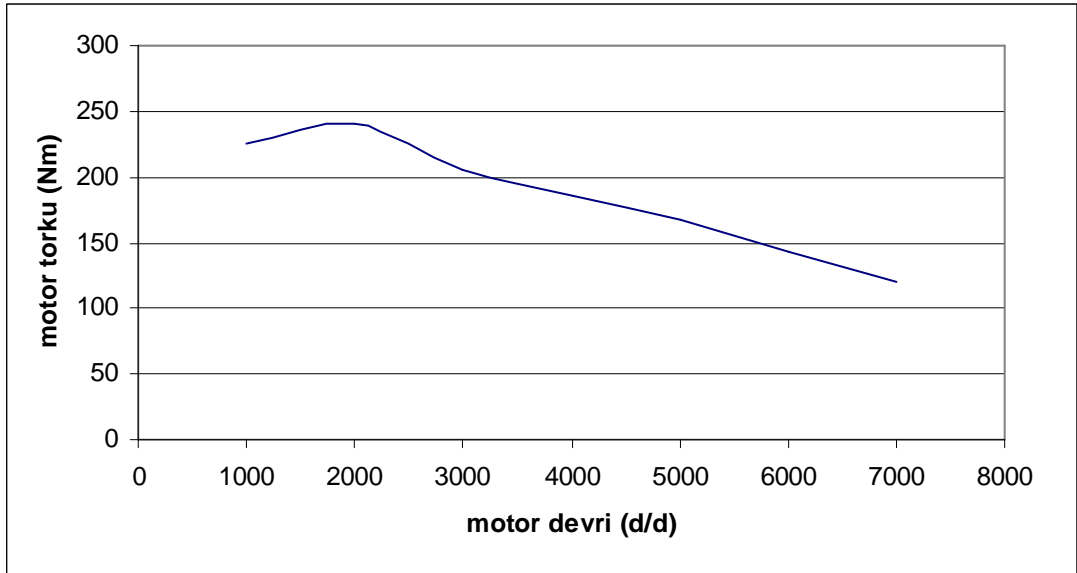


Şekil 7.24 Fiat Doblo Hibrid2 ve 1.2 8V'nin tork eğrilerinin karşılaştırması

Fiat Doblo için tasarlanan karma hibrid sistemlerden üçüncüsünde içten yanmalı 1.2 litre 16 supaplı 80 HP güç üreten benzinli motorla, 30 Kw sürekli güç üreten elektrikli motor bir arada kullanılmıştır. Şekil 7.25'te bu sistemin güç eğrileri, Şekil 7.26'da ise tork eğrileri verilmiştir. Bu sistem Fiat Doblo Hibrid3 olarak adlandırılmıştır.

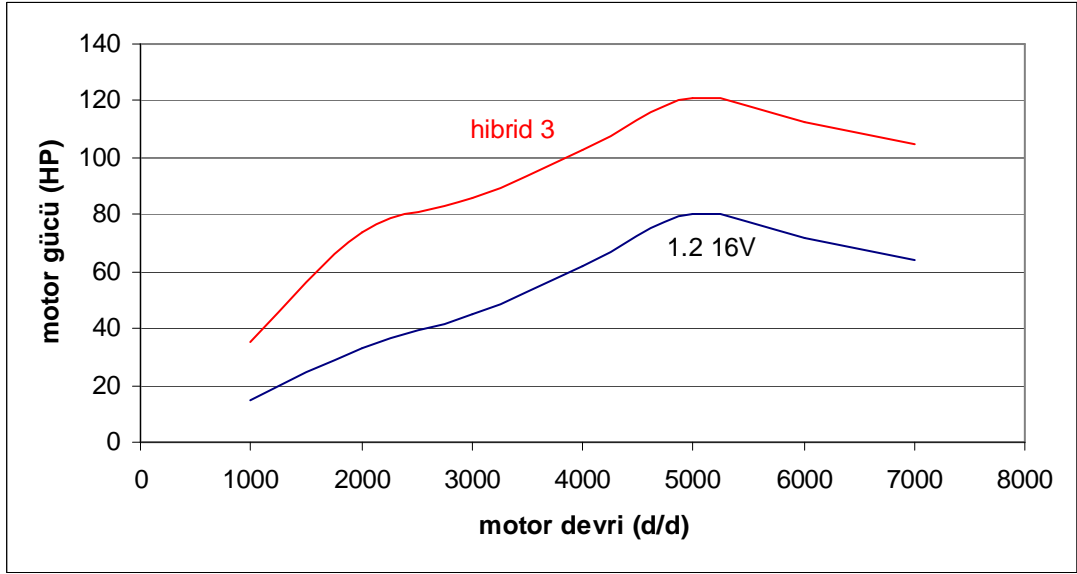


Şekil 7.25 Fiat Doblo Hibrid3'ün güç eğrileri

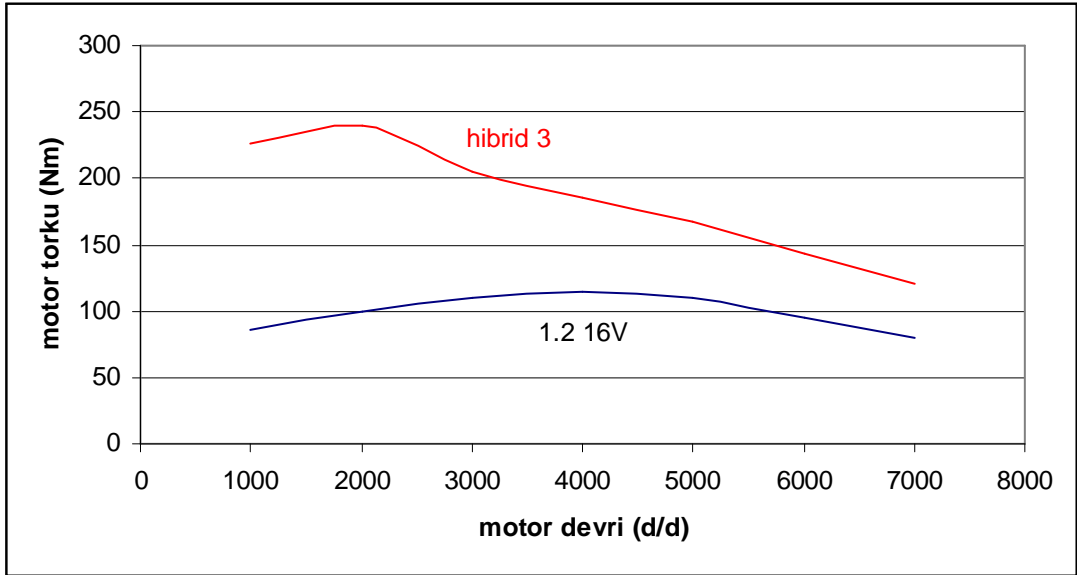


Şekil 7.26 Fiat Doblo Hibrid3'ün tork eğrileri

Hibrid sistemin güç ve tork eğrilerinde sağladığı iyileştirmeyi daha iyi görebilmek için Şekil 7.27'deki güç ve Şekil 7.28'deki tork eğrilerini incelemek gerekmektedir.

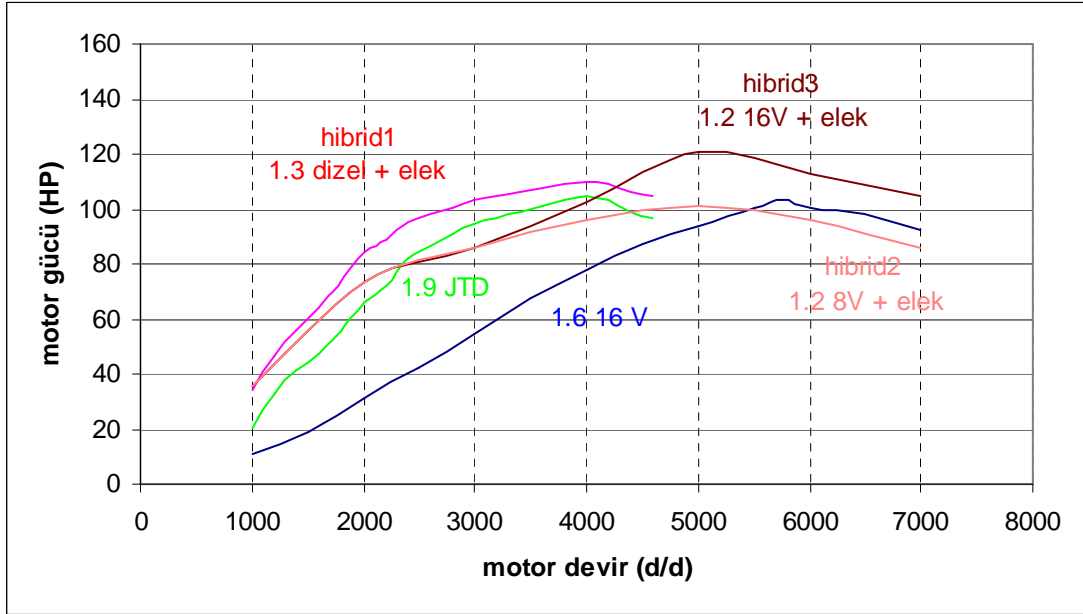


Şekil 7.27 Fiat Doblo Hibrid3 ve 1.2 16V'nin güç eğrilerinin karşılaştırması

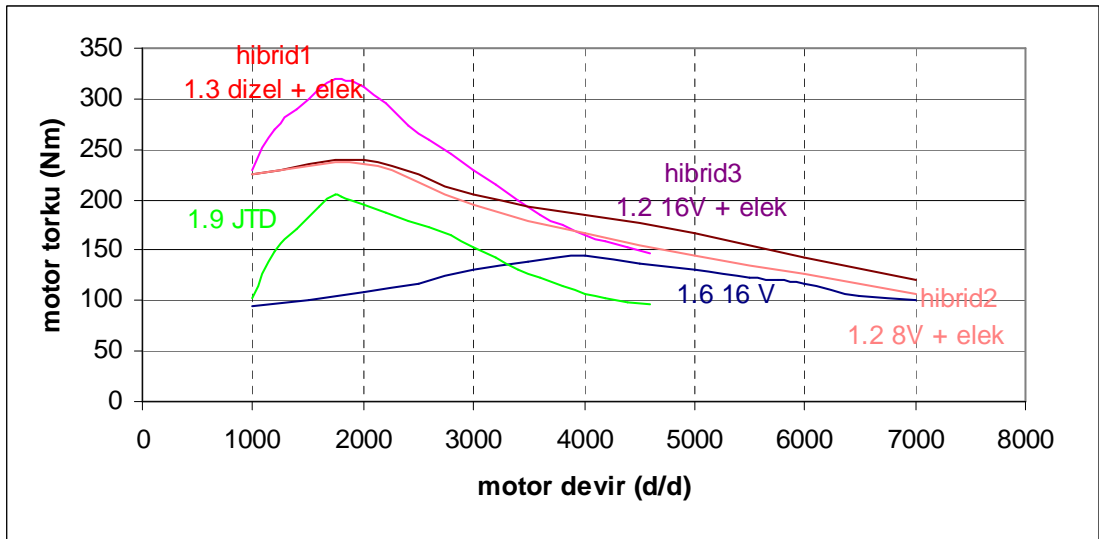


Şekil 7.28 Fiat Doblo Hibrid3 ve 1.2 16V'nin güç eğrilerinin karşılaştırması

Normal içten yanmalı motorla birlikte elektrik motorunun da kullanılması gücü önemli ölçüde arttırmıştır. Elektrik motorunun belli bir devirden sonra sabit güç üretmesiyle güç eğrisi, elektrik motorunun gücüyle orantılı bir şekilde yukarı ötelenmiştir. Tork ise elektrik motorunun ilk devirlerinden itibaren çok yüksek tork üretmesiyle çok yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu yüzden araçların vites oranlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Çünkü bazı viteslerin kullanılmasına gerek kalmamaktadır. Fiat Doblo için tasarlanan motorların ve halen üretimde olan yaklaşık aynı kapasitedeki motorların güç eğrileri karşılaştırılması Şekil 7.29'da, tork eğrileri karşılaştırılması ise Şekil 7.30'da verilmiştir.



Şekil 7.29 Tüm motorların güç eğrilerinin karşılaştırması



Şekil 7.30 Tüm motorların tork eğrilerinin karşılaştırması

Aracın vites oranlarının belirlenmesi için o aracın yol yükü hesaplarının yapılması gerekmektedir. Aracın motorunun güç ve tork eğrilerine göre araçtan istenen performansa göre vites oranları belirlenebilir.

7.4.Fiat Doblo Aracın Yol Yükü Hesapları

Yol yükü hesapları hibrid sistemin faydalarının daha iyi anlaşılıp diğer modellerle karşılaştırılabilmesi için, 1.9 dizel, 1.6 16 V benzinli, hibrid1, hibrid2 ve

hibrid3 motorlu araçlar için yapılacaktır. Bu sırada hibrid motorlu araçlar için gerekli vites oranları da seçilecektir.

7.4.1.Fiat Doblo 1.9 JTD'nin Yol Yüğü Hesapları

Yol yüğü hesapları için önce aracın bazı teknik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu özellikler Tablo7.7'de verilmiştir.

Tablo 7.7 Fiat Doblo 1.9 JTD'nin yol yüğü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri [Tofaş Otomobil Fabrikası]

Hava yoğunluğu (ρ)	1.2 kg/m ³
Hava sürtünme katsayısı (c_w)	0.36
Harekete dik alanı (A)	2.3 m ²
Lastik tabanı	175 mm
Lastik yanağı	70 mm
Lastik çapı	14 inch
Lastik çevresi	1.88 m
Son dişli oranı	3.93
1. vites oranı	4.27
2. vites oranı	2.24
3. vites oranı	1.44
4. vites oranı	1.03
5. vites oranı	0.77
Ağırlık	1310 kg
Yer çekimi ivmesi (G)	9.81 m/sn ²
Yuvarlanma direnci katsayısı(f_{ro})	Hıza göre değişken

Aracın güç değerlerinin hangi devirlerdeki değerler olacağı seçildikten sonra o devir ve vitesteki aracın hızı hesaplanır. Bu hız değerlerine göre araca karşı olan dirençler, Tablo 7.7'de verilen değerler kullanılarak bulunur. Burada kalan güç, aracın performansını belirlemektedir. Kalan güç sıfıra yaklaştıkça araçta maksimum hızına yaklaşır. Bu hesaplar yapılırken yolun düz ve ortamın tamamen rüzgarsız olduğu kabul edilmiştir. Bu hesaplar Tablo 7.8'de verilmiştir.

Tablo 7.8 Fiat Doblo 1.9 JTD'nin güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	59,6	6,7	20,6	0,3	0,0	20,2
1	2000	119,2	13,5	65,9	0,7	0,0	65,1
1	3000	178,8	20,2	94,7	1,1	0,1	93,5
1	4000	238,4	27,0	105,0	1,5	0,3	103,2
1	4600	274,1	31,0	96,8	1,8	0,4	94,5
2	1000	113,6	12,9	20,6	0,7	0,0	19,9
2	2000	227,2	25,7	65,9	1,4	0,2	64,2
2	3000	340,8	38,6	94,7	2,3	0,8	91,5
2	4000	454,4	51,4	105,0	3,3	2,0	99,7
2	4600	522,5	59,1	96,8	3,9	3,0	89,8
3	1000	176,7	20,0	20,6	1,1	0,1	19,4
3	2000	353,4	40,0	65,9	2,4	0,9	62,5
3	3000	530,1	60,0	94,7	4,0	3,1	87,6
3	4000	706,8	80,0	105,0	5,8	7,4	91,8
3	4600	812,8	92,0	96,8	7,0	11,3	78,4
4	1000	247,0	28,0	20,6	1,6	0,3	18,7
4	2000	494,1	55,9	65,9	3,7	2,5	59,7
4	3000	741,1	83,9	94,7	6,2	8,6	79,9
4	4000	988,2	111,9	105,0	9,2	20,3	75,5
4	4600	1136,4	128,6	96,8	11,3	30,8	54,7
5	1000	330,5	37,4	20,6	2,2	0,8	17,6
5	2000	660,9	74,8	65,9	5,3	6,1	54,5
5	3000	991,4	112,2	94,7	9,3	20,5	65,0
5	4000	1321,8	149,6	105,0	14,1	48,5	42,4
5	4600	1520,1	172,1	96,8	17,3	73,8	5,6

Seçilen devirlerdeki motor torku belirlendikten sonra vites oranına göre tekerleklere iletilen kuvvetler belirlenir. O devir ve viteslerdeki hızlara göre hesaplanan direnç kuvvetleri, tekerleklerdeki kuvvetlerden çıkarıldıktan sonra kalan kuvvetler bulunur. Kalan kuvvetlere göre o anda aracın çıkabileceği maksimum eğimin açısı ve maksimum ivme değerleri hesaplanır. Bu hesaplar Tablo 7.9'da verilmiştir.

Tablo 7.9 Fiat Doblo 1.9 JTD'nin torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks. Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	59,6	6,7	102,5	5728,6	133,9	1,7	5592,9	25,8	3,9
1	2000	119,2	13,5	195,9	10948,0	139,3	7,0	10801,7	57,2	7,5
1	3000	178,8	20,2	153,8	8592,9	144,8	15,7	8432,4	41,0	5,9
1	4000	238,4	27,0	105,9	5919,6	150,2	27,9	5741,5	26,5	4,0
1	4600	274,1	31,0	96,8	5410,3	153,4	36,9	5220,0	24,0	3,6
2	1000	113,6	12,9	102,5	3005,2	138,8	6,3	2860,0	12,9	2,0
2	2000	227,2	25,7	195,9	5743,2	149,2	25,4	5568,7	25,7	3,9
2	3000	340,8	38,6	153,8	4507,8	159,5	57,1	4291,2	19,5	3,0
2	4000	454,4	51,4	105,9	3105,3	169,8	101,5	2834,1	12,7	2,0
2	4600	522,5	59,1	96,8	2838,2	176,0	134,2	2528,0	11,3	1,8
3	1000	176,7	20,0	102,5	1931,9	144,6	15,3	1772,0	7,9	1,2
3	2000	353,4	40,0	195,9	3692,1	160,6	61,4	3470,0	15,7	2,4
3	3000	530,1	60,0	153,8	2897,8	176,7	138,1	2583,0	11,6	1,8
3	4000	706,8	80,0	105,9	1996,3	192,8	245,5	1558,0	7,0	1,1
3	4600	812,8	92,0	96,8	1824,6	202,4	324,7	1297,5	5,8	0,9
4	1000	247,0	28,0	102,5	1381,8	151,0	30,0	1200,9	5,4	0,8
4	2000	494,1	55,9	195,9	2640,9	173,4	120,0	2347,5	10,5	1,6
4	3000	741,1	83,9	153,8	2072,8	195,9	269,9	1606,9	7,2	1,1
4	4000	988,2	111,9	105,9	1427,9	218,4	479,9	729,7	3,3	0,5
4	4600	1136,4	128,6	96,8	1305,1	231,8	634,6	438,6	2,0	0,3
5	1000	330,5	37,4	102,5	1033,0	158,6	53,7	820,8	3,7	0,6
5	2000	660,9	74,8	195,9	1974,2	188,6	214,7	1571,0	7,0	1,1
5	3000	991,4	112,2	153,8	1549,5	218,6	483,0	847,9	3,8	0,6
5	4000	1321,8	149,6	105,9	1067,5	248,7	858,6	-39,9	-0,2	0,0
5	4600	1520,1	172,1	96,8	975,6	266,7	1135,5	-426,6	-1,9	0,0

Burada elde edilen değerler 1.3 litre dizel motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Fiat Doblo Hibrid1 araç için baz oluşturmaktadır.

7.4.2.Fiat Doblo Hibrid1 Aracın Yol Yükü Hesapları

Yol yükü hesapları yapılmadan önce tasarlanan aracın ağırlığının yaklaşık olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama Tablo 7.10'da gösterilmiştir.

Tablo 7.10 Fiat Doblo Hibrid1'in ağırlığının belirlenmesi

Aracın kendi ağırlığı	1280 kg
Elektrik motorunun ağırlığı	40 kg
Elektrik jeneratörünün ağırlığı	29 kg
Çevirilerin ağırlığı	32 kg
Bataryaların ağırlığı	107 kg
Diğer	62 kg
Toplam	1550 kg

Belirlenen araç ağırlığı ve istenilen performans göz önüne alınarak aracın vites oranları belirlenir. Bu araçta elektrik motoru sayesinde yüksek tork elde edilmesiyle 3 vites yeterli olmaktadır. Birinci vites kalkışlarda ve yokuş çıkmalarda araca yeterli gücün iletilmesini sağlamaktadır. 2. vites şehir içi, 3. vites ise şehir dışı yollar için uygundur. Tablo 7.11'de seçilen vites oranları verilmiştir.

Tablo 7.11 Fiat Doblo Hibrid1'in vites oranları

Son dişli oranı	4.2
1. vites oranı	2.3
2. vites oranı	1.4
3. vites oranı	0.72

Elektrik motoru ve içten yanmalı motorun bir arada çalıştığı yani yüksek gücün gerekli olduğu anlardaki aracın yol yükü hesapları Tablo 7.12 ve Tablo 7.13'te verilmiştir.

Tablo 7.12 Fiat Doblo Hibrid1'in maksimum güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	11,7	34,0	0,7	0,0	33,3
1	2000	207,0	23,4	84,3	1,5	0,2	82,6
1	3000	310,6	35,2	103,4	2,5	0,6	100,3
1	4000	414,1	46,9	110,2	3,5	1,5	105,2
1	4600	476,2	53,9	104,7	4,1	2,3	98,3
2	1000	170,1	19,3	34,0	1,2	0,1	32,7
2	2000	340,1	38,5	84,3	2,7	0,8	80,7
2	3000	510,2	57,8	103,4	4,5	2,8	96,1
2	4000	680,3	77,0	110,2	6,6	6,6	97,0
2	4600	782,3	88,6	104,7	7,9	10,1	86,8
3	1000	330,7	37,4	34,0	2,7	0,8	30,6
3	2000	661,4	74,9	84,3	6,3	6,1	71,9
3	3000	992,1	112,3	103,4	11,0	20,5	71,9
3	4000	1322,8	149,7	110,2	16,6	48,6	44,9
3	4600	1521,2	172,2	104,7	20,5	74,0	10,2

Tablo 7.13 Fiat Doblo Hibrid1'in maksimum torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	103,5	11,7	230,0	7399,6	163,2	5,3	7231,2	40,3	5,8
1	2000	207,0	23,4	312,0	10037,7	174,3	21,1	9842,3	28,1	4,2
1	3000	310,6	35,2	230,0	7399,6	185,5	47,4	7166,8	19,3	2,9
1	4000	414,1	46,9	165,0	5308,4	196,6	84,3	5027,6	16,8	2,6
1	4600	476,2	53,9	146,0	4697,1	203,3	111,4	4382,4	16,5	2,5
2	1000	170,1	19,3	230,0	4504,1	170,3	14,2	4319,6	22,7	3,4
2	2000	340,1	38,5	312,0	6109,9	188,6	56,9	5864,4	15,9	2,4
2	3000	510,2	57,8	230,0	4504,1	206,9	127,9	4169,3	10,5	1,6
2	4000	680,3	77,0	165,0	3231,2	225,2	227,4	2778,6	8,8	1,4
2	4600	782,3	88,6	146,0	2859,1	236,2	300,8	2322,2	7,8	1,2
3	1000	330,7	37,4	230,0	2316,4	187,6	53,7	2075,0	10,2	1,6
3	2000	661,4	74,9	312,0	3142,2	223,2	215,0	2704,1	5,9	0,9
3	3000	992,1	112,3	230,0	2316,4	258,8	483,6	1574,0	1,9	0,3
3	4000	1322,8	149,7	165,0	1661,8	294,3	859,8	507,6	0,1	0,0
3	4600	1521,2	172,2	146,0	1470,4	315,7	1137,1	17,6	0,0	0,0

Hibrid1 araç düşük gücün yeterli olduğu durumlarda sadece elektrik motoruyla ilerlemektedir. Bu yüzden araç bu motorla da belirli performans değerlerini sağlamalıdır. Yapılan hesaplamalara göre araç sadece elektrik motoruyla 90km/h hıza çıkıp sabit bir şekilde ilerleyebilmektedir. Düşük yükte Hibrid1 aracın yol yükü hesapları Tablo 7.14 ve Tablo 7.15'te verilmiştir.

Tablo 7.14 Fiat Doblo Hibrid1'in sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	11,7	20,4	0,7	0,0	19,7
1	2000	207,0	23,4	40,8	1,5	0,2	39,1
1	3000	310,6	35,2	40,8	2,5	0,6	37,7
1	4000	414,1	46,9	40,8	3,5	1,5	35,8
1	4600	476,2	53,9	40,8	4,1	2,3	34,4
2	1000	170,1	19,3	20,4	1,2	0,1	19,1
2	2000	340,1	38,5	40,8	2,7	0,8	37,2
2	3000	510,2	57,8	40,8	4,5	2,8	33,5
2	4000	680,3	77,0	40,8	6,6	6,6	27,6
2	4600	782,3	88,6	40,8	7,9	10,1	22,8
3	1000	330,7	37,4	20,4	2,7	0,8	17,0
3	2000	661,4	74,9	40,8	6,3	6,1	28,4
3	3000	992,1	112,3	40,8	11,0	20,5	9,3
3	4000	1322,8	149,7	40,8	16,6	48,6	-24,5
3	4600	1521,2	172,2	40,8	20,5	74,0	-53,7

Tablo 7.15 Fiat Doblo Hibrid1'in sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	103,5	11,7	141,0	4536,3	163,2	5,3	4367,8	16,6	2,5
1	2000	207,0	23,4	141,0	4536,3	174,3	21,1	4340,9	10,7	1,7
1	3000	310,6	35,2	95,0	3056,4	185,5	47,4	2823,5	7,7	1,2
1	4000	414,1	46,9	72,0	2316,4	196,6	84,3	2035,5	6,3	1,0
1	4600	476,2	53,9	62,0	1994,7	203,3	111,4	1680,0	9,8	1,5
2	1000	170,1	19,3	141,0	2761,2	170,3	14,2	2576,7	9,5	1,5
2	2000	340,1	38,5	141,0	2761,2	188,6	56,9	2515,7	5,8	0,9
2	3000	510,2	57,8	95,0	1860,4	206,9	127,9	1525,5	3,6	0,6
2	4000	680,3	77,0	72,0	1410,0	225,2	227,4	957,3	2,6	0,4
2	4600	782,3	88,6	62,0	1214,2	236,2	300,8	677,2	4,4	0,7
3	1000	330,7	37,4	141,0	1420,1	187,6	53,7	1178,7	3,7	0,6
3	2000	661,4	74,9	141,0	1420,1	223,2	215,0	981,9	0,8	0,1
3	3000	992,1	112,3	95,0	956,8	258,8	483,6	214,3	-1,6	-0,3
3	4000	1322,8	149,7	72,0	725,1	294,3	859,8	-429,0	-3,1	-0,5
3	4600	1521,2	172,2	62,0	624,4	315,7	1137,1	-828,4	0,0	0,0

7.4.3. Fiat Doblo 1.6 16V'nin Yol Yüğü Hesapları

Bu araçta yol yüğü hesapları için önce bazı teknik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu özellikler Tablo 7.16'de verilmiştir.

Tablo 7.16 Fiat Doblo 1.6 16V'nin yol yüğü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri [Tofaş Otomobil Fabrikası]

Hava yoğunluğu (ρ)	1.2 kg/m ³
Hava sürtünme katsayısı (c_w)	0.36
Harekete dik alanı (A)	2.3 m ²
Lastik tabanı	175 mm
Lastik yanağı	70 mm
Lastik çapı	14 inch
Lastik çevresi	1.88 m
Son dişli oranı	3.867
1. vites oranı	3.9
2. vites oranı	2.15
3. vites oranı	1.48
4. vites oranı	1.12
5. vites oranı	0.89
Ağırlık	1245 kg
Yer çekimi ivmesi (G)	9.81 m/sn ²
Taştın Hızı	V
Rüzgar Hızı	V _R
Yuvarlanma direnci katsayısı (f_{ro})	0.01(1+V/160)

Bu teknik özelliklerin kullanılmasıyla elde edilen yol yüğü hesaplarının, 1.2 litre 8V benzinli motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Fiat Doblo hibrid2 ve 1.2 litre 16V benzinli motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Fiat Doblo hibrid3 araçlar için baz oluşturması beklenmektedir. 1.6 16V motorlu aracın Tablo 7.17'de güce göre, Tablo 7.18'de ise torka göre yol yüğü hesapları verilmiştir.

Tablo 7.17 Fiat Doblo 1.6 16V aracın güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	66,2	7,5	10,9	0,4	0,0	10,5
1	2000	132,3	15,0	31,3	0,8	0,0	30,5
1	3000	198,5	22,5	54,4	1,2	0,2	53,1
1	4000	264,6	30,0	77,5	1,6	0,4	75,5
1	5000	330,8	37,4	93,8	2,1	0,8	90,9
1	6000	396,9	44,9	100,6	2,7	1,3	96,6
1	7000	463,1	52,4	92,5	3,2	2,1	87,2
2	1000	120,3	13,6	10,9	0,7	0,0	10,2
2	2000	240,6	27,2	31,3	1,5	0,3	29,5
2	3000	360,8	40,8	54,4	2,4	1,0	51,0
2	4000	481,1	54,5	77,5	3,4	2,3	71,8
2	5000	601,4	68,1	93,8	4,5	4,6	84,8
2	6000	721,7	81,7	100,6	5,7	7,9	87,0
2	7000	841,9	95,3	92,5	7,0	12,5	72,9
3	1000	174,7	19,8	10,9	1,0	0,1	9,7
3	2000	349,5	39,6	31,3	2,3	0,9	28,1
3	3000	524,2	59,3	54,4	3,8	3,0	47,6
3	4000	698,9	79,1	77,5	5,5	7,2	64,9
3	5000	873,6	98,9	93,8	7,4	14,0	72,4
3	6000	1048,4	118,7	100,6	9,5	24,2	66,8
3	7000	1223,1	138,4	92,5	11,9	38,5	42,1
4	1000	230,9	26,1	10,9	1,4	0,3	9,2
4	2000	461,8	52,3	31,3	3,2	2,1	26,0
4	3000	692,7	78,4	54,4	5,4	7,0	42,0
4	4000	923,6	104,5	77,5	8,0	16,6	53,0
4	5000	1154,5	130,7	93,8	11,0	32,3	50,6
4	6000	1385,3	156,8	100,6	14,3	55,9	30,4
4	7000	1616,2	182,9	92,5	18,1	88,7	-14,3
5	1000	290,6	32,9	10,9	1,8	0,5	8,5
5	2000	581,1	65,8	31,3	4,3	4,1	22,9
5	3000	871,7	98,7	54,4	7,4	13,9	33,1
5	4000	1162,2	131,6	77,5	11,1	33,0	33,5
5	5000	1452,8	164,4	93,8	15,4	64,4	14,0
5	6000	1743,4	197,3	100,6	20,3	111,3	-31,1
5	7000	2033,9	230,2	92,5	25,9	176,8	-110,2

Tablo 7.18 Fiat Doblo 1.6 16V aracın torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	66,2	7,5	95	4782,6	127,9	2,2	4652,6	22,4	3,4
1	2000	132,3	15,0	108	5437,1	133,6	8,6	5294,9	25,7	3,9
1	3000	198,5	22,5	130	6544,7	139,3	19,4	6386,0	31,5	4,7
1	4000	264,6	30,0	145	7299,8	145,0	34,4	7120,4	35,7	5,2
1	5000	330,8	37,4	131	6595,0	150,7	53,8	6390,5	31,5	4,7
1	6000	396,9	44,9	117	5890,2	156,4	77,4	5656,3	27,6	4,1
1	7000	463,1	52,4	100	5034,4	162,1	105,4	4766,8	23,0	3,5
2	1000	120,3	13,6	95	2630,5	132,5	7,1	2490,9	11,8	1,8
2	2000	240,6	27,2	108	2990,5	142,9	28,4	2819,1	13,3	2,1
2	3000	360,8	40,8	130	3599,6	153,3	64,0	3382,4	16,1	2,5
2	4000	481,1	54,5	145	4015,0	163,7	113,7	3737,5	17,8	2,7
2	5000	601,4	68,1	131	3627,3	174,1	177,7	3275,5	15,6	2,4
2	6000	721,7	81,7	117	3239,7	184,5	255,9	2799,3	13,2	2,0
2	7000	841,9	95,3	100	2769,0	194,9	348,4	2225,7	10,5	1,6
3	1000	174,7	19,8	95	1810,8	137,2	15,0	1658,5	7,8	1,2
3	2000	349,5	39,6	108	2058,6	152,3	60,0	1846,2	8,7	1,3
3	3000	524,2	59,3	130	2477,9	167,4	135,0	2175,4	10,3	1,6
3	4000	698,9	79,1	145	2763,8	182,5	240,0	2341,2	11,1	1,7
3	5000	873,6	98,9	131	2497,0	197,6	375,1	1924,3	9,1	1,4
3	6000	1048,4	118,7	117	2230,1	212,7	540,1	1477,3	6,9	1,1
3	7000	1223,1	138,4	100	1906,1	227,8	735,2	943,1	4,4	0,7
4	1000	230,9	26,1	95	1370,3	142,1	26,2	1202,0	5,6	0,9
4	2000	461,8	52,3	108	1557,8	162,0	104,8	1291,0	6,1	0,9
4	3000	692,7	78,4	130	1875,2	182,0	235,8	1457,4	6,9	1,1
4	4000	923,6	104,5	145	2091,5	201,9	419,2	1470,4	6,9	1,1
4	5000	1154,5	130,7	131	1889,6	221,9	654,9	1012,8	4,8	0,7
4	6000	1385,3	156,8	117	1687,6	241,8	943,1	502,7	2,4	0,4
4	7000	1616,2	182,9	100	1442,4	261,8	1283,7	-103,1	-0,5	-0,1
5	1000	290,6	32,9	95	1088,9	147,2	41,5	900,2	4,2	0,7
5	2000	581,1	65,8	108	1237,9	172,3	166,0	899,6	4,2	0,7
5	3000	871,7	98,7	130	1490,1	197,5	373,4	919,2	4,3	0,7
5	4000	1162,2	131,6	145	1662,0	222,6	663,8	775,7	3,6	0,6
5	5000	1452,8	164,4	131	1501,5	247,7	1037,2	216,7	1,0	0,2
5	6000	1743,4	197,3	117	1341,1	272,8	1493,6	-425,3	-2,0	-0,3
5	7000	2033,9	230,2	100	1146,2	297,9	2032,9	-1184,6	-5,6	-0,9

7.4.4.Fiat Doblo Hibrid2 Aracın Yol Yüğü Hesapları

Yol yüğü hesapları yapılmadan önce tasarlanan aracın ağırlığının yaklaşık olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama Tablo 7.19’da gösterilmiştir.

Tablo 7.19 Fiat Doblo Hibrid2’nin ağırlığının belirlenmesi

Aracın kendi ağırlığı	1180 kg
Elektrik motorunun ağırlığı	40 kg
Elektrik jeneratörünün ağırlığı	29 kg
Çevirilerin ağırlığı	32 kg
Bataryaların ağırlığı	107 kg
Diğer	62 kg
Toplam	1450 kg

Belirlenen araç ağırlığı ve istenilen performans göz önüne alınarak aracın vites oranları belirlenir. Bu araçta da elektrik motoru sayesinde yüksek tork elde edilmesiyle 3 vites yeterli olmaktadır. Birinci vites kalkışlarda ve yokuş çıkmalarda araca yeterli gücün iletilmesini sağlamaktadır. 2. vites şehir içi, 3. vites ise şehir dışı yollar için uygundur. Tablo 7.20’de seçilen vites oranları verilmiştir.

Tablo 7.20 Fiat Doblo Hibrid2’nin vites oranları

Son dişli oranı	4.2
1. vites oranı	2.3
2. vites oranı	1.4
3. vites oranı	0.72

Elektrik motoru ve içten yanmalı motorun bir arada çalıştığı yani yüksek gücün gerekli olduğu anlardaki aracın yol yüğü hesapları Tablo 7.21 ve Tablo 7.22’de verilmiştir.

Tablo 7.21 Fiat Doblo Hibrid2'nin maksimum güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	11,7	35,4	0,7	0,0	34,7
1	2000	207,0	23,4	73,8	1,4	0,2	72,2
1	3000	310,6	35,2	85,8	2,3	0,6	82,9
1	4000	414,1	46,9	95,8	3,3	1,5	91,1
1	5000	517,6	58,6	100,8	4,3	2,9	93,6
1	6000	621,1	70,3	95,8	5,4	5,0	85,3
1	7000	724,6	82,0	85,8	6,7	8,0	71,1
2	1000	170,1	19,3	35,4	1,2	0,1	34,1
2	2000	340,1	38,5	73,8	2,6	0,8	70,4
2	3000	510,2	57,8	85,8	4,2	2,8	78,8
2	4000	680,3	77,0	95,8	6,1	6,6	83,1
2	5000	850,3	96,3	100,8	8,3	12,9	79,6
2	6000	1020,4	115,5	95,8	10,7	22,3	62,8
2	7000	1190,5	134,8	85,8	13,3	35,5	37,0
3	1000	330,7	37,4	35,4	2,5	0,8	32,2
3	2000	661,4	74,9	73,8	5,9	6,1	61,8
3	3000	992,1	112,3	85,8	10,3	20,5	55,0
3	4000	1322,8	149,7	95,8	15,6	48,6	31,6
3	5000	1653,4	187,2	100,8	21,8	95,0	-16,0
3	6000	1984,1	224,6	95,8	29,0	164,1	-97,4
3	7000	2314,8	262,0	85,8	37,1	260,7	-212,0

Tablo 7.22 Fiat Doblo Hibrid2'nin maksimum torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	103,5	11,7	225	7238,8	152,7	5,3	7080,8	29,9	4,4
1	2000	207,0	23,4	235	7560,5	163,1	21,1	7376,3	31,2	4,6
1	3000	310,6	35,2	195	6273,6	173,5	47,4	6052,7	25,2	3,8
1	4000	414,1	46,9	167	5372,8	183,9	84,3	5104,6	21,0	3,2
1	5000	517,6	58,6	144	4632,8	194,3	131,7	4306,8	17,6	2,7
1	6000	621,1	70,3	126	4053,7	204,8	189,6	3659,4	14,9	2,3
1	7000	724,6	82,0	106	3410,3	215,2	258,0	2937,0	11,9	1,8
2	1000	170,1	19,3	225	4406,2	159,4	14,2	4232,6	17,3	2,7
2	2000	340,1	38,5	235	4602,0	176,5	56,9	4368,7	17,9	2,7
2	3000	510,2	57,8	195	3818,7	193,6	127,9	3497,2	14,2	2,2
2	4000	680,3	77,0	167	3270,4	210,7	227,4	2832,3	11,5	1,8
2	5000	850,3	96,3	144	2820,0	227,8	355,3	2236,8	9,0	1,4
2	6000	1020,4	115,5	126	2467,5	244,9	511,7	1710,9	6,9	1,1
2	7000	1190,5	134,8	106	2075,8	262,0	696,5	1117,3	4,5	0,7
3	1000	330,7	37,4	225	2266,0	175,5	53,7	2036,8	8,2	1,3
3	2000	661,4	74,9	235	2366,8	208,8	215,0	1943,0	7,9	1,2
3	3000	992,1	112,3	195	1963,9	242,1	483,6	1238,2	5,0	0,8
3	4000	1322,8	149,7	167	1681,9	275,4	859,8	546,7	2,2	0,3
3	5000	1653,4	187,2	144	1450,3	308,6	1343,5	-201,8	-0,8	-0,1
3	6000	1984,1	224,6	126	1269,0	341,9	1934,6	-1007,5	-4,1	-0,6
3	7000	2314,8	262,0	106	1067,6	375,2	2633,2	-1940,8	-7,8	-1,2

Hibrid2 araç düşük gücün yeterli olduğu durumlarda sadece elektrik motoruyla ilerlemektedir. Bu yüzden araç bu motorla da belirli performans değerlerini sağlamalıdır. Yapılan hesaplamalara göre araç, sadece elektrik motoruyla 110km/h hıza çıkıp sabit bir şekilde ilerleyebilmektedir. Düşük yükte Hibrid2 aracın yol yükü hesapları Tablo 7.23 ve Tablo 7.24'te verilmiştir.

Tablo 7.23 Fiat Doblo Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	11,7	20,4	0,7	0,0	19,7
1	2000	207,0	23,4	40,8	1,4	0,2	39,2
1	3000	310,6	35,2	40,8	2,3	0,6	37,9
1	4000	414,1	46,9	40,8	3,3	1,5	36,1
1	5000	517,6	58,6	40,8	4,3	2,9	33,6
1	6000	621,1	70,3	40,8	5,4	5,0	30,3
1	7000	724,6	82,0	40,8	6,7	8,0	26,1
2	1000	170,1	19,3	20,4	1,2	0,1	19,1
2	2000	340,1	38,5	40,8	2,6	0,8	37,4
2	3000	510,2	57,8	40,8	4,2	2,8	33,8
2	4000	680,3	77,0	40,8	6,1	6,6	28,1
2	5000	850,3	96,3	40,8	8,3	12,9	19,6
2	6000	1020,4	115,5	40,8	10,7	22,3	7,8
2	7000	1190,5	134,8	40,8	13,3	35,5	-8,0
3	1000	330,7	37,4	20,4	2,5	0,8	17,2
3	2000	661,4	74,9	40,8	5,9	6,1	28,8
3	3000	992,1	112,3	40,8	10,3	20,5	10,0
3	4000	1322,8	149,7	40,8	15,6	48,6	-23,4
3	5000	1653,4	187,2	40,8	21,8	95,0	-76,0
3	6000	1984,1	224,6	40,8	29,0	164,1	-152,4
3	7000	2314,8	262,0	40,8	37,1	260,7	-257,0

Tablo 7.24 Fiat Doblo Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	103,5	11,7	140	4504,1	152,7	5,3	4346,2	17,8	2,7
1	2000	207,0	23,4	140	4504,1	163,1	21,1	4320,0	17,7	2,7
1	3000	310,6	35,2	95	3056,4	173,5	47,4	2835,5	11,5	1,8
1	4000	414,1	46,9	72	2316,4	183,9	84,3	2048,2	8,3	1,3
1	5000	517,6	58,6	57	1833,8	194,3	131,7	1507,8	6,1	0,9
1	6000	621,1	70,3	48	1544,3	204,8	189,6	1149,9	4,6	0,7
1	7000	724,6	82,0	41	1319,1	215,2	258,0	845,9	3,4	0,5
2	1000	170,1	19,3	140	2741,6	159,4	14,2	2568,1	10,4	1,6
2	2000	340,1	38,5	140	2741,6	176,5	56,9	2508,3	10,2	1,6
2	3000	510,2	57,8	95	1860,4	193,6	127,9	1538,9	6,2	1,0
2	4000	680,3	77,0	72	1410,0	210,7	227,4	971,9	3,9	0,6
2	5000	850,3	96,3	57	1116,2	227,8	355,3	533,1	2,1	0,3
2	6000	1020,4	115,5	48	940,0	244,9	511,7	183,4	0,7	0,1
2	7000	1190,5	134,8	41	802,9	262,0	696,5	-155,6	-0,6	-0,1
3	1000	330,7	37,4	140	1410,0	175,5	53,7	1180,7	4,8	0,7
3	2000	661,4	74,9	140	1410,0	208,8	215,0	986,2	4,0	0,6
3	3000	992,1	112,3	95	956,8	242,1	483,6	231,0	0,9	0,1
3	4000	1322,8	149,7	72	725,1	275,4	859,8	-410,0	-1,7	-0,3
3	5000	1653,4	187,2	57	574,1	308,6	1343,5	-1078,0	-4,3	-0,7
3	6000	1984,1	224,6	48	483,4	341,9	1934,6	-1793,1	-7,2	-1,1
3	7000	2314,8	262,0	41	412,9	375,2	2633,2	-2595,5	-10,5	-1,6

7.4.5.Fiat Doblo Hibrid3 Aracın Yol Yükü Hesapları

Yol yükü hesapları yapılmadan önce tasarlanan aracın ağırlığının yaklaşık olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama Tablo 7.25'te gösterilmiştir.

Tablo 7.25 Fiat Doblo Hibrid3'ün ağırlığının belirlenmesi

Aracın kendi ağırlığı	1210 kg
Elektrik motorunun ağırlığı	40 kg
Elektrik jeneratörünün ağırlığı	29 kg
Çevirilerin ağırlığı	32 kg
Bataryaların ağırlığı	107 kg
Diğer	62 kg
Toplam	1480 kg

Belirlenen araç ağırlığı ve istenilen performans göz önüne alınarak aracın vites oranları belirlenir. Bu araçta da elektrik motoru sayesinde yüksek tork elde edilmesiyle 3 vites yeterli olmaktadır. Birinci vites kalkışlarda ve yokuş çıkmalarda araca yeterli gücün iletilmesini sağlamaktadır. 2. vites şehir içi, 3. vites ise şehir dışı yollar için uygundur. Tablo 7.26’da seçilen vites oranları verilmiştir.

Tablo 7.26 Fiat Doblo Hibrid3’ün vites oranları

Son dişli oranı	4.2
1. vites oranı	2.3
2. vites oranı	1.4
3. vites oranı	0.72

Elektrik motoru ve içten yanmalı motorun bir arada çalıştığı yani yüksek gücün gerekli olduğu anlardaki aracın yol yükü hesapları Tablo 7.27 ve Tablo 7.28’de verilmiştir.

Tablo 7.27 Fiat Doblo Hibrid3’ün maksimum güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	11,7	35,4	0,7	0,0	34,7
1	2000	207,0	23,4	73,8	1,5	0,2	72,1
1	3000	310,6	35,2	85,8	2,4	0,6	82,8
1	4000	414,1	46,9	102,8	3,3	1,5	98,0
1	5000	517,6	58,6	120,8	4,4	2,9	113,5
1	6000	621,1	70,3	112,8	5,6	5,0	102,2
1	7000	724,6	82,0	104,8	6,8	8,0	90,0
2	1000	170,1	19,3	35,4	1,2	0,1	34,1
2	2000	340,1	38,5	73,8	2,6	0,8	70,4
2	3000	510,2	57,8	85,8	4,3	2,8	78,7
2	4000	680,3	77,0	102,8	6,3	6,6	89,9
2	5000	850,3	96,3	120,8	8,5	12,9	99,4
2	6000	1020,4	115,5	112,8	10,9	22,3	79,6
2	7000	1190,5	134,8	104,8	13,6	35,5	55,7
3	1000	330,7	37,4	35,4	2,5	0,8	32,1
3	2000	661,4	74,9	73,8	6,0	6,1	61,7
3	3000	992,1	112,3	85,8	10,5	20,5	54,8
3	4000	1322,8	149,7	102,8	15,9	48,6	38,3
3	5000	1653,4	187,2	120,8	22,3	95,0	3,5
3	6000	1984,1	224,6	112,8	29,6	164,1	-81,0
3	7000	2314,8	262,0	104,8	37,9	260,7	-193,8

Tablo 7.28 Fiat Doblo Hibrid3'ün maksimum torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	103,5	11,7	226	7270,9	155,8	5,3	7109,8	29,3	4,4
1	2000	207,0	23,4	240	7721,3	166,5	21,1	7533,8	31,3	4,6
1	3000	310,6	35,2	205	6595,3	177,1	47,4	6370,8	26,0	3,9
1	4000	414,1	46,9	186	5984,0	187,7	84,3	5712,1	23,2	3,5
1	5000	517,6	58,6	167	5372,8	198,4	131,7	5042,8	20,3	3,1
1	6000	621,1	70,3	143	4600,6	209,0	189,6	4202,1	16,8	2,6
1	7000	724,6	82,0	121	3892,8	219,6	258,0	3415,2	13,6	2,1
2	1000	170,1	19,3	226	4425,8	162,7	14,2	4248,9	17,0	2,6
2	2000	340,1	38,5	240	4699,9	180,1	56,9	4463,0	17,9	2,7
2	3000	510,2	57,8	205	4014,5	197,6	127,9	3689,0	14,7	2,3
2	4000	680,3	77,0	186	3642,5	215,1	227,4	3200,0	12,7	2,0
2	5000	850,3	96,3	167	3270,4	232,5	355,3	2682,5	10,6	1,6
2	6000	1020,4	115,5	143	2800,4	250,0	511,7	2038,7	8,1	1,3
2	7000	1190,5	134,8	121	2369,6	267,5	696,5	1405,6	5,6	0,9
3	1000	330,7	37,4	226	2276,1	179,2	53,7	2043,2	8,1	1,3
3	2000	661,4	74,9	240	2417,1	213,1	215,0	1989,0	7,9	1,2
3	3000	992,1	112,3	205	2064,6	247,1	483,6	1333,9	5,3	0,8
3	4000	1322,8	149,7	186	1873,3	281,1	859,8	732,4	2,9	0,4
3	5000	1653,4	187,2	167	1681,9	315,0	1343,5	23,4	0,1	0,0
3	6000	1984,1	224,6	143	1440,2	349,0	1934,6	-843,4	-3,3	-0,5
3	7000	2314,8	262,0	121	1218,6	383,0	2633,2	-1797,5	-7,1	-1,1

Hibrid3 araç düşük gücün yeterli olduğu durumlarda sadece elektrik motoruyla ilerlemektedir. Bu yüzden araç bu motorla da belirli performans değerlerini sağlamalıdır. Yapılan hesaplamalara göre araç sadece elektrik motoruyla 110km/h hıza çıkıp sabit bir şekilde ilerleyebilmektedir. Düşük yükte Hibrid3 aracın yol yükü hesapları Tablo 7.29 ve Tablo 7.30'da verilmiştir.

Tablo 7.29 Fiat Doblo Hibrid3'ün sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	11,7	20,4	0,7	0,0	19,7
1	2000	207,0	23,4	40,8	1,5	0,2	39,1
1	3000	310,6	35,2	40,8	2,4	0,6	37,8
1	4000	414,1	46,9	40,8	3,3	1,5	36,0
1	5000	517,6	58,6	40,8	4,4	2,9	33,5
1	6000	621,1	70,3	40,8	5,6	5,0	30,2
1	7000	724,6	82,0	40,8	6,8	8,0	26,0
2	1000	170,1	19,3	20,4	1,2	0,1	19,1
2	2000	340,1	38,5	40,8	2,6	0,8	37,4
2	3000	510,2	57,8	40,8	4,3	2,8	33,7
2	4000	680,3	77,0	40,8	6,3	6,6	27,9
2	5000	850,3	96,3	40,8	8,5	12,9	19,4
2	6000	1020,4	115,5	40,8	10,9	22,3	7,6
2	7000	1190,5	134,8	40,8	13,6	35,5	-8,3
3	1000	330,7	37,4	20,4	2,5	0,8	17,1
3	2000	661,4	74,9	40,8	6,0	6,1	28,7
3	3000	992,1	112,3	40,8	10,5	20,5	9,8
3	4000	1322,8	149,7	40,8	15,9	48,6	-23,7
3	5000	1653,4	187,2	40,8	22,3	95,0	-76,5
3	6000	1984,1	224,6	40,8	29,6	164,1	-153,0
3	7000	2314,8	262,0	40,8	37,9	260,7	-257,8

Tablo 7.30 Fiat Doblo Hibrid3'ün sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks Eğim	İvme (m/sn ²)
1	1000	103,5	11,7	140	4504,1	155,8	5,3	4343,0	17,4	2,7
1	2000	207,0	23,4	140	4504,1	166,5	21,1	4316,6	17,3	2,7
1	3000	310,6	35,2	95	3056,4	177,1	47,4	2831,9	11,2	1,7
1	4000	414,1	46,9	72	2316,4	187,7	84,3	2044,4	8,1	1,3
1	5000	517,6	58,6	57	1833,8	198,4	131,7	1503,8	5,9	0,9
1	6000	621,1	70,3	48	1544,3	209,0	189,6	1145,7	4,5	0,7
1	7000	724,6	82,0	41	1319,1	219,6	258,0	841,4	3,3	0,5
2	1000	170,1	19,3	140	2741,6	162,7	14,2	2564,8	10,2	1,6
2	2000	340,1	38,5	140	2741,6	180,1	56,9	2504,7	9,9	1,5
2	3000	510,2	57,8	95	1860,4	197,6	127,9	1534,9	6,1	0,9
2	4000	680,3	77,0	72	1410,0	215,1	227,4	967,5	3,8	0,6
2	5000	850,3	96,3	57	1116,2	232,5	355,3	528,4	2,1	0,3
2	6000	1020,4	115,5	48	940,0	250,0	511,7	178,3	0,7	0,1
2	7000	1190,5	134,8	41	802,9	267,5	696,5	-161,0	-0,6	-0,1
3	1000	330,7	37,4	140	1410,0	179,2	53,7	1177,1	4,7	0,7
3	2000	661,4	74,9	140	1410,0	213,1	215,0	981,9	3,9	0,6
3	3000	992,1	112,3	95	956,8	247,1	483,6	226,0	0,9	0,1
3	4000	1322,8	149,7	72	725,1	281,1	859,8	-415,7	-1,6	-0,3
3	5000	1653,4	187,2	57	574,1	315,0	1343,5	-1084,4	-4,3	-0,7
3	6000	1984,1	224,6	48	483,4	349,0	1934,6	-1800,2	-7,1	-1,1
3	7000	2314,8	262,0	41	412,9	383,0	2633,2	-2603,2	-10,3	-1,6

8. RENAULT MEGANE MARKA ARACIN KARMA HİBRİD SİSTEME DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Fransa'da üç ve beş kapılı hatchback karoserlerle üretilen otomobilin sedan versiyonu ilk kez 2002 yılında tanıtılmıştır. Tüm dünya pazarları için sadece Türkiye'de üretilen Megane sedan dört çeşit motor seçeneğiyle satılmaktadır. Şekil 8.1'de bu aracın resmi görülmektedir.



Şekil 8.1 Renault Megane Sedan

Otomobilde 1.4 litre 98 HP, 1.6 litre 115 HP, ve 2.0 litre 136 HP'lik benzinli, 1.5 litre 80 HP ve 1.9 litre 120 HP'lik common rail direkt enjeksiyonlu dizel motorlar kullanılmaktadır. Hibrid dönüşümü yapılan Megane sedan, 1.9 litrelik motorlu versiyonu hariç tüm seçenekleriyle ülkemizde satılmaktadır. Bu araçların teknik verileri Tablo 8.1'de verilmiştir.

Tablo 8.1 Renault Megane'ın teknik özellikleri [Renault Otomobil Fabrikası]

	1.4 lt 98 HP	1.6 lt 115 HP	2.0 lt 136 HP	1.5 lt 80 HP
Motor	4 silindirli , 16 supaplı benzinli	4 silindirli , 16 supaplı benzinli	4 silindirli , 16 supaplı benzinli	4 silindirli , 16 supaplı dizel
Motor hacmi	1390 cc	1598 cc	1998 cc	1461 cc
Çap/Strok	79.5/70 mm	79.5/80.5 mm	82.7/93 mm	76/80.5 mm
Sıkıştırma oranı	10	10	9.8	18.8
Max güç	98 HP 6000d/d	115 HP 6000d/d	136 HP 5500d/d	80 HP 4000d/d
Max tork	127 Nm 3750d/d	152 Nm 4200d/d	191 Nm 3750d/d	185 Nm 2000d/d
1. vites oranı	3.75	3.36	3.91	3.72
2. vites oranı	2.05	1.86	2.11	2.05
3. vites oranı	1.39	1.32	1.39	1.32
4. vites oranı	1.1	1.03	0.98	0.97
5. vites oranı	0.89	0.82	0.78	0.76
6. vites oranı	-	-	0.64	-
Gerivites oranı	3.55	3.55	3.55	3.55
Son dişli oranı	4.21	3.87	3.37	3.56
Ağırlık	1150	1200	1275	1215
Lastik ebadı	195/65/R15	205/55/R16	205/55/R16	205/55/R16

Bu dört çeşit motora sahip araçlar değişik ağırlıklara ve güçlere sahip oldukları için farklı performans ve tüketim değerleri ortaya çıkmaktadır. Bu değerler Tablo 8.2'de ve Tablo 8.3'de gösterilmiştir.

Tablo 8.2 Renault Megane'ın performans değerleri [Autoshow, 37,40-2003]

	1.4 lt 98 HP	1.6 lt 115 HP	2.0 lt 136 HP	1.5 lt 80 HP
0/100 km/h	12.7 sn	11.1 sn	9.4 sn	14.5 sn
Azami hız	182 km/h	190 km/h	205 km/h	170 km/h

Tablo 8.3 Renault Megane'ın tüketim değerleri [Autoshow, 37,40-2003]

	1.4 lt 98 HP	1.6 lt 115 HP	2.0 lt 136 HP	1.5 lt 80 HP
Şehir içi	9.1 lt/100km	8.8 lt/100km	10.9 lt/100km	5.7 lt/100km
Şehir dışı	5.4 lt/100km	5.7 lt/100km	6.4 lt/100km	4.1 lt/100km
Ortalama	6.7 lt/100km	6.8 lt/100km	8.1 lt/100km	4.6 lt/100km
CO ₂	161 gr/km	163 gr/km	191 gr/km	122 gr/km

Dizel motor seçeneği, daha yüksek hacimli olmasına rağmen 1.4 litrelik versiyondan daha düşük güç üretmekte ve bu da, performans değerlerinin düşük olmasına yol açmaktadır. Fakat dizel motor diğer motorlara göre çok düşük olan tüketim değerleriyle öne çıkmaktadır. Benzinli motorlarda ise artan hacimle beraber yüksek performans ve tüketim değerleri elde edilmektedir. Ayrıca, büyük hacimli motorlar yüksek emisyon değerleri ortaya çıkarmaktadır. Tüm bunlar göze alındığında her bakımdan avantajlı bir motor seçeneği bulunmamaktadır. Küçük

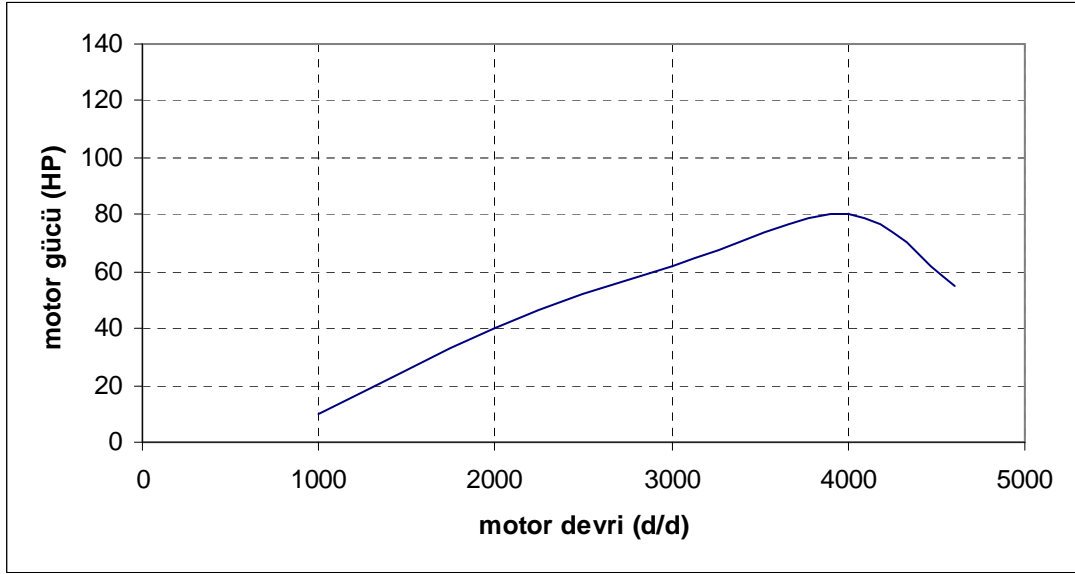
hacimli motorların gerektiği durumlarda bir elektrik motoru yardımıyla daha yüksek güç üretmesi sağlanırsa; hem yakıt ekonomisi hem de gerekli performans değerleri elde edilebilecektir. Bu da ancak paralel veya karma hibrid sistemli bir modelin tasarlanmasıyla mümkün olabilmektedir.

Renault Megane marka araç için iki farklı hibrid araç dönüşümü yapılmıştır. Bu iki araçtaki elektrik motorları ve batarya grupları aynı olup farklar içten yanmalı motorlardan kaynaklanmaktadır. İlk tasarlanan araç 1.5 litre dizel motor ve elektrik motorunun bir arda kullanıldığı Renault Megane Sedan'dır. Bu araçta amaç 1.6 litrelik benzinli versiyonun performans değerlerine ulaşmaktır. İkinci dönüşümü yapılan araç ise 1.4 litre benzinli motor ve elektrik motorunun bir arda kullanıldığı Renault Megane Sedan'dır. Bu araçtaki amaç ise 2.0 litrelik benzinli versiyonun performans değerlerine düşük tüketimle ulaşmaktır.

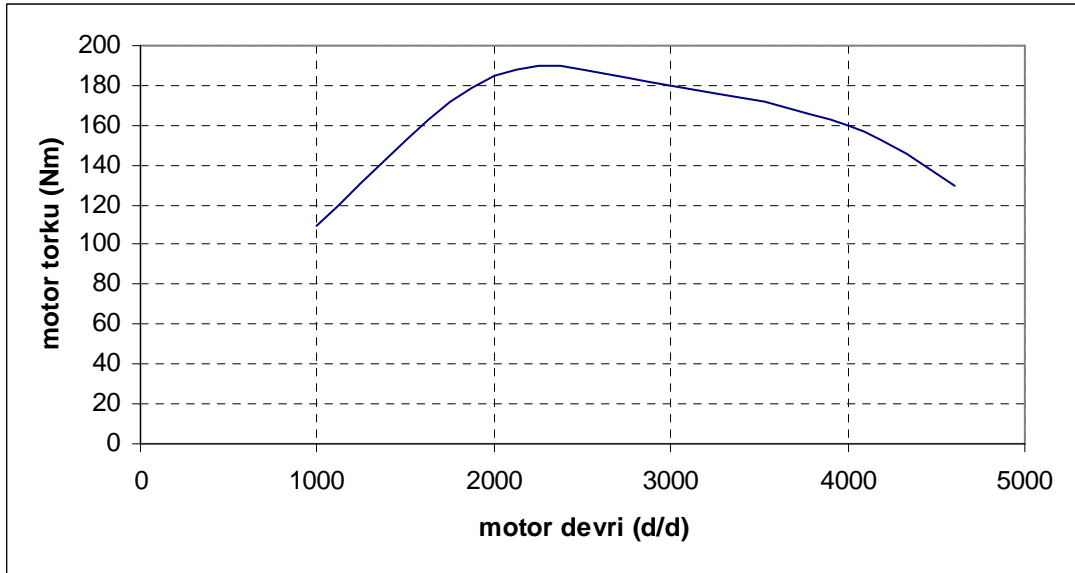
8.1.Renault Megane Karma Hibrid Elektrikli Aracın Alt Sistemlerinin Belirlenmesi

8.1.1.İçten Yanmalı Motorlar

Bir dizel ve bir de benzinli olmak üzere iki ayrı içten yanmalı motorlu aracın karma hibrid sisteme dönüştürülmesi tasarlanmıştır. Bunlardan ilki 1.5 litre hacimli 16 supaplı türbo dizel motordur. Bu motor 4000 d/d'da 80 HP güç ve 2000 d/d'da 185 Nm tork üretmektedir. Bu motorun güç eğrileri Şekil 8.2'de; tork eğrileri ise Şekil 8.3'te verilmiştir.

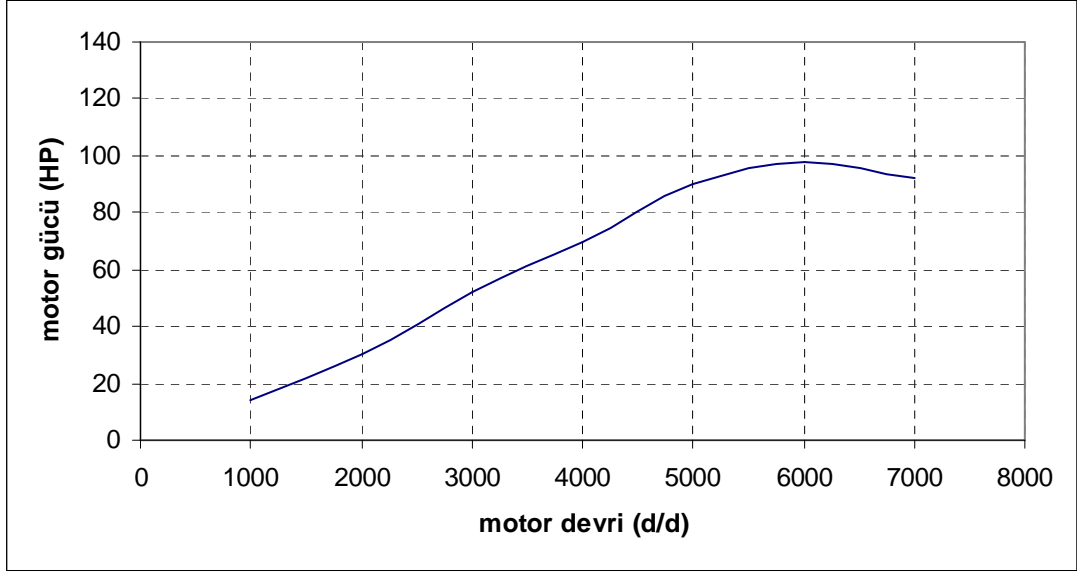


Şekil 8.2 1.5 litre 80 HP'lik türbo dizel motorun güç eğrisi [Renault Otomobil Fabrikası]

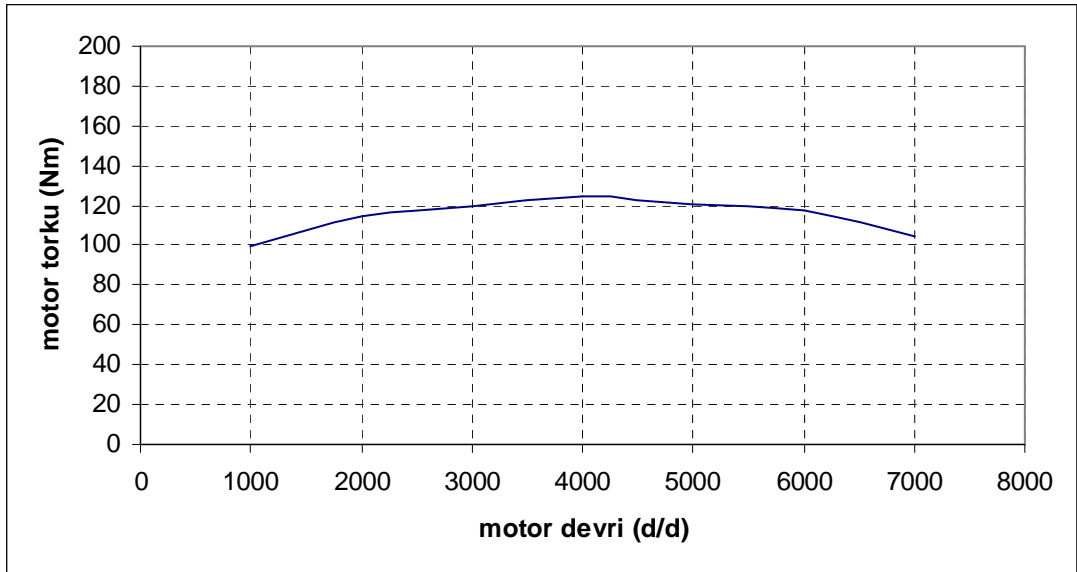


Şekil 8.3 1.5 litre 80 HP'lik türbo dizel motorun tork eğrisi [Renault Otomobil Fabrikası]

Bir diğer seçenek olan 1.4 litre hacimli 16 supaplı benzinli motor 6000 d/d'da 98 HP güç ve 3750 d/d'da 127 Nm tork üretmektedir. Bu motorun güç eğrileri Şekil 8.4'te; tork eğrileri ise Şekil 8.5'te verilmiştir.



Şekil 8.4 1.4 litre 98 HP'lik benzinli motorun güç eğrisi [Renault Otomobil Fabrikası]



Şekil 8.5 1.4 litre 98 HP'lik benzinli motorun tork eğrisi [Renault Otomobil Fabrikası]

8.1.2. Elektrik Motorları

Fiat Doblo Hibridlerde olduğu gibi, bu araçlarda da biri tahrikte diğeri ise jeneratör olarak görev yapmak üzere, iki adet elektrik motoru kullanılmaktadır. Motorlardan tahrik amaçlı kullanılanı 50 Kw anlık güç üretmektedir. Bu gücü kısa bir süre üretebildiği için; hesaplarda sürekli üretebildiği güç olan 30 Kw değeri esas alınmıştır. İçten yanmalı motora bağlanarak buradan aldığı güçle elektrik üreten diğeri motor ise anlık 30 Kw, sürekli ise 18 Kw güç üretebilmektedir. Unique Mobility marka olan bu motorlar, fırçasız sürekli mıknatıslı motorlar olup, doğru akımla çalışmaktadırlar. Bu motorların teknik özellikleri Tablo 8.4'te çeviricilerinin teknik özellikleri ise Tablo 8.5'te verilmiştir.

Tablo 8.4 Elektrik motorlarının teknik özellikleri [Unique Mobility]

Elektrik motoru	Tahrik amaçlı	Jeneratör amaçlı
Anlık güç	67 HP	40 HP
Anlık tork	240 Nm	140 Nm
Sürekli güç	41 HP	24 HP
Sürekli tork	140 Nm	80 Nm
Maksimum devir	8000 d/d	8000 d/d
Ağırlık	40 kg	29 kg

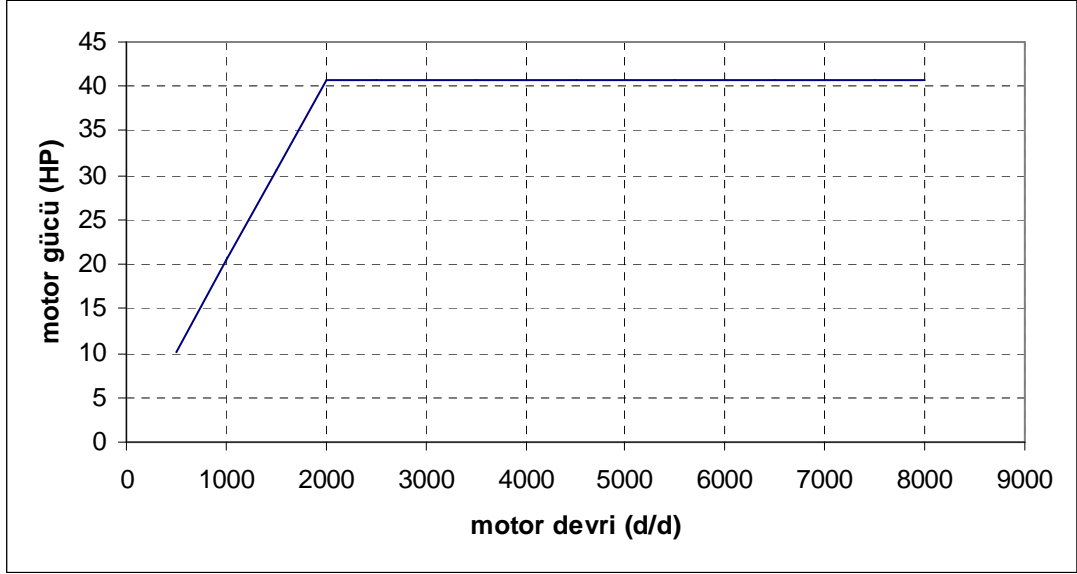
Tablo 8.5 Elektrik motorlarının çeviricilerinin teknik özellikleri [Unique Mobility]

Çevirici	Tahrik amaçlı	Jeneratör amaçlı
Çalışma voltajı	250 V - 400 V	250 V - 400 V
Minimum voltaj	180 V	180 V
Giriş akım limiti	400 A	400 A
Ağırlık	15.9 kg	15.9 kg

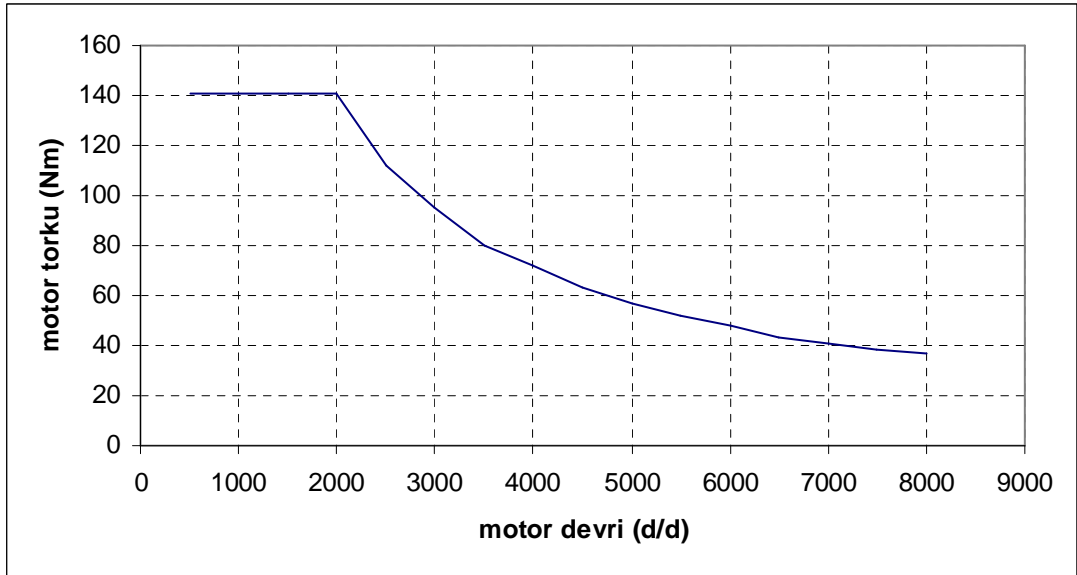
Tahrik amaçlı kullanılan elektrik motorunun resmi Şekil 8.6'da, güç eğrileri Şekil 8.7'de tork eğrileri ise Şekil 8.8'de verilmiştir.



Şekil 8.6 Tahrik amaçlı elektrik motorunun resmi



Şekil 8.7 Tahrik amaçlı elektrik motorunun güç eğrisi [Unique Mobility]

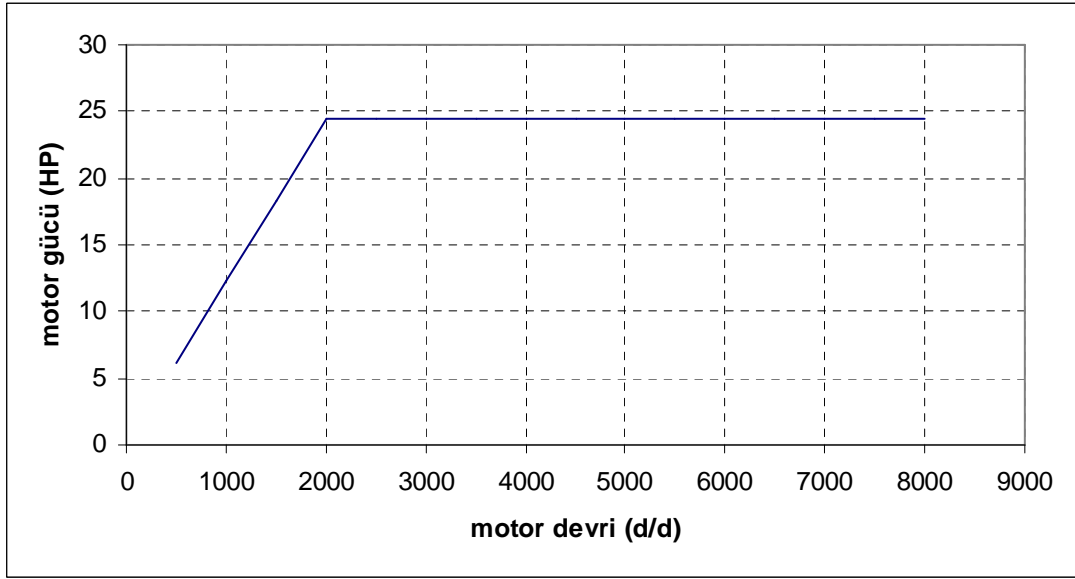


Şekil 8.8 Tahrik amaçlı elektrik motorunun tork eğrisi [Unique Mobility]

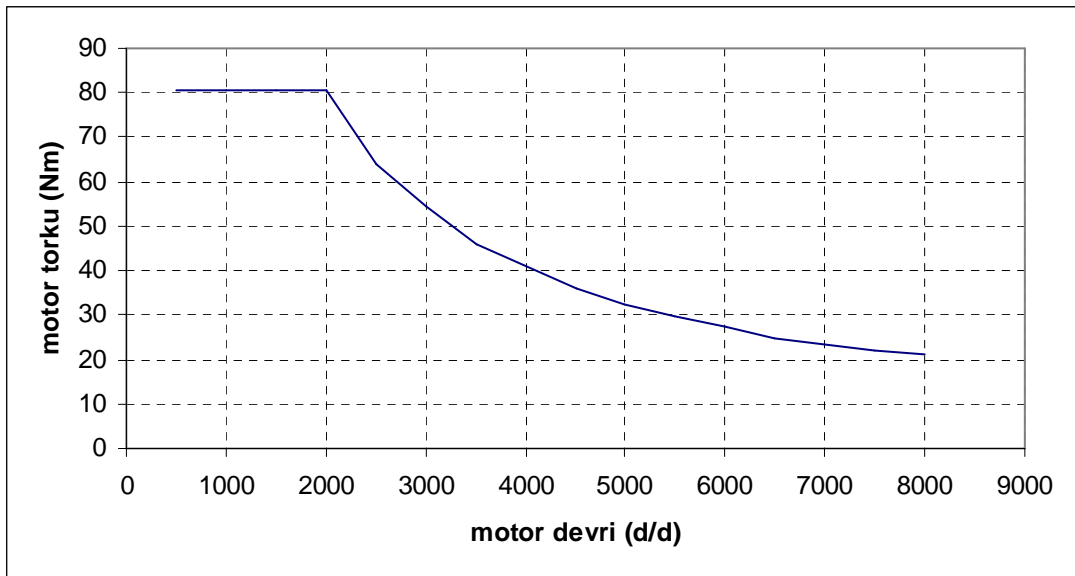
Jeneratör olarak kullanılan elektrik motorunun resmi Şekil 8.9'da, güç eğrileri Şekil 8.10'da, tork eğrileri ise Şekil 8.11'de verilmiştir.



Şekil 8.9 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun resmi



Şekil 8.10 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun güç eğrisi [Unique Mobility]



Şekil 8.11 Jeneratör amaçlı elektrik motorunun tork eğrisi [Unique Mobility]

8.1.3.Bataryalar

Bu araçlarda da yüksek güç ve enerji yoğunluğuna sahip olan lityum-iyon bataryalar tercih edilmiştir. Saft-Batteries marka olan bu batarya Şekil 8.12’de görülmektedir.



Şekil 8.12 Saft-Batteries marka bataryanın resmi

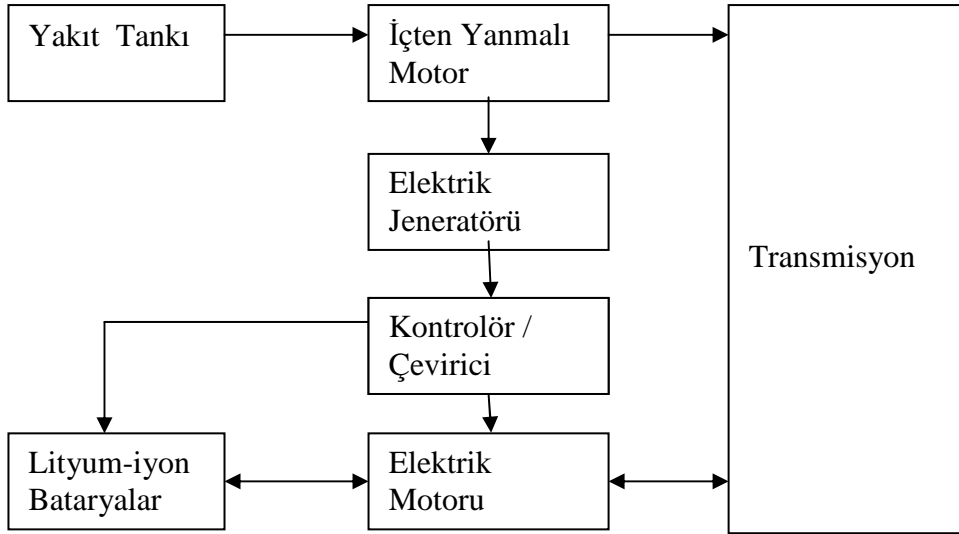
Elektrik motorunun çeviricisi 250 V ile 450 V değerleri arasında çalışmaktadır. Burada sistemin bara gerilimi, çeviricinin çalışma gerilim değerleri arasında olmaktadır. Yani bara gerilimi 450 V’un yukarısında ve 250 V’un aşağısında olmamalıdır. Sistemin bara gerilimi toplam batarya sayısını belirlemektedir. Renault Megane için seçilen lityum-iyon bataryalar da 2.7 V ile 4.0 V değerleri arasında çalışmaktadır. Bu yüzden bataryanın minimum çalışma değeriyle, batarya sayısının çarpımı; çeviricinin minimum çalışma değeri olan 250 V’u karşılamalıdır. 100 adet bataryanın kullanılması ile minimum 270 V luk çalışma değerinin elde edilmiştir. Lityum-iyon bataryanın teknik özellikleri Tablo 8.6’da verilmiştir.

Tablo 8.6 Saft-Batteries marka bataryanın teknik özellikleri [Saft-Batteries]

Batarya	Lityum-iyon
Nominal voltajı	3.6 V
Enerji yoğunluğu	310 Wh/lt
Güç yoğunluğu	880 W/lt
Sürekli akım	100 A
Hacim	0.51 lt
Ağırlık	1.07 kg

Bir batarya 158 Wh enerji üretmektedir. Bu değer 100 adet bataryanın kullanılmasıyla 15.8 Kwh olmaktadır bu da araca sessiz kullanım için yeterli menzili sağlamaktadır.

8.2. Renault Megane Karma Hibrid Elektrikli Araç Sistemlerinin Bağlantı Şeması

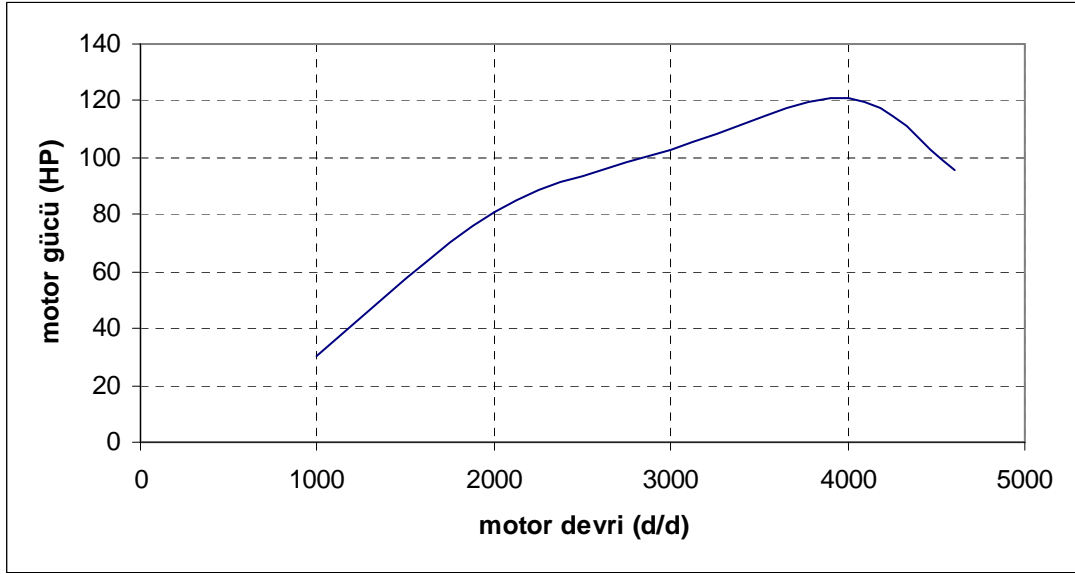


Şekil 8.13 Renault Megane karma hibrid elektrikli araç sistemlerinin bağlantı şeması

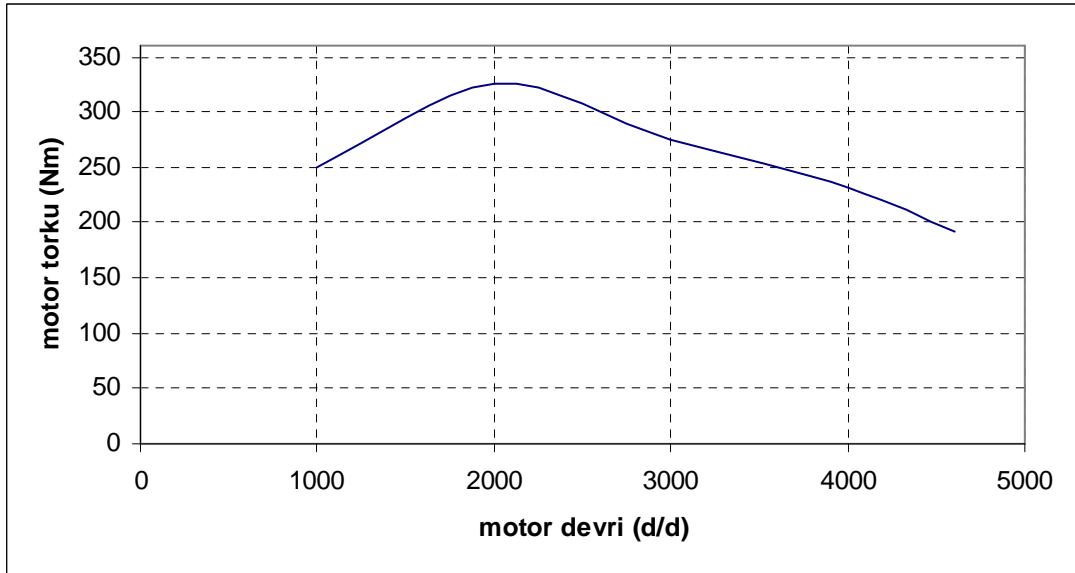
8.3. Renault Megane Karma Hibrid Elektrikli Araçların Güç ve Tork Eğrileri

Karma hibrid sistemde gerekli durumlarda hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru birlikte görev yapabilmektedirler. Bu motorların güç ve tork eğrilerinin birleştirilmesiyle, hibrid sistemin güç ve tork eğrileri elde edilmektedir. Araçta kullanılan elektrik motoru maksimum 8000 d/d yapabilmektedir. İçten yanmalı motorlarda ise bu değer daha düşüktür. Dizel motorlar 5000 d/d, benzinli motorlar ise 7000 d/d yapabilmektedir. İçten yanmalı motor ile elektrik motoru birbirlerine paralel şekilde bağlandıkları için maksimum devir, içten yanmalı motorun maksimum devriyle sınırlanmaktadır.

Renault Megane için tasarlanan karma hibrid sistemlerinin ilkinde içten yanmalı motor olarak 1.5 litre 16 supaplı 80 HP güç üreten dizel motorla, 30 Kw sürekli güç üreten elektrikli motor bir arada kullanılmıştır. Şekil 8.14'te bu sistemin güç eğrileri, Şekil 8.15'te ise tork eğrileri verilmiştir. Bu sistem Renault Megane Hibrid1 olarak adlandırılmıştır.

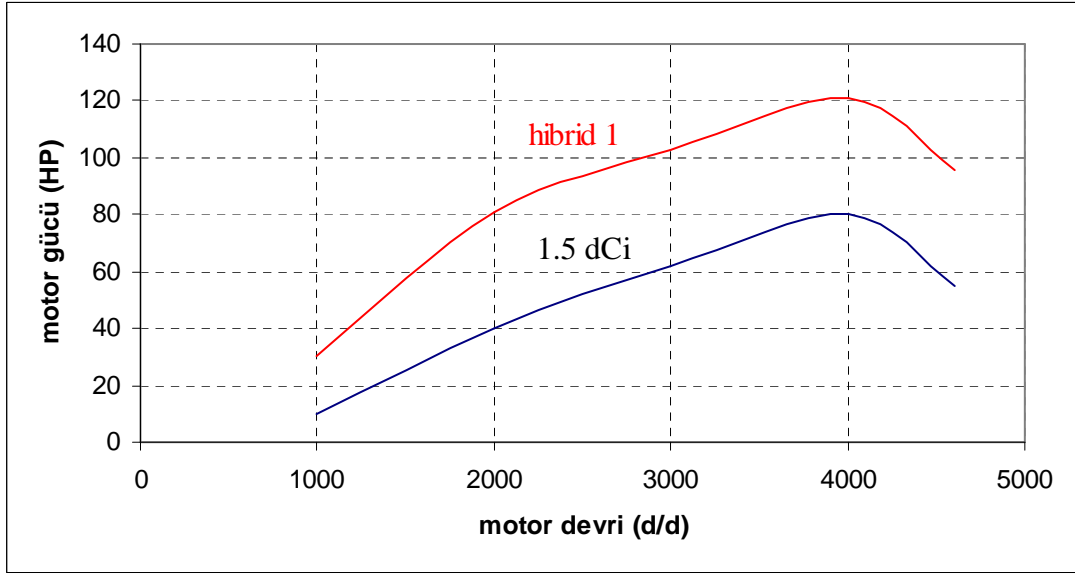


Şekil 8.14 Renault Megane Hibrid1'in güç eğrileri

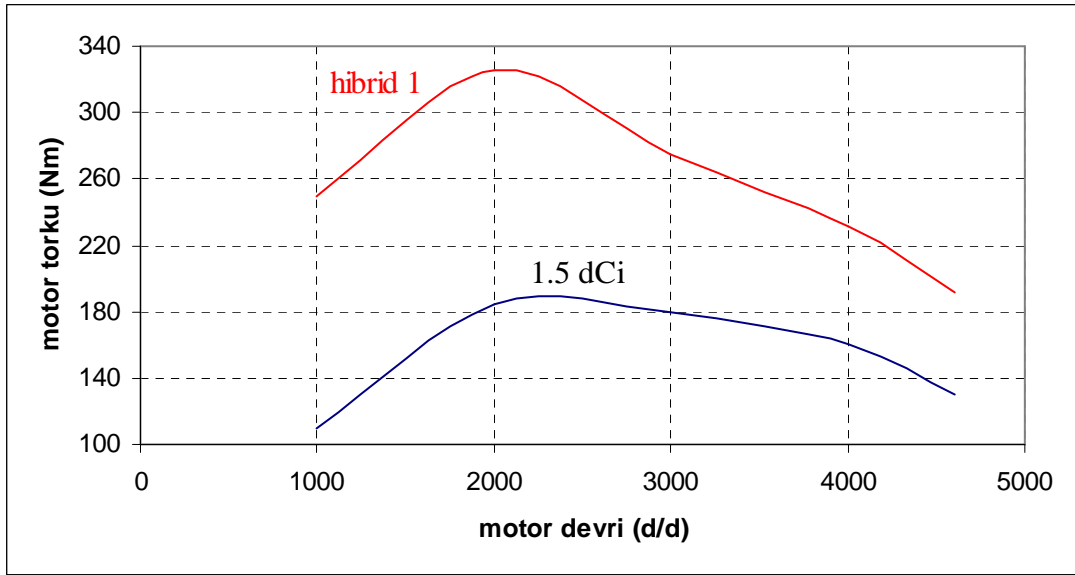


Şekil 8.15 Renault Megane Hibrid1'in tork eğrileri

Hibrid sistemin güç ve tork eğrilerinde sağladığı iyileştirmeyi daha iyi görebilmek için Şekil 8.16'deki güç ve Şekil 8.17'deki tork eğrilerini incelemek gerekmektedir.

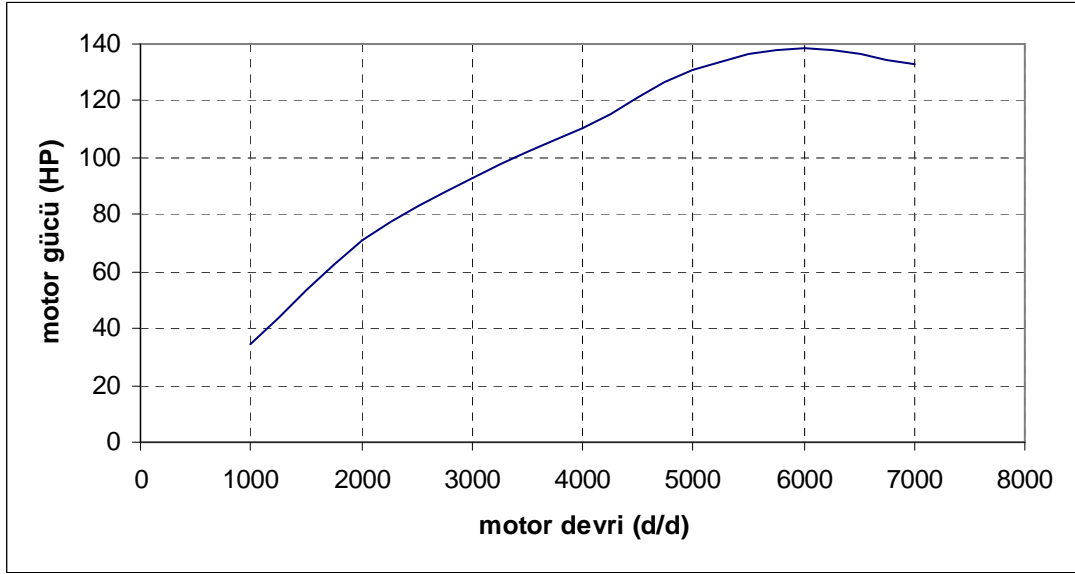


Şekil 8.16 Renault Megane Hibrid1 ve 1.5 dizel'in güç eğrilerinin karşılaştırılması

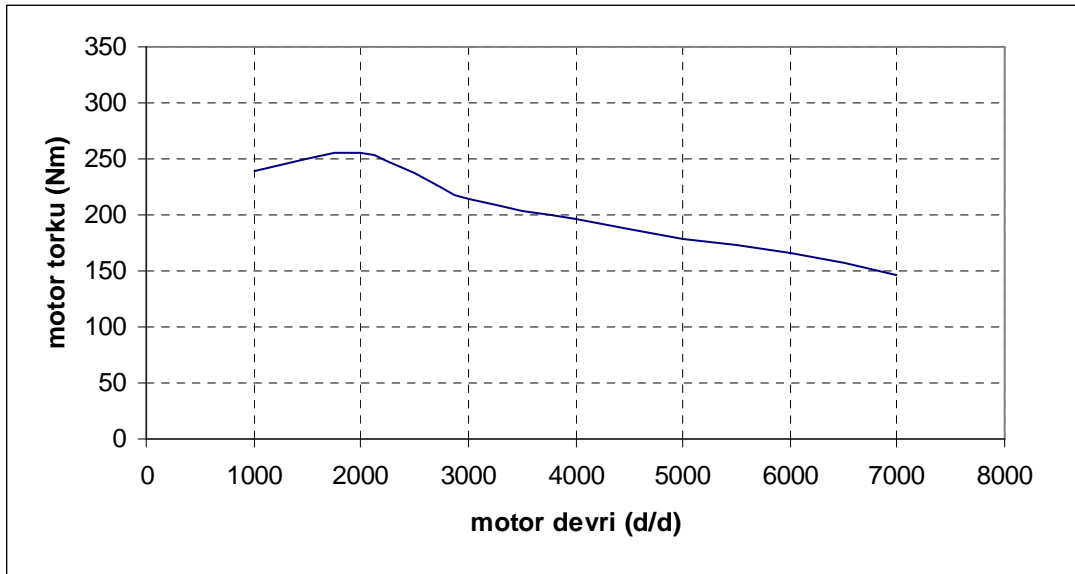


Şekil 8.17 Renault Megane Hibrid1 ve 1.5 dizel'in tork eğrilerinin karşılaştırılması

Renault Megane için tasarlanan karma hibrid sistemlerin ikincisinde içten yanmalı motor olarak 1.4 litre 16 supaplı 98 HP güç üreten benzinli motorla, 30 Kw sürekli güç üreten elektrikli motor bir arada kullanılmıştır. Şekil 8.18'de bu sistemin güç eğrileri, Şekil 8.19'de ise tork eğrileri verilmiştir. Bu sistem Renault Megane Hibrid2 olarak adlandırılmıştır.

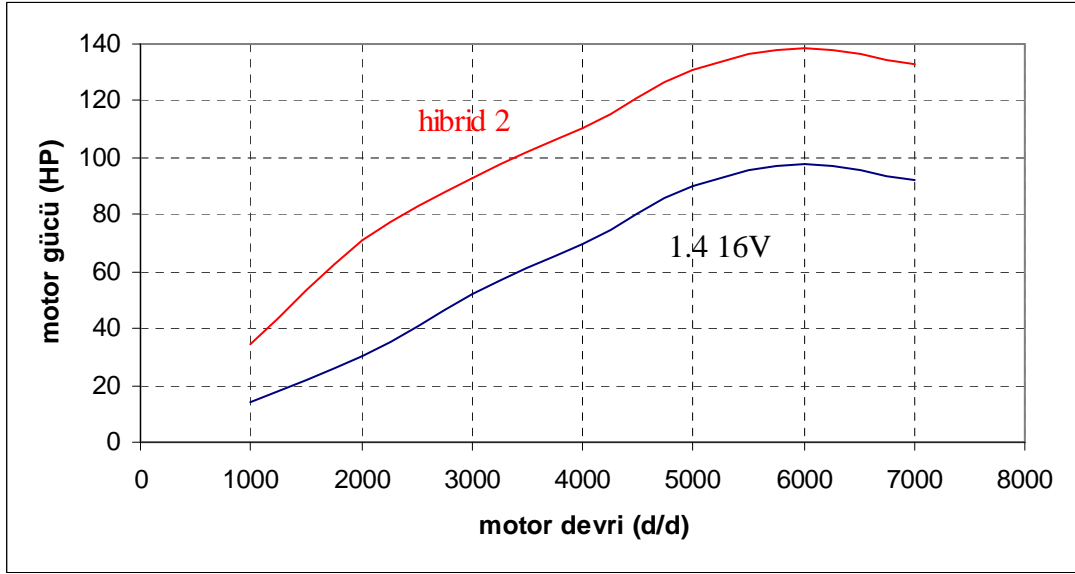


Şekil 8.18 Renault Megane Hibrid2'nin güç eğrileri

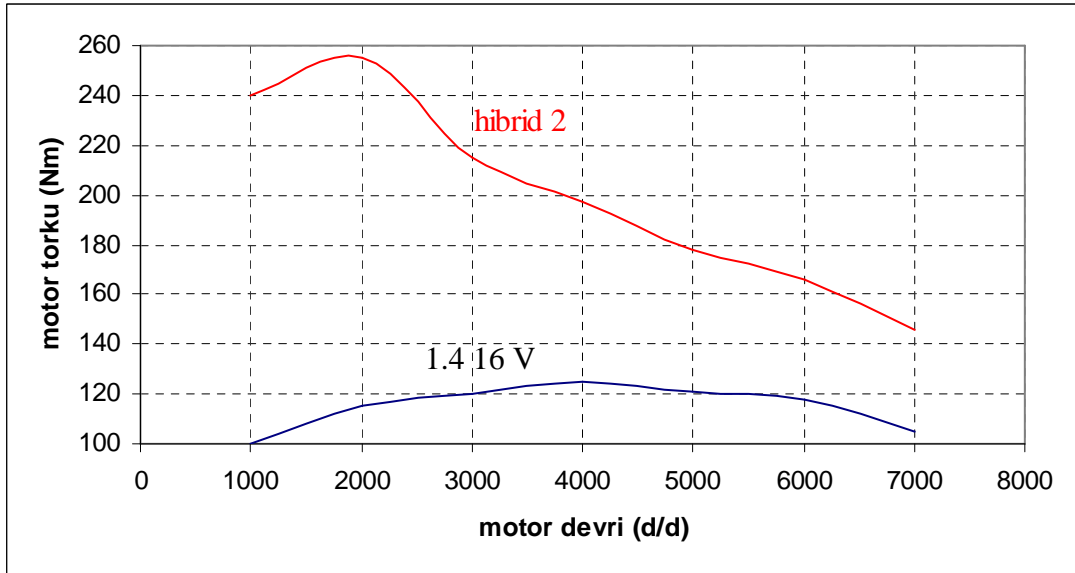


Şekil 8.19 Renault Megane Hibrid2'nin tork eğrileri

Hibrid sistemin güç ve tork eğrilerinde sağladığı iyileştirmeyi daha iyi görebilmek için Şekil 8.20'deki güç ve Şekil 8.21'deki tork eğrilerini incelemek gerekmektedir.

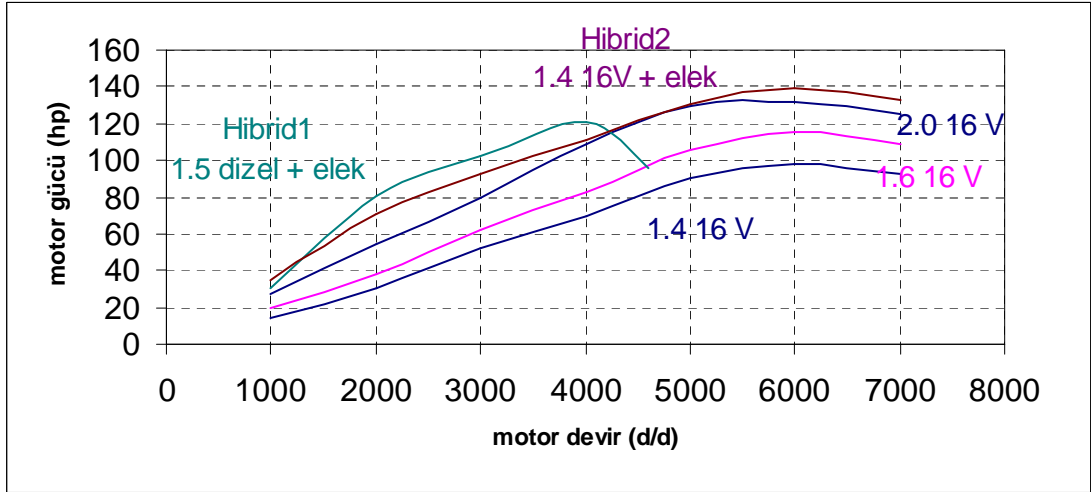


Şekil 8.20 Renault Megane Hibrid2 ve 1.4 16V'nin güç eğrilerinin karşılaştırması

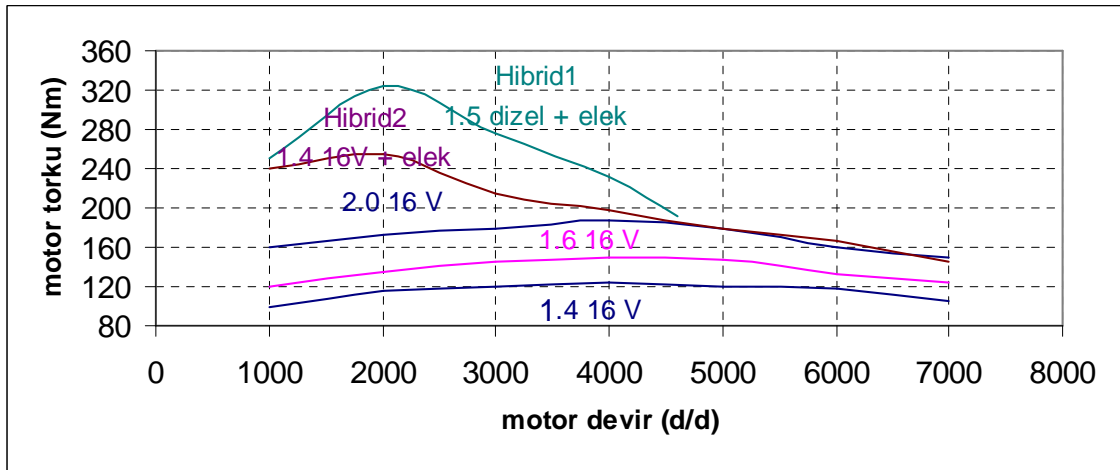


Şekil 8.21 Renault Megane Hibrid2 ve 1.4 16V'nin tork eğrilerinin karşılaştırması

Normal içten yanmalı motorla birlikte elektrik motorunun da kullanılması gücü önemli ölçüde arttırmıştır. Elektrik motorunun belli bir devirden sonra sabit güç üretmektedir. Güç eğrisi elektrik motorunun gücüyle orantılı bir şekilde yukarı ötelenmiştir. Tork eğrisi ise elektrik motorunun, ilk devirlerden itibaren çok yüksek tork üretmesiyle çok yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu yüzden araçların vites oranlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Çünkü bazı viteslerin kullanılmasına gerek kalmamaktadır. Renault Megane için tasarlanan motorların ve halen üretimde olan yaklaşık aynı kapasitedeki motorların güç eğrileri karşılaştırması Şekil 8.22'de, tork eğrileri karşılaştırılması ise Şekil 8.23'te verilmiştir.



Şekil 8.22 Tüm motorların güç eğrilerinin karşılaştırması



Şekil 8.23 Tüm motorların tork eğrilerinin karşılaştırması

Aracın vites oranlarının belirlenmesi için o aracın yol yükü hesaplarının yapılması gerekmektedir. Aracın motorunun güç ve tork eğrilerine göre araçtan istenen performansa göre vites oranları belirlenebilir.

8.4. Renault Megane Aracın Yol Yükü Hesapları

Yol yükü hesapları, hibrid sistemin faydalarının daha iyi anlaşılıp diğer modellerle karşılaştırılabilmesi için, 2.0 16 V benzinli, 1.6 16 V benzinli, hibrid1 ve hibrid2 motorlu araçlar için yapılacaktır. Bu sırada hibrid motorlu araçlar için gerekli vites oranları da seçilecektir.

8.4.1. Renault Megane 1.6 16 V'nin Yol Yüğü Hesapları

Yol yüğü hesapları için önce aracın bazı teknik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu özellikler Tablo 8.7'de verilmiştir.

Tablo 8.7 Renault Megane 1.6 16 V'nin yol yüğü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri [Renault Otomobil Fabrikası]

Hava yoğunluğu (ρ)	1.2 kg/m ³
Hava sürtünme katsayısı (c_w)	0.32
Harekete dik alanı (A)	2 m ²
Lastik tabanı	205 mm
Lastik yanağı	55 mm
Lastik çapı	16 inch
Lastik çevresi	1.98 m
Son dişli oranı	3.87
1. vites oranı	3.36
2. vites oranı	1.86
3. vites oranı	1.32
4. vites oranı	1.03
5. vites oranı	0.82
Ağırlık	1200 kg
Yer çekimi ivmesi (G)	9.81 m/s ²
Taşıtın Hızı	V
Rüzgar Hızı	V _R
Yuvarlanma direnci katsayısı(f_{ro})	0.01(1+V/160)

Aracın güç değerlerinin hangi devirlerdeki değerler olacağı seçildikten sonra, o devir ve vitesdeki aracın hızı hesaplanır. Bu hız değerlerine göre araca karşı olan dirençler Tablo 8.7'de verilen değerler kullanılarak bulunur. Burada kalan güç aracın performansını belirlemektedir. Kalan güç sıfıra yaklaştıkça araç da maksimum hızına yaklaşır. Bu hesaplar yapılırken yolun düz ve ortamın tamamen rüzgarsız olduğu kabul edilmiştir. Bu hesaplar Tablo 8.8'de verilmiştir.

Tablo 8.8 Renault Megane 1.6 16V aracın güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	76,9	9,2	20	0,4	0,0	19,6
1	2000	153,8	18,3	38	0,9	0,1	37,0
1	3000	230,7	27,5	62	1,4	0,2	60,3
1	4000	307,6	36,6	83	2,0	0,6	80,4
1	5000	384,5	45,8	106	2,6	1,1	102,3
1	6000	461,4	55,0	115	3,3	1,9	109,9
1	7000	538,3	64,1	109	4,0	3,0	102,1
2	1000	138,9	16,5	20	0,8	0,1	19,1
2	2000	277,8	33,1	38	1,8	0,4	35,8
2	3000	416,8	49,6	62	2,9	1,4	57,7
2	4000	555,7	66,2	83	4,2	3,2	75,6
2	5000	694,6	82,7	106	5,6	6,3	94,1
2	6000	833,5	99,3	115	7,2	11,0	96,9
2	7000	972,5	115,8	109	8,9	17,4	82,7
3	1000	195,8	23,3	20	1,2	0,1	18,7
3	2000	391,5	46,6	38	2,7	1,1	34,2
3	3000	587,3	69,9	62	4,5	3,8	53,7
3	4000	783,0	93,3	83	6,6	9,1	67,4
3	5000	978,8	116,6	106	9,0	17,7	79,3
3	6000	1174,5	139,9	115	11,7	30,7	72,7
3	7000	1370,3	163,2	109	14,7	48,7	45,7
4	1000	250,9	29,9	20	1,6	0,3	18,1
4	2000	501,7	59,8	38	3,6	2,4	32,0
4	3000	752,6	89,6	62	6,2	8,1	47,7
4	4000	1003,5	119,5	83	9,3	19,1	54,6
4	5000	1254,4	149,4	106	12,8	37,3	55,8
4	6000	1505,2	179,3	115	16,9	64,5	33,6
4	7000	1756,1	209,1	109	21,5	102,4	-14,9
5	1000	315,1	37,5	20	2,1	0,6	17,3
5	2000	630,2	75,1	38	4,9	4,7	28,4
5	3000	945,4	112,6	62	8,5	16,0	37,5
5	4000	1260,5	150,1	83	12,9	37,9	32,2
5	5000	1575,6	187,6	106	18,1	74,0	13,9
5	6000	1890,7	225,2	115	24,1	127,9	-37,0
5	7000	2205,8	262,7	109	30,9	203,0	-124,9

Seçilen devirlerdeki motor torku belirlendikten sonra vites oranına göre tekerleklere iletilen kuvvetler belirlenir. O devir ve viteslerdeki hızlara göre hesaplanan direnç kuvvetleri, tekerleklerdeki kuvvetlerden çıkarıldıktan sonra kalan kuvvetler bulunur. Kalan kuvvetlere göre o anda aracın çıkabileceği maksimum eğimin açısı ve maksimum ivme değerleri hesaplanır. Bu hesaplar Tablo 8.9'da verilmiştir.

Tablo 8.9 Renault Megane 1.6 16V aracın torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks. Eğim	İvme (m/s ²)
1	1000	76,9	9,2	120	4939,4	124,5	2,5	4812,4	24,1	3,6
1	2000	153,8	18,3	135	5556,8	131,2	9,9	5415,7	27,4	4,1
1	3000	230,7	27,5	145	5968,4	137,9	22,4	5808,1	29,6	4,4
1	4000	307,6	36,6	150	6174,2	144,7	39,8	5989,8	30,6	4,5
1	5000	384,5	45,8	147	6050,7	151,4	62,2	5837,2	29,7	4,4
1	6000	461,4	55,0	132	5433,3	158,2	89,5	5185,6	26,1	3,9
1	7000	538,3	64,1	125	5145,2	164,9	121,8	4858,5	24,4	3,7
2	1000	138,9	16,5	120	2734,3	129,9	8,1	2596,3	12,7	2,0
2	2000	277,8	33,1	135	3076,1	142,1	32,5	2901,6	14,3	2,2
2	3000	416,8	49,6	145	3303,9	154,2	73,0	3076,7	15,2	2,3
2	4000	555,7	66,2	150	3417,9	166,4	129,8	3121,6	15,4	2,4
2	5000	694,6	82,7	147	3349,5	178,6	202,9	2968,1	14,6	2,2
2	6000	833,5	99,3	132	3007,7	190,8	292,1	2524,8	12,4	1,9
2	7000	972,5	115,8	125	2848,2	202,9	397,6	2247,7	11,0	1,7
3	1000	195,8	23,3	120	1940,5	134,9	16,1	1789,5	8,7	1,4
3	2000	391,5	46,6	135	2183,0	152,0	64,4	1966,6	9,6	1,5
3	3000	587,3	69,9	145	2344,7	169,2	145,0	2030,5	9,9	1,5
3	4000	783,0	93,3	150	2425,6	186,3	257,8	1981,5	9,7	1,5
3	5000	978,8	116,6	147	2377,1	203,5	402,8	1770,8	8,7	1,3
3	6000	1174,5	139,9	132	2134,5	220,6	580,0	1333,8	6,5	1,0
3	7000	1370,3	163,2	125	2021,3	237,8	789,5	994,0	4,8	0,8
4	1000	250,9	29,9	120	1514,2	139,7	26,5	1348,0	6,6	1,0
4	2000	501,7	59,8	135	1703,4	161,7	105,9	1435,9	7,0	1,1
4	3000	752,6	89,6	145	1829,6	183,7	238,2	1407,8	6,9	1,1
4	4000	1003,5	119,5	150	1892,7	205,6	423,4	1263,6	6,2	1,0
4	5000	1254,4	149,4	147	1854,8	227,6	661,6	965,6	4,7	0,7
4	6000	1505,2	179,3	132	1665,6	249,6	952,7	463,3	2,3	0,4
4	7000	1756,1	209,1	125	1577,2	271,6	1296,7	9,0	0,0	0,0
5	1000	315,1	37,5	120	1205,4	145,3	41,8	1018,4	5,0	0,8
5	2000	630,2	75,1	135	1356,1	172,9	167,0	1016,2	5,0	0,8
5	3000	945,4	112,6	145	1456,6	200,6	375,8	880,3	4,3	0,7
5	4000	1260,5	150,1	150	1506,8	228,2	668,0	610,6	3,0	0,5
5	5000	1575,6	187,6	147	1476,7	255,8	1043,8	177,1	0,9	0,1
5	6000	1890,7	225,2	132	1326,0	283,4	1503,1	-460,5	-2,2	-0,3
5	7000	2205,8	262,7	125	1255,7	311,0	2045,9	-1101,2	-5,4	-0,8

Burada elde edilen değerler 1.5 litre dizel motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Renault Megane Hibrid1 araç için baz oluşturmaktadır.

8.4.2. Renault Megane Hibrid1'in Yol Yükü Hesapları

Yol yükü hesapları yapılmadan önce tasarlanan aracın ağırlığının yaklaşık olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama Tablo 8.10'da gösterilmiştir.

Tablo 8.10 Renault Megane Hibrid1'in ağırlığının belirlenmesi

Aracın kendi ağırlığı	1180 kg
Elektrik motorunun ağırlığı	40 kg
Elektrik jeneratörünün ağırlığı	29 kg
Çeviricilerin ağırlığı	32 kg
Bataryaların ağırlığı	107 kg
Diğer	62 kg
Toplam	1450 kg

Belirlenen araç ağırlığı ve istenilen performans göz önüne alınarak aracın vites oranları belirlenir. Bu araçta elektrik motoru sayesinde yüksek tork elde edilmesiyle 3 vites yeterli olmaktadır. Birinci vites kalkışlarda ve yokuş çıkmalarda araca yeterli gücün iletilmesini sağlamaktadır. 2. vites şehir içi, 3. vites ise şehir dışı yollar için uygundur. Tablo 8.11'de seçilen vites oranları verilmiştir.

Tablo 8.11 Renault Megane Hibrid1'in vites oranları

Son dişli oranı	3.57
1. vites oranı	2.2
2. vites oranı	1.2
3. vites oranı	0.76

Elektrik motoru ve içten yanmalı motorun bir arada çalıştığı yani yüksek gücün gerekli olduğu anlardaki aracın yol yükü hesapları Tablo 8.12 ve Tablo 8.13'te verilmiştir.

Tablo 8.12 Renault Megane Hibrid1'in maksimum güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	127,3	15,2	30,4	0,9	0,0	29,5
1	2000	254,6	30,3	80,8	1,9	0,3	78,5
1	3000	382,0	45,5	102,8	3,1	1,1	98,6
1	4000	509,3	60,7	120,8	4,5	2,5	113,8
1	4600	585,7	69,8	95,8	5,4	3,8	86,6
2	1000	233,4	27,8	30,4	1,8	0,2	28,4
2	2000	466,9	55,6	80,8	4,0	1,9	74,8
2	3000	700,3	83,4	102,8	6,8	6,5	89,5
2	4000	933,7	111,2	120,8	10,1	15,4	95,3
2	4600	1073,8	127,9	95,8	12,4	23,4	60,0
3	1000	368,6	43,9	30,4	3,0	0,9	26,4
3	2000	737,1	87,8	80,8	7,3	7,6	65,9
3	3000	1105,7	131,7	102,8	12,9	25,6	64,3
3	4000	1474,3	175,6	120,8	19,8	60,6	40,4
3	4600	1695,4	201,9	95,8	24,5	92,2	-20,9

Tablo 8.13 Renault Megane Hibrid1'in maksimum torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks. Eğim	İvme (m/s ²)
1	1000	127,3	15,2	250	6215,4	155,7	6,8	6052,9	25,2	3,8
1	2000	254,6	30,3	325	8080,1	169,2	27,3	7883,6	33,7	4,9
1	3000	382,0	45,5	275	6837,0	182,7	61,3	6593,0	27,6	4,1
1	4000	509,3	60,7	232	5767,9	196,2	109,1	5462,7	22,6	3,4
1	4600	585,7	69,8	192	4773,5	204,3	144,2	4425,0	18,1	2,8
2	1000	233,4	27,8	250	6215,4	167,0	22,9	6025,6	25,1	3,8
2	2000	466,9	55,6	325	8080,1	191,7	91,6	7796,8	33,2	4,9
2	3000	700,3	83,4	275	3729,3	216,4	206,2	3306,7	13,4	2,1
2	4000	933,7	111,2	232	3146,1	241,1	366,6	2538,5	10,3	1,6
2	4600	1073,8	127,9	192	2603,7	255,9	484,8	1863,0	7,5	1,2
3	1000	368,6	43,9	250	3390,2	181,3	57,1	3151,9	12,8	2,0
3	2000	737,1	87,8	325	4407,3	220,3	228,5	3958,6	16,2	2,5
3	3000	1105,7	131,7	275	3729,3	259,3	514,1	2955,9	12,0	1,9
3	4000	1474,3	175,6	232	3146,1	298,3	913,9	1933,9	7,8	1,2
3	4600	1695,4	201,9	192	1649,0	321,8	1208,6	118,7	0,5	0,1

Hibrid1 aracı, düşük gücün yeterli olduğu durumlarda sadece elektrik motoruyla ilerlemektedir. Bu yüzden araç bu motorla da belirli performans değerlerini sağlamalıdır. Yapılan hesaplamalara göre araç sadece elektrik motoruyla 120 km/h hıza çıkıp sabit bir şekilde ilerleyebilmektedir. Düşük yükte Hibrid1 aracın yol yükü hesapları Tablo 8.14 ve Tablo 8.15'te verilmiştir.

Tablo 8.14 Renault Megane Hibrid1'in sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	127,3	15,2	20,4	0,9	0,0	19,5
1	2000	254,6	30,3	40,8	1,9	0,3	38,5
1	3000	382,0	45,5	40,8	3,1	1,1	36,6
1	4000	509,3	60,7	40,8	4,5	2,5	33,8
1	4600	585,7	69,8	40,8	5,4	3,8	31,6
2	1000	233,4	27,8	20,4	1,8	0,2	18,4
2	2000	466,9	55,6	40,8	4,0	1,9	34,8
2	3000	700,3	83,4	40,8	6,8	6,5	27,5
2	4000	933,7	111,2	40,8	10,1	15,4	15,3
2	4600	1073,8	127,9	40,8	12,4	23,4	5,0
3	1000	368,6	43,9	20,4	3,0	0,9	16,4
3	2000	737,1	87,8	40,8	7,3	7,6	25,9
3	3000	1105,7	131,7	40,8	12,9	25,6	2,3
3	4000	1474,3	175,6	40,8	19,8	60,6	-39,6
3	4600	1695,4	201,9	40,8	24,5	92,2	-75,9

Tablo 8.15 Renault Megane Hibrid1'in sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks. Eğim	İvme (m/s ²)
1	1000	127,3	15,2	141	3505,5	155,7	6,8	3343,0	13,6	2,2
1	2000	254,6	30,3	141	3505,5	169,2	27,3	3309,0	13,5	2,2
1	3000	382,0	45,5	95	2361,9	182,7	61,3	2117,8	8,6	1,4
1	4000	509,3	60,7	72	1790,0	196,2	109,1	1484,8	6,0	1,0
1	4600	585,7	69,8	62	1541,4	204,3	144,2	1192,9	4,8	0,8
2	1000	233,4	27,8	141	3505,5	167,0	22,9	3315,6	13,5	2,2
2	2000	466,9	55,6	141	3505,5	191,7	91,6	3222,2	13,1	2,1
2	3000	700,3	83,4	95	1288,3	216,4	206,2	865,7	3,5	0,6
2	4000	933,7	111,2	72	976,4	241,1	366,6	368,7	1,5	0,2
2	4600	1073,8	127,9	62	840,8	255,9	484,8	100,1	0,4	0,1
3	1000	368,6	43,9	141	1912,1	181,3	57,1	1673,7	6,8	1,1
3	2000	737,1	87,8	141	1912,1	220,3	228,5	1463,3	5,9	1,0
3	3000	1105,7	131,7	95	1288,3	259,3	514,1	514,9	2,1	0,3
3	4000	1474,3	175,6	72	976,4	298,3	913,9	-235,8	-0,9	-0,1
3	4600	1695,4	201,9	62	532,5	321,8	1208,6	-997,9	-4,0	-0,6

8.4.3. Renault Megane 2.0 16 V'nin Yol Yüğü Hesapları

Bu araçta yol yüğü hesapları için önce bazı teknik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu özellikler Tablo 8.16'da verilmiştir.

Tablo 8.16 Renault Megane 2.0 16V'nin yol yüğü hesaplarında kullanılan teknik özellikleri [Renault Otomobil Fabrikası]

Hava yoğunluğu (ρ)	1.2 kg/m ³
Hava sürtünme katsayısı (c_w)	0.32
Harekete dik alanı (A)	2 m ²
Lastik tabanı	205 mm
Lastik yanağı	55 mm
Lastik çapı	16 inch
Lastik çevresi	1.98 m
Son dişli oranı	3.37
1. vites oranı	3.91
2. vites oranı	2.11
3. vites oranı	1.39
4. vites oranı	0.98
5. vites oranı	0.78
6. vites oranı	0.64
Ağırlık	1275 kg
Yer çekimi ivmesi (G)	9.81 m/s ²
Taşıtın Hızı	V
Rüzgar Hızı	V _R
Yuvarlanma direnci katsayısı (f_{ro})	0.01(1+V/160)

Bu teknik özelliklerin kullanılmasıyla elde edilen yol yüğü hesaplarının, 1.4 litre 16V benzinli motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Renault Megane Hibrid2 araç için baz oluşturması beklenmektedir. 2.0 16V motorlu aracın Tablo 8.17'de güce göre, Tablo 8.18'de ise torka göre yol yüğü hesapları verilmiştir.

Tablo 8.17 Renault Megane 2.0 16V aracın güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	75,9	9,0	27	0,5	0,0	26,5
1	2000	151,8	18,1	54	1,0	0,1	53,0
1	3000	227,7	27,1	79	1,5	0,2	77,3
1	4000	303,6	36,2	109	2,1	0,5	106,4
1	5000	379,5	45,2	129	2,7	1,0	125,2
1	6000	455,3	54,2	132	3,4	1,8	126,8
1	7000	531,2	63,3	125	4,2	2,8	118,0
2	1000	140,6	16,7	27	0,9	0,1	26,1
2	2000	281,3	33,5	54	1,9	0,4	51,7
2	3000	421,9	50,2	79	3,1	1,4	74,5
2	4000	562,5	67,0	109	4,5	3,4	101,1
2	5000	703,2	83,7	129	6,0	6,6	116,4
2	6000	843,8	100,5	132	7,7	11,4	112,9
2	7000	984,4	117,2	125	9,6	18,0	97,4
3	1000	213,5	25,4	27	1,4	0,2	25,4
3	2000	427,0	50,8	54	3,2	1,5	49,4
3	3000	640,4	76,3	79	5,3	5,0	68,7
3	4000	853,9	101,7	109	7,9	11,8	89,4
3	5000	1067,4	127,1	129	10,8	23,0	95,2
3	6000	1280,9	152,5	132	14,1	39,8	78,2
3	7000	1494,4	178,0	125	17,8	63,1	44,1
4	1000	302,8	36,1	27	2,1	0,5	24,4
4	2000	605,6	72,1	54	4,9	4,2	44,9
4	3000	908,4	108,2	79	8,6	14,2	56,3
4	4000	1211,2	144,2	109	13,0	33,6	62,4
4	5000	1514,0	180,3	129	18,1	65,6	45,2
4	6000	1816,8	216,4	132	24,0	113,4	-5,5
4	7000	2119,5	252,4	125	30,7	180,1	-85,9
5	1000	380,4	45,3	27	2,7	1,0	23,2
5	2000	760,9	90,6	54	6,7	8,3	39,0
5	3000	1141,3	135,9	79	11,9	28,1	39,0
5	4000	1521,7	181,2	109	18,3	66,7	24,1
5	5000	1902,2	226,5	129	25,9	130,2	-27,1
5	6000	2282,6	271,8	132	34,7	225,0	-127,6
5	7000	2663,0	317,1	125	44,7	357,3	-276,9
6	1000	463,6	55,2	27	3,5	1,9	21,6
6	2000	927,3	110,4	54	8,8	15,1	30,1
6	3000	1390,9	165,7	79	15,9	50,9	12,2
6	4000	1854,6	220,9	109	24,8	120,7	-36,5
6	5000	2318,2	276,1	129	35,6	235,7	-142,2
6	6000	2781,9	331,3	132	48,1	407,3	-323,3
6	7000	3245,5	386,5	125	62,4	646,7	-584,1

Tablo 8.18 Renault Megane 2.0 16V aracın torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks. Eğim	İvme (m/s ²)
1	1000	75,9	9,0	160	6673,7	132,1	2,4	6539,2	31,5	4,7
1	2000	151,8	18,1	172	7174,2	139,2	9,7	7025,4	34,2	5,0
1	3000	227,7	27,1	180	7507,9	146,3	21,8	7339,9	35,9	5,2
1	4000	303,6	36,2	188	7841,6	153,3	38,7	7649,5	37,7	5,5
1	5000	379,5	45,2	178	7424,5	160,4	60,5	7203,6	35,2	5,1
1	6000	455,3	54,2	160	6673,7	167,5	87,2	6419,1	30,9	4,6
1	7000	531,2	63,3	150	6256,6	174,5	118,7	5963,4	28,5	4,3
2	1000	140,6	16,7	160	3601,4	138,2	8,3	3454,9	16,0	2,5
2	2000	281,3	33,5	172	3871,5	151,3	33,3	3687,0	17,1	2,6
2	3000	421,9	50,2	180	4051,6	164,4	74,8	3812,4	17,7	2,7
2	4000	562,5	67,0	188	4231,7	177,4	133,1	3921,2	18,3	2,8
2	5000	703,2	83,7	178	4006,6	190,5	207,9	3608,1	16,8	2,6
2	6000	843,8	100,5	160	3601,4	203,6	299,4	3098,4	14,3	2,2
2	7000	984,4	117,2	150	3376,3	216,7	407,5	2752,1	12,7	2,0
3	1000	213,5	25,4	160	2372,5	145,0	19,2	2208,4	10,2	1,6
3	2000	427,0	50,8	172	2550,4	164,8	76,6	2309,0	10,6	1,6
3	3000	640,4	76,3	180	2669,1	184,7	172,5	2311,9	10,7	1,6
3	4000	853,9	101,7	188	2787,7	204,6	306,6	2276,5	10,5	1,6
3	5000	1067,4	127,1	178	2639,4	224,5	479,0	1935,9	8,9	1,4
3	6000	1280,9	152,5	160	2372,5	244,3	689,8	1438,3	6,6	1,0
3	7000	1494,4	178,0	150	2224,2	264,2	938,9	1021,1	4,7	0,7
4	1000	302,8	36,1	160	1672,7	153,3	38,5	1480,9	6,8	1,1
4	2000	605,6	72,1	172	1798,1	181,5	154,2	1462,5	6,7	1,0
4	3000	908,4	108,2	180	1881,8	209,6	346,9	1325,2	6,1	0,9
4	4000	1211,2	144,2	188	1965,4	237,8	616,8	1110,8	5,1	0,8
4	5000	1514,0	180,3	178	1860,9	266,0	963,7	631,1	2,9	0,4
4	6000	1816,8	216,4	160	1672,7	294,2	1387,8	-9,3	0,0	0,0
4	7000	2119,5	252,4	150	1568,2	322,4	1888,9	-643,2	-2,9	-0,5
5	1000	380,4	45,3	160	1331,3	160,5	60,9	1110,0	5,1	0,8
5	2000	760,9	90,6	172	1431,2	195,9	243,4	991,9	4,5	0,7
5	3000	1141,3	135,9	180	1497,7	231,3	547,7	718,7	3,3	0,5
5	4000	1521,7	181,2	188	1564,3	266,7	973,6	323,9	1,5	0,2
5	5000	1902,2	226,5	178	1481,1	302,2	1521,3	-342,4	-1,6	-0,2
5	6000	2282,6	271,8	160	1331,3	337,6	2190,7	-1196,9	-5,5	-0,9
5	7000	2663,0	317,1	150	1248,1	373,0	2981,8	-2106,7	-9,7	-1,5
6	1000	463,6	55,2	160	1331,3	168,2	90,4	1072,7	4,9	0,8
6	2000	927,3	110,4	172	1431,2	211,4	361,5	858,2	3,9	0,6
6	3000	1390,9	165,7	180	1497,7	254,6	813,5	429,7	2,0	0,3
6	4000	1854,6	220,9	188	1564,3	297,7	1446,2	-179,6	-0,8	-0,1
6	5000	2318,2	276,1	178	1481,1	340,9	2259,7	-1119,5	-5,1	-0,8
6	6000	2781,9	331,3	160	1331,3	384,1	3253,9	-2306,7	-10,6	-1,6
6	7000	3245,5	386,5	150	1248,1	427,2	4429,0	-3608,1	-16,8	-2,6

8.4.4. Renault Megane Hibrid2 Aracın Yol Yüğü Hesapları

Yol yüğü hesapları yapılmadan önce tasarlanan aracın ağırlığının yaklaşık olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama Tablo 8.19'da gösterilmiştir.

Tablo 8.19 Renault Megane Hibrid2'nin ağırlığının belirlenmesi

Aracın kendi ağırlığı	1130 kg
Elektrik motorunun ağırlığı	40 kg
Elektrik jeneratörünün ağırlığı	29 kg
Çeviricilerin ağırlığı	32 kg
Bataryaların ağırlığı	107 kg
Diğer	62 kg
Toplam	1400 kg

Belirlenen araç ağırlığı ve istenilen performans göz önüne alınarak aracın vites oranları belirlenir. Bu araçta da elektrik motoru sayesinde yüksek tork elde edilmesiyle 3 vites yeterli olmaktadır. Birinci vites kalkışlarda ve yokuş çıkmalarda araca yeterli gücün iletilmesini sağlamaktadır. 2. vites şehir içi, 3. vites ise şehir dışı yollar için uygundur. Tablo 8.20'de seçilen vites oranları verilmiştir.

Tablo 8.20 Renault Megane Hibrid2'nin vites oranları

Son dişli oranı	4.2
1. vites oranı	2.3
2. vites oranı	1.4
3. vites oranı	0.72

Elektrik motoru ve içten yanmalı motorun bir arada çalıştığı yani yüksek gücün gerekli olduğu anlardaki aracın yol yüğü hesapları Tablo 8.21 ve Tablo 8.22'de verilmiştir.

Tablo 8.21 Renault Megane Hibrid2'nin maksimum güce göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	12,3	34,4	0,7	0,0	33,7
1	2000	207,0	24,7	70,8	1,5	0,2	69,2
1	3000	310,6	37,0	92,8	2,4	0,6	89,9
1	4000	414,1	49,3	110,8	3,3	1,3	106,1
1	5000	517,6	61,6	130,8	4,4	2,6	123,7
1	6000	621,1	74,0	138,8	5,6	4,5	128,7
1	7000	724,6	86,3	132,8	6,9	7,2	118,7
2	1000	170,1	20,3	34,4	1,2	0,1	33,1
2	2000	340,1	40,5	70,8	2,6	0,7	67,4
2	3000	510,2	60,8	92,8	4,3	2,5	85,9
2	4000	680,3	81,0	110,8	6,3	6,0	98,5
2	5000	850,3	101,3	130,8	8,6	11,6	110,6
2	6000	1020,4	121,5	138,8	11,1	20,1	107,6
2	7000	1190,5	141,8	132,8	13,9	31,9	87,0
3	1000	330,7	39,4	34,4	2,5	0,7	31,2
3	2000	661,4	78,8	70,8	6,1	5,5	59,2
3	3000	992,1	118,1	92,8	10,7	18,5	63,7
3	4000	1322,8	157,5	110,8	16,2	43,8	50,8
3	5000	1653,4	196,9	130,8	22,8	85,5	22,5
3	6000	1984,1	236,3	138,8	30,4	147,8	-39,3
3	7000	2314,8	275,7	132,8	38,9	234,6	-140,8

Tablo 8.22 Renault Megane Hibrid2'nin maksimum torka göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks. Eğim	İvme (m/s ²)
1	1000	103,5	12,3	240	7338,9	147,9	4,5	7186,4	31,6	4,7
1	2000	207,0	24,7	255	7797,6	158,5	18,0	7621,0	33,7	4,9
1	3000	310,6	37,0	215	6574,4	169,1	40,6	6364,8	27,6	4,1
1	4000	414,1	49,3	197	6024,0	179,7	72,1	5772,2	24,9	3,7
1	5000	517,6	61,6	178	5443,0	190,3	112,6	5140,1	22,0	3,3
1	6000	621,1	74,0	166	5076,1	200,8	162,2	4713,0	20,1	3,1
1	7000	724,6	86,3	146	4464,5	211,4	220,8	4032,3	17,1	2,6
2	1000	170,1	20,3	240	4467,1	154,7	12,2	4300,3	18,2	2,8
2	2000	340,1	40,5	255	4746,3	172,1	48,6	4525,6	19,2	2,9
2	3000	510,2	60,8	215	4001,8	189,5	109,4	3702,9	15,6	2,4
2	4000	680,3	81,0	197	3666,8	206,9	194,6	3265,3	13,8	2,1
2	5000	850,3	101,3	178	3313,1	224,3	304,0	2784,8	11,7	1,8
2	6000	1020,4	121,5	166	3089,8	241,7	437,8	2410,3	10,1	1,6
2	7000	1190,5	141,8	146	2717,5	259,0	595,9	1862,6	7,8	1,2
3	1000	330,7	39,4	240	2297,4	171,1	46,0	2080,3	8,7	1,4
3	2000	661,4	78,8	255	2441,0	205,0	183,9	2052,1	8,6	1,3
3	3000	992,1	118,1	215	2058,1	238,8	413,8	1405,5	5,9	0,9
3	4000	1322,8	157,5	197	1885,8	272,6	735,7	877,5	3,7	0,6
3	5000	1653,4	196,9	178	1703,9	306,4	1149,5	248,0	1,0	0,2
3	6000	1984,1	236,3	166	1589,0	340,2	1655,3	-406,4	-1,7	-0,3
3	7000	2314,8	275,7	146	1397,6	374,0	2253,0	-1229,4	-5,1	-0,8

Hibrid2 araç, düşük gücün yeterli olduğu durumlarda sadece elektrik motoruyla ilerlemektedir. Bu yüzden araç bu motorla da belirli performans değerlerini sağlamalıdır. Yapılan hesaplamalara göre araç sadece elektrik motoruyla 125 km/h hıza çıkıp sabit bir şekilde ilerleyebilmektedir. Düşük yükte Hibrid2 aracın yol yükü hesapları Tablo 8.23 ve Tablo 8.24'te verilmiştir.

Tablo 8.23 Renault Megane Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun gücüne göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motorun gücü (HP)	Sürtünme direnci (HP)	Rüzgar direnci (HP)	Kalan güç (HP)
1	1000	103,5	12,3	20,4	0,7	0,0	19,7
1	2000	207,0	24,7	40,8	1,5	0,2	39,2
1	3000	310,6	37,0	40,8	2,4	0,6	37,9
1	4000	414,1	49,3	40,8	3,3	1,3	36,1
1	5000	517,6	61,6	40,8	4,4	2,6	33,7
1	6000	621,1	74,0	40,8	5,6	4,5	30,7
1	7000	724,6	86,3	40,8	6,9	7,2	26,7
2	1000	170,1	20,3	20,4	1,2	0,1	19,1
2	2000	340,1	40,5	40,8	2,6	0,7	37,4
2	3000	510,2	60,8	40,8	4,3	2,5	33,9
2	4000	680,3	81,0	40,8	6,3	6,0	28,5
2	5000	850,3	101,3	40,8	8,6	11,6	20,6
2	6000	1020,4	121,5	40,8	11,1	20,1	9,6
2	7000	1190,5	141,8	40,8	13,9	31,9	-5,0
3	1000	330,7	39,4	20,4	2,5	0,7	17,2
3	2000	661,4	78,8	40,8	6,1	5,5	29,2
3	3000	992,1	118,1	40,8	10,7	18,5	11,7
3	4000	1322,8	157,5	40,8	16,2	43,8	-19,2
3	5000	1653,4	196,9	40,8	22,8	85,5	-67,5
3	6000	1984,1	236,3	40,8	30,4	147,8	-137,3
3	7000	2314,8	275,7	40,8	38,9	234,6	-232,8

Tablo 8.24 Renault Megane Hibrid2'nin sadece elektrik motorunun torkuna göre yol yükü hesapları

Vites	Motor devri (d/d)	Teker devri (d/d)	Aracın hızı (km/h)	Motor torku (Nm)	Teker kuvveti (N)	Sürtünme direnci (N)	Rüzgar direnci (N)	Kalan kuvvet (N)	Maks. Eğim	İvme (m/s ²)
1	1000	103,5	12,3	140	4281,0	147,9	4,5	4128,6	17,5	2,7
1	2000	207,0	24,7	140	4281,0	158,5	18,0	4104,5	17,4	2,7
1	3000	310,6	37,0	95	2905,0	169,1	40,6	2695,3	11,3	1,8
1	4000	414,1	49,3	72	2201,7	179,7	72,1	1949,9	8,2	1,3
1	5000	517,6	61,6	57	1743,0	190,3	112,6	1440,1	6,0	0,9
1	6000	621,1	74,0	48	1467,8	200,8	162,2	1104,7	4,6	0,7
1	7000	724,6	86,3	41	1253,7	211,4	220,8	821,5	3,4	0,5
2	1000	170,1	20,3	140	2605,8	154,7	12,2	2438,9	10,2	1,6
2	2000	340,1	40,5	140	2605,8	172,1	48,6	2385,1	10,0	1,5
2	3000	510,2	60,8	95	1768,2	189,5	109,4	1469,3	6,1	1,0
2	4000	680,3	81,0	72	1340,1	206,9	194,6	938,7	3,9	0,6
2	5000	850,3	101,3	57	1060,9	224,3	304,0	532,7	2,2	0,3
2	6000	1020,4	121,5	48	893,4	241,7	437,8	214,0	0,9	0,1
2	7000	1190,5	141,8	41	763,1	259,0	595,9	-91,8	-0,4	-0,1
3	1000	330,7	39,4	140	1340,1	171,1	46,0	1123,0	4,7	0,7
3	2000	661,4	78,8	140	1340,1	205,0	183,9	951,3	4,0	0,6
3	3000	992,1	118,1	95	909,4	238,8	413,8	256,8	1,1	0,2
3	4000	1322,8	157,5	72	689,2	272,6	735,7	-319,0	-1,3	-0,2
3	5000	1653,4	196,9	57	545,6	306,4	1149,5	-910,2	-3,8	-0,6
3	6000	1984,1	236,3	48	459,5	340,2	1655,3	-1536,0	-6,4	-1,0
3	7000	2314,8	275,7	41	392,5	374,0	2253,0	-2234,5	-9,4	-1,5

9.HİBRİD ARAÇLARIN YOL SİMÜLASYONU İÇİN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMININ HAZIRLANMASI

Bu çalışmada; tasarımı yapılan hibrid elektrikli araçların performans, tüketim ve emisyon değerlerinin ölçülebilmesi için gerekli olan yol simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, dönüşümü yapılan hibrid araçlarla, onlara denk güçlerdeki konvansiyonel araçların karşılaştırılmasına olanak tanınmıştır. Ayrıca, daha önceki bölümlerde hibrid araçlar için çıkarılan güç ve tork eğrileri ile yol yükü hesaplarının daha iyi anlaşılabilmesi amaçlanmıştır.

Yol simülasyonu için gerekli bilgisayar programı Visual Basic ortamında yazılmıştır. Bu programda beş adet konvansiyonel ve beş adet de karma hibrid elektrikli olmak üzere toplam on adet aracın yol simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Karma hibrid elektrikli araçların üç tanesi Fiat Doblo olup diğerleri Renault Megane'dır. Konvansiyonel araçların ise üç tanesi Renault Megane, diğerleri Fiat Doblo'dur. Program sayesinde güncel hayatta rastladığımız beş araç ve de tasarımı yapılan beş aracın performans, tüketim ve emisyon değerlerini yaklaşık olarak elde etmemiz mümkün olmaktadır. Araçların fabrika veri değerlerine, normal koşullarda ulaşılması pek mümkün olmadığı için, program hazırlanırken araçların sadece fabrika verileri değil; çeşitli dergilerde yayınlanan yol testleri de göz önüne alınmıştır.

Program için araçların motor güç ve tork değerleri; motor devrinin bir fonksiyonu olan denklemler haline getirilmiştir. Aracın hızı da tekerlek ve transmisyon değerlerinin yardımıyla, motor devrinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir. Aracın hareketine ters yönde oluşan kuvvetler ise, araç hızının fonksiyonu olarak ifade edilmiştir. Bu kuvvetler aynı zamanda motor devrinin fonksiyonu da olmaktadır. İçten yanmalı motorların özgül yakıt ve CO₂ tüketim değerleri de motor devrinin bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Tüm bunlar bir döngü içerisinde hesaplanır. Araç harekete birinci viteste başlar ve bu viteste bir döngü gerçekleşir. Ardından istenilen devirde bir sonraki vitese geçilir ve burada da

döngü gerçekleşir. Vites değişimi, araç istenilen hıza ulaşana kadar devam eder. Şekil 9.1’de yol simülasyonu programı gösterilmiştir.

GİRİLEN DEĞERLER		SEÇENEKLER		TEKNİK ÖZELLİKLER	
istenen yol	100	<input checked="" type="radio"/> hibrid doblo 1	marka	Fiat	
max hız	90	<input type="radio"/> hibrid doblo 2	model	Doblo	
max devir	3000	<input type="radio"/> hibrid doblo 3	iyim tip	1.3 diesel	
durkalk	1	<input type="radio"/> 1.9 JTD doblo	iyim güç	70 hp	
eğim	0	<input type="radio"/> 1.6 16V doblo	iyim tork	180 Nm	
rüzgar hızı	0	<input type="radio"/> hibrid megane 1	emk tip	DC	
şarj devri	3000	<input type="radio"/> hibrid megane 2	emk güç	40 hp	
		<input type="radio"/> 1.5 dci megane	emk tork	140 Nm	
		<input type="radio"/> 1.6 16V megane	agırlık	1550 kg	
		<input type="radio"/> 2.0 16V megane	son hız	170 km/h	
			vites sayısı	3	
		çalıştır			
		hesapla			
SONUÇLAR					
hızlanma	11,6346263962516	sn			
toplam yol	101,044329827203	km			
toplam süre	1,1126992749974	saat			
ortalama hız	90,8100976586321	km/h			
CO2	4267,6192806076	gram			
tüketim	3,64930064935496	lt			
şarj süresi	0,326354070398936	saat			
akü kap.	15,6457980808902	kw/h			

Şekil 9.1 Yol Simülasyonu Programı

Programda, biri ilk değerleri atayan, diğeri de hesaplamayı gerçekleştiren iki buton bulunmaktadır. Ayrıca ilki istenilen değerlerin girildiği; “Girilen Değerler”, ikincisi araç modelinin belirlendiği; “Seçenek”, üçüncüsü teknik özelliklerin gösterildiği; “Teknik Özellikler” ve sonuncusu sonuçların verildiği; “Sonuçlar” olmak üzere dört ekran daha vardır. İlk buton “Girilen Değerler” ekranına programın hafızasında olan değerleri atamaktadır. Programın çalışması için “Girilen Değerler” ekranının mutlaka dolu olması gerekmektedir. Daha sonra “Seçenekler” ekranından yanlarındaki yuvarlak kutucuk işaretlenmek şartıyla bir model seçilmelidir. En son hesapla butonuna basılarak, simülasyon gerçekleştirilir ve elde edilen değerler, “Sonuçlar” ekranında görülebilir.

“Girilen Değerler” ekranındaki değerler kullanıcı tarafından simülasyonun gerçekleştirileceği şartlara göre belirlenmektedir. Şekil 9.2’de yol simülasyonu programının “Girilen Değerler” ekranı görülmektedir.

GİRİLEN DEĞERLER	
istenen yol	100
max hız	90
max devir	3000
durkalk	1
eğim	0
rüzgar hızı	0
şarj devri	3000

Şekil 9.2 Yol Simülasyonu Programının Girilen Değerler Ekranı

Bu ekrana simülasyonun yapılacağı yolun uzunluğu km olarak, istenen yol bölümüne girilir. Aracın ulaşması istenilen maksimum hız ise km/h olarak max hız bölümüne girilir. Vites değişiminde esas alınacak devir ise aracın motorunun ulaşacağı maksimum devri göstermektedir. Fakat bu duruma son vites dahil değildir çünkü maksimum hızın karşılanması için gerekli motor devri, girilen maksimum devir değerinden büyük olabilmektedir. Maksimum devir d/d olarak, max devir bölümüne girilir. Bu maksimum devir aracın kullanım tarzını belirler. Eğer çok yüksek performans değerleri hedefleniyorsa bu değer olabildiğince büyük seçilmelidir. Bu değerler motorların maksimum devirleriyle sınırlandırılmaktadır. Bu, dizel araçlarda 4600 d/d olup benzinli araçlarda 7000 d/d’dır. Eğer konvansiyonel araçlarda yakıt ekonomisi hedefleniyorsa bu değer 2500-3000 d/d aralığında seçilmelidir. Dur-kalk bölümüne ise aracın yapması istenilen dur-kalk sayısı girilir. Bu otoyol sürüşlerinde ve hızlanma testlerinde 1’e yakın değerler olup şehir içi sürüşlerinde ise istenen yola bağlı olarak artmaktadır. Eğim bölümüne ise aracın tırmanması beklenen eğim açısının derece olarak değeri girilir. Rüzgar hızı bölümüne ise km/h olarak rüzgarın hızı girilir. Bu değer eğer rüzgarın yönü aracın hareket yönüne ters ise pozitif, aracın hareket yönüne paralel ise negatif olarak girilir. Şarj devri bölümü ise sadece hibrid araçların simülasyonu sırasında etkin olan bir bölümdür. Buraya d/d olarak girilen değer, içten yanmalı motorun aküleri şarj etmesi sırasında çalışacağı **devri** göstermektedir.

Seçenekler b3l3m3 ise on araçtan hangisinin sim3lasyonun yapılacağının seçildiği b3l3md3r. Şekil 9.3'te seçenekler b3l3m3 g3r3lmektedir.



Şekil 9.3 Yol Sim3lasyonu Programının Seçenekler Ekranı

Bu b3l3mde hibrid doblo1 olarak adlandırılan araç, 1.3 litre t3rbo dizel motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Fiat Doblo araçtır. Hibrid doblo2 olarak adlandırılan araç ise, 1.2 litre 8 supaplı benzinli motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Fiat Doblo araçtır. Hibrid doblo3 ise, 1.2 litre 16 supaplı benzinli motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Fiat Doblo araçtır. 1.9 JTD doblo olarak adlandırılan araç ise, seri 3retimi yapılan 1.9 litre t3rbo dizel motorlu Fiat Doblo'dur. 1.6 16V doblo ise yine seri 3retimde olan 1.6 litre benzinli motorlu Fiat Doblo'dur. Hibrid megane1 olarak adlandırılan araç, 1.5 litre t3rbo dizel motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Renault Megan'dır. Hibrid megane2 olarak adlandırılan araç ise, 1.4 litre 16 supaplı benzinli motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı Renault Megane'dır. 1.5 dci megane, 1.5 litre t3rbo dizel motorlu, 1.6 16 V megane, 1.6 litre benzinli, 2.0 16 V megane ise 2.0 litre benzinli motorlu seri 3retimde olan Renault Megane modellerini simgelemektedir.

Teknik 3zellikler ekranında ise seçenekler ekranında hangi araç seçildiyse, o araca ait teknik 3zelliklerin bazıları g3r3lmektedir. Aracın markası, modeli, araçta kullanılan içten yanmalı motorun hacmi, kullandığı yakıt t3r3, maksimum g3c3 ve torku, eğer araç hibrid ise elektrik motorunun çeşidi, maksimum g3c3 ve torku, aracın toplam ağırlığı, aracın ulaŐabileceđi maksimum hız ve aracın vites sayısı bu teknik 3zellikler listesini oluŐurmaktadır. Şekil 9.4'te teknik 3zellikler b3l3m3 g3r3lmektedir.

TEKNİK ÖZELLİKLER	
marka	Fiat
model	Doblo
iyim tip	1.3 diesel
iyim güç	70 hp
iyim tork	180 Nm
emk tip	DC
emk güç	40 hp
emk tork	140 Nm
agırlık	1550 kg
son hız	170 km/h
vites sayısı	3

Şekil 9.4 Yol Simülasyonu Programının Teknik Özellikler Ekranı

Son ekran olan sonuçlar ekranında ise seçilen aracın yol simülasyonun sonuçları verilmektedir. Şekil 9.5'te sonuçlar ekranı görülmektedir.

SONUÇLAR		
hızlanma	11,6346263962516	sn
toplam yol	101,044329827203	km
toplam süre	1,1126992749974	saat
ortalama hız	90,8100976586321	km/h
CO ₂	4267,6192806076	gram
tüketim	3,64930064935496	lt
şarj süresi	0,326354070398936	saat
akü kap.	15,6457980808902	kw/h

Şekil 9.5 Yol Simülasyonu Programının Sonuçlar Ekranı

Hızlanma bölümünde aracın sıfırdan istenilen hıza ulaşması için gereken süre verilmektedir. Bu süre seçilen bir araç için motorun kullanılacağı maksimum devir ve maksimum hıza göre değişim göstermektedir. Hızlanma değerlerinin belirlenmesinde motorların tüm güçleri kullanılmıştır. Bu karma hibrid araçlarda elektrik motoru ve içten yanmalı motorun birlikte ürettiği güçtür. Toplam yol bölümünde ise simülasyon boyunca aracın aldığı mesafe km cinsinden verilmektedir. Toplam süre bölümünde simülasyonun kaç saat sürdüğü verilmektedir. Ortalama hız bölümünde aracın simülasyon boyunca ki ortalama hızı görülmektedir. CO₂ ve tüketim bölümlerinde ise sırasıyla simülasyon boyunca aracın tükettiği CO₂ ve yakıt

miktarları verilmektedir. Şarj süresi bölümünde ise simülasyon sırasında içten yanmalı motorun aküleri şarj etmek için ne kadar süre çalıştığı gösterilmektedir. Akü kapasitesi bölümünde ise yol boyunca akülerden çekilen enerjinin ne kadar olduğu verilmektedir. Ekler bölümünde programın akış şeması verilmiştir.

9.1.Fiat Doblo ve Renault Megane Araçların Yol Simülasyonları Sonuçları

Araçların yol simülasyonları için bazı deney koşullarının sağlanması gereklidir. Yolun eğiminin % 1.5'i geçmemesi ve rüzgar hızının maksimum 3 km/h olması gerekmektedir. Ortam sıcaklığının ise 10°C-30°C arasında olması istenmektedir. Bu şartlar sağlandıktan sonra simülasyon için daha önce belirlenen standartlardan biri seçilmelidir. Bu çalışmada Amerikan SAE J-1082 standartları baz alınmıştır. Bu standartlara göre testler şehir içi yoğun trafikte seyir, şehir içi tenha yolda seyir ve şehir dışı yolda seyir olmak üzere üç ana başlık altında incelenecektir. Şehir dışı yolda seyir ölçümleri ise iki farklı hız için yapılacaktır. Yakıt tüketimi ölçümü sonuçları, ortam sıcaklığı, yakıt sıcaklığı ve yakıt yoğunluğu gibi faktörler göz önüne alınarak düzeltmeye tabi tutulur ve kat edilen 100 km için tüketilen yakıt miktarı bulunur.

9.1.1.Şehir İçi Yoğun Trafikte Yol Simülasyonları Sonuçları

Şehir içi yoğun trafikte seyirde ortalama hız 25 km/h seyir uzaklığı ise 3.2 km olarak kabul edilmektedir. Ayrıca kilometre başına durma sayısı ise 2.5'tir. Bu çalışmada yolun eğimi ve rüzgar hızı sıfır kabul edilecektir. Ayrıca vites değişim devri olarak 3000 d/d seçilmiştir. Çünkü normal bir kullanıcı yaklaşık olarak 3000 d/d civarlarında vites değiştirmektedir. Sadece hibrid araçlar için geçerli olan içten yanmalı motorların aküleri şarj etmesi için çalıştırıldığı devir ise 2500 d/d olarak belirlenmiştir. Tablo 9.1'de Fiat Doblo'nun Tablo 9.2'de ise Renault Megane'ın şehir içi yoğun trafikte yol simülasyonu sonuçları verilmiştir.

Tablo 9.1'de Fiat Doblo'nun şehir içi yoğun trafikte yol simülasyonu sonuçları

	Seyir uzaklığı	Ortalama hız	Yakıt tüketimi	CO ₂ tüketimi	Toplam süre
Hibrid Doblo 1	3.2 km	25 km/h	0.0786 lt	20 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	2.33 lt	614 gram	3.9 saat
Hibrid Doblo 2	3.2 km	25 km/h	0.0847 lt	35.2 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	2.51 lt	1074 gram	3.9 saat
Hibrid Doblo 3	3.2 km	25 km/h	0.09 lt	36.5 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	2.67 lt	1114 gram	3.9 saat
1.9 JTD Doblo	3.2 km	25 km/h	0.126 lt	491 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	3.71 lt	15375 gram	3.9 saat
1.6 16 V Doblo	3.2 km	25 km/h	0.132	665 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	3.91 lt	20807 gram	3.9 saat

Tablo 9.2 Renault Megane'ın şehir içi yoğun trafikte yol simülasyonu sonuçları

	Seyir uzaklığı	Ortalama hız	Yakıt tüketimi	CO ₂ tüketimi	Toplam süre
Hibrid Megane 1	3.2 km	25 km/h	0.0759 lt	20.89 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	2.24 lt	638 gram	3.9 saat
Hibrid Megane 2	3.2 km	25 km/h	0.0722 lt	28.98 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	2.13 lt	884 gram	3.9 saat
1.5 dCi Megane	3.2 km	25 km/h	0.0866 lt	398.6 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	2.66 lt	12457 gram	3.9 saat
1.6 16 V Megane	3.2 km	25 km/h	0.107 lt	528 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	3.19 lt	16505 gram	3.9 saat
2.0 16 V Megane	3.2 km	25 km/h	0.121	628 gram	0.125 saat
	100 km	25 km/h	3.61 lt	19637 gram	3.9 saat

9.1.2.Şehir İçi Tenha Trafikte Yol Simülasyonları Sonuçları

Şehir içi تنها trafikte seyirde ise ortalama hız 65 km/h seyir uzaklığı ise 8.3 km olarak kabul edilmektedir. Ayrıca kilometre başına durma sayısı ise 0.25'tir. Bu çalışmada yolun eğimi ve rüzgar hızı sıfır kabul edilecektir. Ayrıca vites değişim devri olarak 3000 d/d seçilmiştir. Sadece hibrid araçlar için geçerli olan içten yanmalı motorların aküleri şarj etmesi için çalıştırıldığı devir ise 2500 d/d olarak belirlenmiştir. Tablo 9.3'te Fiat Doblo'nun, Tablo 9.4'te ise Renault Megane'ın şehir içi تنها trafikte yol simülasyonu sonuçları verilmiştir.

Tablo 9.3 Fiat Doblo'nun şehir içi تنها trafikte yol simülasyonu sonuçları

	Seyir uzaklığı	Ortalama hız	Yakıt tüketimi	CO ₂ tüketimi	Toplam süre
Hibrid Doblo 1	8.3 km	65 km/h	0.29 lt	222.2 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	3.19 lt	2623 gram	1.54 saat
Hibrid Doblo 2	8.3 km	65 km/h	0.32 lt	386.5 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	3.49 lt	4531 gram	1.54 saat
Hibrid Doblo 3	8.3 km	65 km/h	0.34 lt	398.2 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	3.72 lt	4671 gram	1.54 saat
1.9 JTD Doblo	8.3 km	65 km/h	0.38 lt	1274 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	4.18 lt	15362 gram	1.54 saat
1.6 16 V Doblo	8.3 km	65 km/h	0.45 lt	1701 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	4.95 lt	20504 gram	1.54 saat

Tablo 9.4 Renault Megane'ın şehir içi تنها trafikte yol simülasyonu sonuçları

	Seyir uzaklığı	Ortalama hız	Yakıt tüketimi	CO ₂ tüketimi	Toplam süre
Hibrid Megane 1	8.3 km	65 km/h	0.247 lt	208.2 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	2.71 lt	2450 gram	1.54 saat
Hibrid Megane 2	8.3 km	65 km/h	0.257 lt	298.1 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	2.78 lt	3485.5 gram	1.54 saat
1.5 dCi Megane	8.3 km	65 km/h	0.347 lt	1030.7 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	3.93 lt	12423 gram	1.54 saat
1.6 16 V Megane	8.3 km	65 km/h	0.394 lt	1365.5 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	4.37 lt	16454 gram	1.54 saat
2.0 16 V Megane	8.3 km	65 km/h	0.441 lt	1597.8 gram	0.125 saat
	100 km	65 km/h	4.86 lt	19252 gram	1.54 saat

9.1.3.Şehir Dışı Trafikte Yol Simülasyonları Sonuçları

Şehir dışı trafikte seyirde ortalama hız 88 km/h veya 112 km/h seyir uzaklığı ise 7.5 km olarak kabul edilmektedir. Ayrıca kilometre başına durma sayısı ise sıfırdır. Bu çalışmada yolun eğimi ve rüzgar hızı sıfır kabul edilecektir. Ayrıca vites değişim devri olarak 3000 d/d seçilmiştir. Sadece hibrid araçlar için geçerli olan içten yanmalı motorların aküleri şarj etmesi için çalıştırıldığı devir ise 2500 d/d olarak belirlenmiştir. Tablo 9.5'te Fiat Doblo'nun Tablo 9.6'da ise Renault Megane'ın şehir dışı trafikte yol simülasyonu sonuçları verilmiştir.

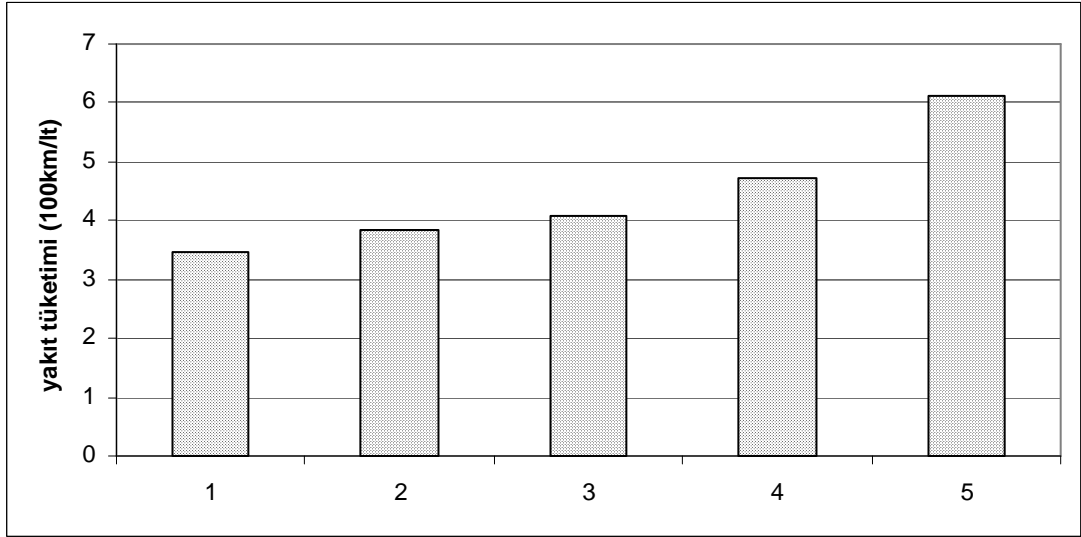
Tablo 9.5 Fiat Doblo'nun şehir dışı trafikte yol simülasyonu sonuçları

	Seyir uzaklığı	Ortalama hız	Yakıt tüketimi	CO ₂ tüketimi	Toplam süre
Hibrid Doblo 1	7.5 km	88 km/h	0.305 lt	359 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.45 lt	647 gram	0.68 saat
Hibrid Doblo 2	7.5 km	88 km/h	0.338 lt	620 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.5 lt	1118 gram	0.68 saat
Hibrid Doblo 3	7.5 km	88 km/h	0.36 lt	638 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.53 lt	1147 gram	0.68 saat
1.9 JTD Doblo	7.5 km	88 km/h	0.41 lt	1150 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.64 lt	1156 gram	0.68 saat
1.6 16 V Doblo	7.5 km	88 km/h	0.52 lt	1538 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	1.01 lt	1541 gram	0.68 saat

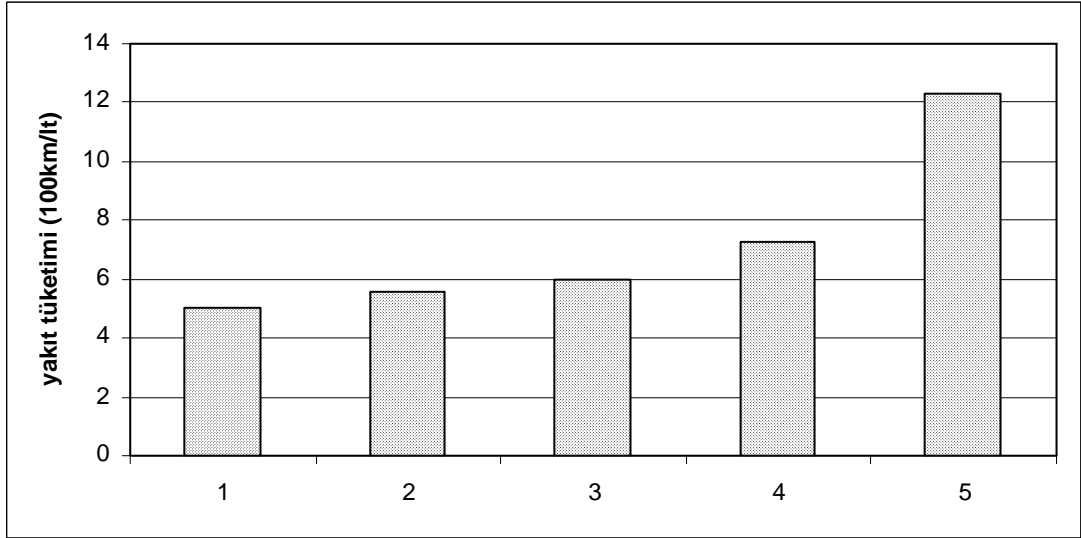
Tablo 9.6 Renault Megane'ın şehir dışı trafikte yol simülasyonu sonuçları

	Seyir uzaklığı	Ortalama hız	Yakıt tüketimi	CO ₂ tüketimi	Toplam süre
Hibrid Megane 1	7.5 km	88 km/h	0.26 lt	335 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.37 lt	594 gram	0.68 saat
Hibrid Megane 2	7.5 km	88 km/h	0.263 lt	471 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.374 lt	815 gram	0.68 saat
1.5 dCi Megane	7.5 km	88 km/h	0.39 lt	917 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.58 lt	959 gram	0.68 saat
1.6 16 V Megane	7.5 km	88 km/h	0.47 lt	1276 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.74 lt	1234 gram	0.68 saat
2.0 16 V Megane	7.5 km	88 km/h	0.49	1438 gram	0.85 saat
	7.5 km	112 km/h	0.91 lt	1462 gram	0.68 saat

Şekil 9.6, Şekil 9.7'de Fiat Doblo araçların karşılaştırmalı olarak yakıt tüketimi grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerde 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak numaralandırılan araçlar sırasıyla; Hibrid Doblo1, Hibrid Doblo2, Hibrid Doblo3, 1.9 JTD Doblo ve 1.6 16 V Doblo'dur.



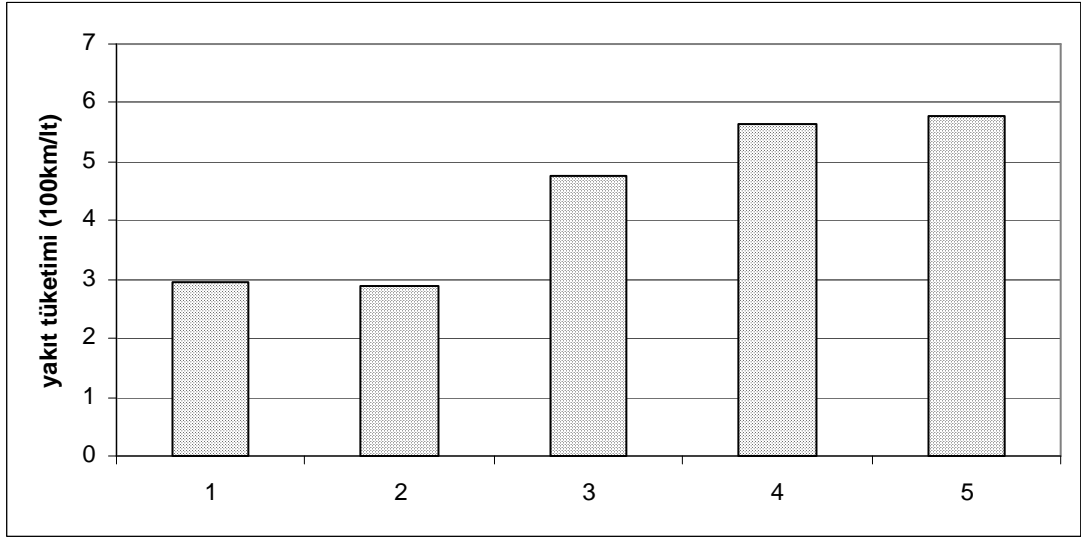
Şekil 9.6 Fiat Doblo'ların 88 km/h sabit hızda yakıt tüketimleri



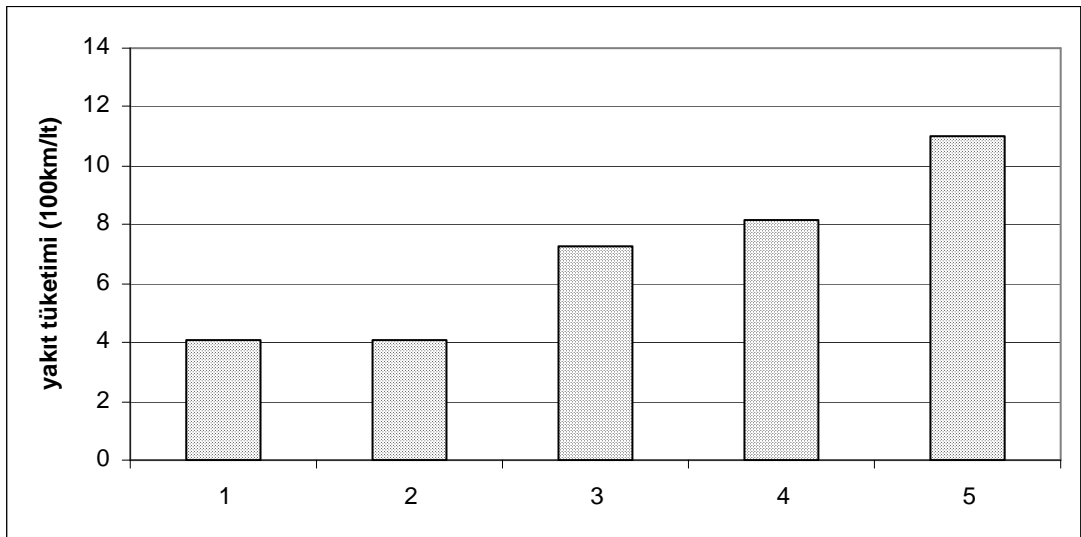
Şekil 9.7 Fiat Doblo'ların 112 km/h sabit hızda yakıt tüketimleri

Şekil 9.6 ve Şekil 9.7'de gösterilen araçlardan 1 ve 4 numaralı araçlar ile 2, 3 ve 5 numaralı araçlar, kendi aralarında ayrı ayrı kıyaslanmalıdır. 1 numaralı araç 4 numaralı araçla yaklaşık aynı güç üretmesine karşılık, hibrid sistemin avantajlarından yararlanarak daha az yakıt tüketmiştir. 2 ve 3 numaralı araçlar da hibrid araçlardır ve 5 numaralı araçla yaklaşık aynı güçte olmamalarına karşılık daha düşük yakıt tüketmektedirler.

Şekil 9.8 ve Şekil 9.9'da ise Renault Megane araçların karşılaştırmalı olarak yakıt tüketimi grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerde 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak numaralandırılan araçlar ise sırasıyla Hibrid Megane1, Hibrid Megane2, 1.5 dCi Megane, 1.6 16V Megane ve 2.0 16 V Megane'dır.



Şekil 9.8 Renault Meganeların 88 km/h sabit hızda yakıt tüketimleri

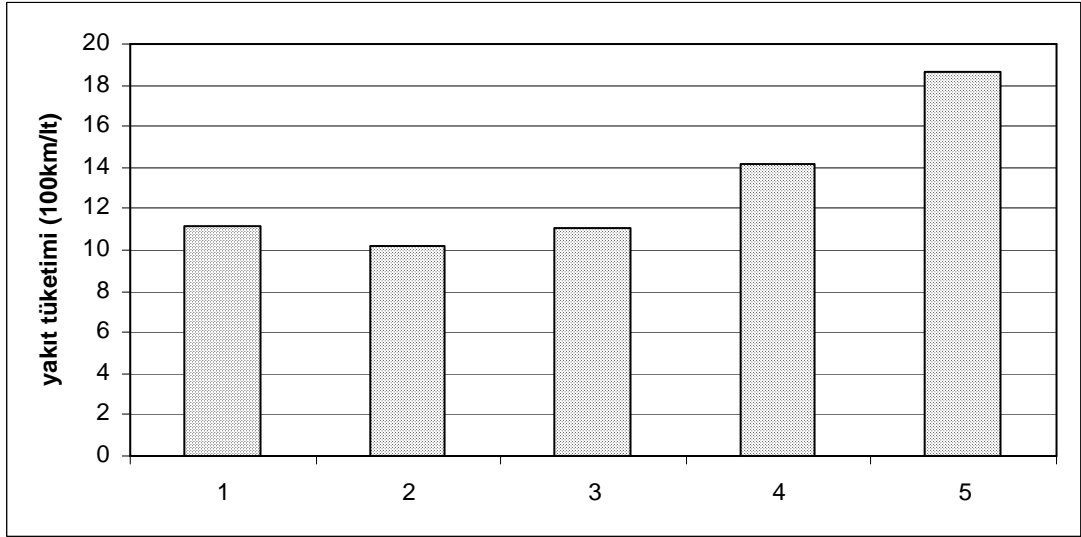


Şekil 9.9 Renault Meganeların 112 km/h sabit hızda yakıt tüketimleri

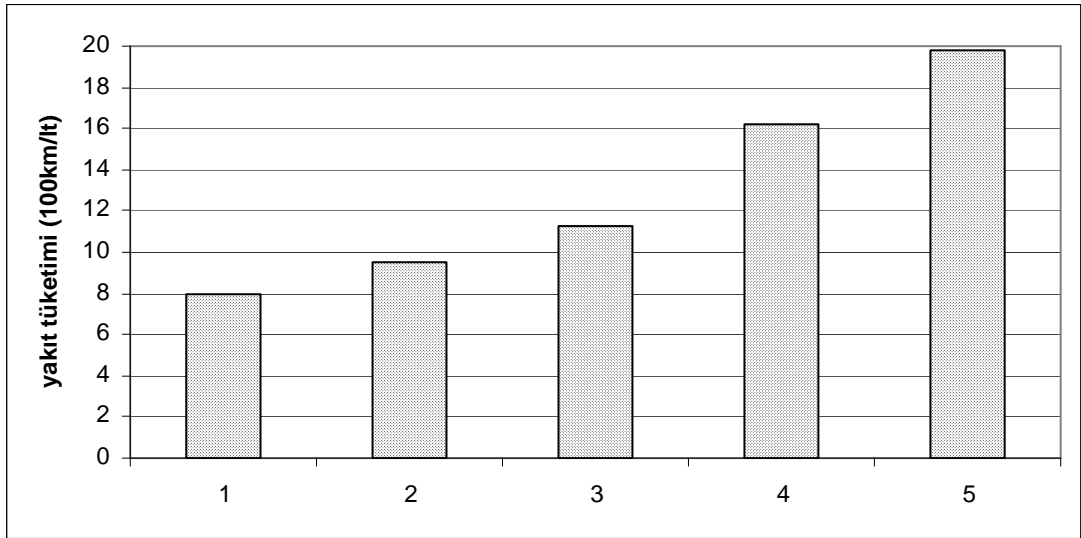
Şekil 9.8 ve Şekil 9.9'da gösterilen araçlardan 1, 3 ve 4 numaralı araçlar ile 2 ve 5 numaralı araçlar kendi aralarında kıyaslanmalıdırlar. 3 numaralı araç, dizel motorlu konvansiyonel bir araçtır. 1 numaralı araç ise aynı aracın bir elektrik motoru eklenerek hibride dönüştürülmüş versiyonudur ve 4 numaralı benzinli konvansiyonel araçla yaklaşık aynı gücü üretmektedir. 2 numaralı araç ise düşük hacimli bir içten yanmalı motor ve elektrik motorunun sayesinde 5 numaralı yüksek hacimli benzinli konvansiyonel araçla aynı güce sahiptir.

9.1.4.Yol Simülasyonunun Sonuçları

Hibrid araçların ortak özelliği aynı güçteki diğer konvansiyonel araçlara göre yakıt tüketimlerinin düşüklüğüdür. Ayrıca yakıt tüketimine olan en büyük etkilerden birinin kullanıcı faktörü olması ve hibrid araçlarda bu etkinin daha az olması diğer bir avantajdır. Çünkü bu testler maksimum olarak 3000 d/d kullanılarak yapılmıştır. Oysa normal trafikte veya araç spor bir tarzda kullanıldığında ise çok daha yüksek devirlere çıkılmakta ve buda yakıt tüketimini arttırmaktadır. Hibrid araçların yakıt tüketimindeki asıl avantajları bu noktada kendini göstermektedir. Çünkü içten yanmalı motor genelde sabit bir devirde çalışmaktadır. Maksimum devir olarak dizel motorlarda 4600 d/d benzinli motorlarda ise 7000 d/d seçilip yol simülasyonları yapıldığında hibrid sistemin avantajları daha iyi anlaşılmaktadır. Bu simülasyonlar sırasında ortalama hız 52 km/h ve km başına durma sayısı 3 olarak seçilmiştir. Yolun uzunluğu ise 100 km'dir. Bu şartlarda Fiat Doblo'nun yakıt tüketimi Şekil 9.10'da, Renault Megane'ın ise Şekil 9.11'de verilmiştir. Şekil 9.10'da 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak numaralandırılan araçlar sırasıyla Hibrid Doblo1, Hibrid Doblo2, Hibrid Doblo3, 1.9 JTD Doblo ve 1.6 16 V Doblo'dur. Şekil 9.11'de ise 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak numaralandırılan araçlar sırasıyla Hibrid Megane1, Hibrid Megane2, 1.5 dCi Megane, 1.6 16V Megane ve 2.0 16 V Megane'dir.



Şekil 9.10 Fiat Doblo'nun şehir içinde yüksek devirli kullanımda yakıt tüketimi



Şekil 9.11 Renault Megane'ın şehir içinde yüksek devirli kullanımda yakıt tüketimi

Benzin motorlu araçlar incelendiğinde hibrid aracın yakıt tüketiminin ona denk güçteki konvansiyonel aracın yaklaşık olarak yarısı olduğu gözlenmektedir. Dizel motorlu araçlarda ise hibrid araçların konvansiyonellere göre %30 daha az yakıt tükettiği görülmektedir.

9.2.Fiat Doblo ve Renault Megane Araçların Hızlanma Testleri Sonuçları

Hızlanma testlerinin amacı hibrid araçların ek sistemlerin ağırlıkları yüzünden yeterli performansı sağlayıp sağlayamayacağını belirlemesidir. Çünkü bu sistemler yaklaşık 200 kg fazladan ağırlıklarıyla performansa olumsuz etki etmektedirler. Elektrik motorunun sağladığı gücün bu olumsuzluğu ne kadar azaltabildiğini görebilmek için hızlanma testlerinin yapılması gerekmektedir. Bu testler yapılırken aracın üretebileceği maksimum gücün kullanılması gereklidir. Hibrid araçlarda elektrik motoru ve içten yanmalı motorlar aynı anda aracı tahrik etmekte görev alırlar. Vites değişimleri maksimum gücü alabilmek için, motorların maksimum devirlerinde gerçekleştirilir. Maksimum devir olarak dizel motorlarda 4600 d/d benzinli motorlarda ise 7000 d/d seçilir. Ayrıca hızlanma testleri yapılırken yolun eğimsiz ve ortamın rüzgarsız olduğu kabul edilir. Bu testler araçların statik halden 50 km/h, 100 km/h ve 130 km/h hızlara ulaşmasında geçen sürenin belirlenmesi için yapılmıştır. Tablo 9.7’de Fiat Dobloların ve Tablo 9.8’de Renault Megane’ların düz yolda hızlanma testi sonuçları verilmiştir. Ayrıca % 15 eğimli yolda statik halden 50 km/h hıza ulaşması için geçen sürelerde belirlenmiştir. Bu süreler Fiat Doblolar ve Renault Megane’lar için Tablo 9.9’da verilmiştir.

Tablo 9.7 Fiat Dobloların düz yolda hızlanma testi sonuçları

	0 – 50 km/h	0 – 100 km/h	0 – 130 km/h
Hibrid Doblo 1	2.59 sn	12.24 sn	22.04 sn
Hibrid Doblo 2	3.20 sn	11.58 sn	22.45 sn
Hibrid Doblo 3	3.12 sn	10.46 sn	18.89 sn
1.9 JTD Doblo	3.53 sn	12.4 sn	27.89 sn
1.6 16 V Doblo	3.31 sn	12.88 sn	27.84 sn

Tablo 9.8 Renault Meganeların düz yolda hızlanma testi sonuçları

	0 – 50 km/h	0 – 100 km/h	0 – 130 km/h
Hibrid Megane 1	3.18 sn	10.21 sn	17.73 sn
Hibrid Megane 2	2.9 sn	8.91 sn	14.66 sn
1.5 dCi Megane	4.92 sn	13.66 sn	27.75 sn
1.6 16 V Megane	3.8 sn	11.2 sn	18.9
2.0 16 V Megane	3.09 sn	9.54 sn	16.64

Tablo 9.9 Fiat Dobloların ve Renault Meganeların %15 eğimli yolda hızlanma testi sonuçları

	0 – 50 km/h		0 – 50 km/h
Hibrid Doblo 1	5.03 sn	Hibrid Megane 1	7.8 sn
Hibrid Doblo 2	8.39 sn	Hibrid Megane 2	6.27 sn
Hibrid Doblo 3	7.49 sn	1.5 dCi Megane	11.9 sn
1.9 JTD Doblo	6.6 sn	1.6 16 V Megane	9 sn
1.6 16 V Doblo	9.08 sn	2.0 16 V Megane	5.72 sn

Bu testler sonucunda hibrid araçların, konvansiyonel araçlardan daha fazla performanslı olabildikleri görülmektedir. Özellikle kalkışta dizel motor ve elektrik motorunun bir arada olduğu sistemlerde yüksek tork üretimiyle çok başarılı performans değerlerine ulaşılmıştır. Performans değerlerinde motorun ürettiği güç kadar transmisyon sistemleri de önem taşır. Vites oranları sportif kullanım şartlarına göre belirlenirse daha iyi performans değerlerine ulaşılabilir. Fakat bu oranlar belirlenirken tüketim değerlerinin de makul seviyelerde olması istendiği için performanstan ödün verilir.

10.SONUÇ

Bu çalışmada, karma hibrid sistemle tahriki tasarlanan Renault Megane ve Fiat Doblo araçların yapılan yol simülasyonu sonrasında; konvansiyonel olanlarına göre daha yüksek performans ve daha düşük tüketim değerleriyle avantaj sağladıkları görülmüştür. Konvansiyonel bir araca göre daha düşük hacimli içten yanmalı motor ve elektrik motoruyla o araca denk veya daha yüksek performans elde etmek mümkün olmaktadır. Yakıtın daha verimli kullanılabilir olması hem emisyonlar açısından hem de maliyet açısından avantajlar sağlamaktadır.

Bu tasarlanan araçların akü kapasiteleri şu an üretilmekte olan hibrid araçlarınkilerden çok daha yüksektir. Bu sayede yaklaşık 100 km boyunca sessiz ve emisyonsuz sürüş gerçekleştirilebilir.

Bu tasarımlarda kullanılan içten yanmalı motorlar, fabrikaları tarafından hala üretilmekte ve başka modellerde kullanılmaktadır. Çünkü hesaplamalar için motorların karakteristik özellikleri gerekmektedir. Bu motorlar yerine daha küçük hacimli, daha düşük devirli ve yüksek verimli motorlar üretilebilir.

Araçtan beklenen özelliklere göre transmisyon oranları da belirlenmelidir. Bu çalışmada araçlar, normal kullanım şartlarına göre tasarlanmıştır. Bu araçlar için üç vitesli şanzıman yeterli olmaktadır. İstenilen performans ve yokuş tırmanma değerlerine göre bu oranlar düzenlenip, vites sayısı artırılabilir.

Hibrid sistem, araçlara ek olarak yaklaşık 250 kg ağırlık getirmektedir. Buradaki en büyük pay enerji depolama sistemlerine aittir. Bu sistemlerdeki gelişmeler paralelinde daha hafif araçların üretilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca bu sistemlerin maliyetlerinin düşürülmesiyle, hibrid araçların seri üretimine geçilmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Safgönül, B., Ergeneman, M., Arslan, H.E. ve Soruşbay, C., (1999), “İçten Yanmalı Motorlar”, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Westbrook, M.H., (2001), “The electric and Hibrid Electric Car.”, SAE, London.
- Ünlü, N., Karahan, Ş, Tür, O. ve Özsü. E., (2003) “Hibrid Elektrikli Araçlar”, Tübitak Matbaası, Gebze
- Staudt, W., “(2003), Motorlu Taşıt Tekniği”, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul
- Yaşar H., (2002), “Taşıt Tekniği Ders Notları”, Sakarya Üniversitesi
- Sivrioğlu S., (2004), “Enerji Sistemlerinde Özel Konular Ders Notları”, GYTE
- Çetinkaya S., (1999) “Taşıt Mekaniği”, Nobel Yayınevi, Ankara
- Autoshow., (17,23-2003), (06,08,29,32,36,37,47,49-2004)
- Uçarol H., “Karma Elektrikli Araç”,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ
- İnternet Kaynakları;
- www.tofas.com.tr
- www.renault.com.tr
- www.toyota.com
- www.honda.com
- www.nissan.com

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 17.06.1981
Doğum Yeri : Üsküdar/İSTANBUL
Lise : 1992-1999 Özel Ortadoğu Koleji
Lisans : 1999-2003 Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

EKLER

KABULLER

n	:motor devri (dev/dak)
x	:vitesin konumu
g	:yer çekimi ivmesi (9.81 m/sn^2)
m	:taşıttın ağırlığı (kg)
cw	:hava sürtünme katsayısı
A	:taşıttın hareket yönüne dik iz düşüm alanı (m^2)
pha	:havanın yoğunluğu (1.2 kg/m^3)
hu	:yakıtın alt ısı değeri (cal)
pya	:yakıtın yoğunluğu (kg/m^3)
Df	:diferansiyel oranı
vites(x)	:vites oranı
Rja	:araç jantının çapı (inch)
Tlas	:araç lastiğinin tabanı kalınlığı (mm)
Ylas	:araç lastiğinin yanak kalınlığı (mm)
Pelek(n)	:araçta kullanılan elektrik motorunun gücü (HP)
Piym(n)	:araçta kullanılan içten yanmalı motorun gücü (HP)
Telek(n)	:araçta kullanılan elektrik motorunun torku (Nm)
Tiym(n)	:araçta kullanılan içten yanmalı motorun torku(Nm)
be(n)	:özgül yakıt tüketimi
C	:içten yanmalı motorun km başına tükettiği CO_2 (gr)

GİRİLEN DEĞERLER

α	:yokuşun eğim açısı ($^\circ$)
V_0	:rüzgar hızı (km/h)
DK	:dur-kalk sayısı
DEVşa	:içten yanmalı motorun aküleri şarj için çalıştığı devir (dev/dak)
DEVmax	:içten yanmalı motorun ulaştığı maksimum devir (dev/dak)
L_i	:aracın alması istenen yol uzunluğu (km)
V_{\max}	:aracın ulaşması istenilen maksimum hız (km/h)

HESAPLANAN ARA DEĞERLER

R	:araç lastiğinin yarıçapı (m)
Ç	:araç lastiğinin çevresi (m)
V(n)	:taşıtın anlık hızı (km/h)
P(n)	:motorun toplam gücü (HP)
Ps(n)	:tekerleklerin yere sürtünmesiyle harcanan güç (HP)
Pa(n)	:hava sürtünmesiyle harcanan güç (HP)
Py(n)	:yokuşta harcanan güç (HP)
Pnet(n)	:net güç (HP)
T(n)	:motorun toplam torku (Nm)
Ft(n)	:tekerleklerdeki toplam kuvvet (N)
Fs(n)	:tekerleklerin yere sürtünmesiyle harcanan kuvvet (N)
Fa(n)	:hava sürtünmesiyle harcanan kuvvet (N)
Fy(n)	:yokuşta harcanan kuvvet (N)
Fnet(n)	:tekerleklerdeki net kuvvet (N)
a(n)	:taşıtın ivmesi (m/sn^2)
th(n)	:aracın anlık hızlanması için geçen süre (sn)
ts(n)	:aracın sabit hızda seyri sırasında geçen süre (sn)
Y(n)	:aracın anlık yakıt tüketimi (lt)

$$R = \frac{2 \times \Pi}{100} \times \left(\frac{Tlas \times Ylas}{1000} + Rja \times 1.27 \right)$$

$$\zeta = 2 \times \Pi \times R$$

x'in her değeri için

n = 1000 to DEVmax step 100

$$V(n) = \frac{3.6 \times n \times \zeta}{60 \times Df \times vites(x)}$$

$$P(n) = Pelek(n) + Piym(n)$$

$$Ps(n) = \frac{0.0136 \times V(n) \times m \times g \times \left(1 + \left(\frac{V(n)}{160} \right) \right)}{3600}$$

$$Pa(n) = \frac{0.0525 \times pha \times cw \times A \times V(n) \times (V(n) + Vo)^2}{3600}$$

$$Pnet(n) = P(n) - Ps(n) - Pa(n) - Py(n)$$

$$T(n) = Telek(n) + Tiym(n)$$

$$Ft(n) = \frac{T(n) \times vites(x) \times Df}{R}$$

$$Fs(n) = 0.01 \times m \times g \times \left(1 + \left(\frac{V(n)}{160} \right) \right)$$

$$Fa(n) = 0.0386 \times pha \times cw \times A \times (V(n) + Vo)^2$$

$$Fy(n) = m \times g \times \sin(\alpha)$$

$$Fnet(n) = Ft(n) - Fs(n) - Fa(n) - Fy(n)$$

$$a(n) = \frac{Fnet(n)}{1.1 \times m}$$

$$th(n) = \frac{V(n) - V(n-100)}{3.6 \times a(n)}$$

$$ts(n) = \frac{Vmax - V(n)}{3.6 \times a(n)}$$

$$Y(n) = \frac{be(n) \times Tiym(n) \times vites(x) \times Df}{36 \times \rho ya \times R}$$

HESAPLANAN SON DEĞERLER

t_b	:belirli bir hıza ulaşmak için geçen süre (sn)
L_b	:yol simülasyonu boyunca alınan yol (km)
t_{top}	:yol simülasyonu boyunca geçen süre (h)
V_{ort}	:yol simülasyonu boyunca aracın ortalama hızı (km/h)
A_k	:aküden çekilen enerji (kw/h)
t_{iym}	:içten yanmalı motorun seyir esnasında çalıştığı süre (h)
C_t	:yol simülasyonu boyunca aracın tükettiği CO ₂ (gr)
Y_t	:yol simülasyonu boyunca aracın toplam yakıt tüketimi (lt)

$$t_b = \sum th(n)$$

$$L_b = DK \times \sum th(n) \times V(n) + \sum ts(n) \times V(n)$$

$$t_{top} = DK \times \sum th(n) + \sum ts(n)$$

$$V_{ort} = \frac{L_b}{t_{top}}$$

$$A_k = DK \times \sum th(n) \times Pelek(n) + \sum ts(n) \times Pelek(n)$$

$$t_{iym} = \frac{A_k}{P_{iym}(DEVsa)} + (DK \times \sum th(n))$$

$$C_t = C \times V_{ort} \times t_{iym}$$

$$Y_t = \sum Y(n)$$