

**T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ŞAŞI
MODELİNİN BELİRLENMESİ VE STATİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Can KURT

Mekatronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

MAYIS 2021

**T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ŞAŞI
MODELİNİN BELİRLENMESİ VE STATİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mustafa Can KURT
(191203001)**

Mekatronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Feriha Erfan KUYUMCU

MAYIS 2021



T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz, Mekatronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı (191203001) numaralı öğrencisi Mustafa Can KURT'un "Elektrikli Araçlar İçin Şasi Modelinin Belirlenmesi ve Statik Analizi" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 25/05/2021 tarihli kararıyla oluşturulan jüri tarafından *Oy Birliği* ile Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi: 25/05/2021

1) Tez Danışmanı:

.....

2) Jüri Üyesi:

.....

3) Jüri Üyesi:

.....

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans olarak sunduğum “Elektrikli Araçlar İçin Şasi Modelinin Belirlenmesi ve Statik Analizi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya ’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (25/05/2021)

Mustafa Can KURT



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren Prof. Dr. Feriha Erfan KUYUMCU hocama teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Teşekkürlerin az kalacağı diğer üniversite hocalarımda da bana üniversite hayatım boyunca kazandırdıkları her şey için ve beni gelecekte söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teşekkürlerimi sunuyorum ve beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.

Mayıs 2021

Mustafa Can KURT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Elektrikli Araçların Tarihçesi	1
1.2 Elektrikli Araçların Çalışma Prensibi	4
1.3 Elektrikli Otomobillerin Olumlu ve Olumsuz Yanları	4
1.3.1 Elektrikli araçların olumlu yönleri	4
1.3.2 Elektrikli araçların olumsuz yönleri	5
1.3.3 Elektrikli araç modelleri ve özellikleri	6
2 ELEKTRİKLİ ARAÇLAR	7
2.1 Hybrid Sistemli (Melez)	7
2.2 Şarj Edilebilir Özellikli Hybrid Sistem (Plug-in Hybrid) Otomobiller	8
2.3 Menzil Arttırıcı Sistem (Range Extender) Otomobiller	8
2.4 Tam Elektrikli Sistem Otomobiller.....	8
2.5 Batarya	9
2.5.1 Kurşun-asit batarya.....	9
2.5.2 Nikel bazlı batarya.....	11
2.5.3 Lityum batarya	13
2.6 Batarya Şarj Kontrol Yöntemi	14
2.6.1 Sabit akımda şarj etme yöntemi	15
2.6.2 Sabit gerilimde şarj etme yöntemi.....	15
2.6.3 Sabit akım ve sabit gerilimde şarj etme yöntemi	16
2.7 Şarj Cihazlarının Donanımsal Yapısı	16
2.7.1 Güç işleme ünitesi (GIÜ)	16
2.7.2 Batarya enerji yönetim sistemi (BEYS) (Battery energy management system).....	17
2.8 Batarya Şarj Cihazlarının Yerleşimi	18
2.9 Şarj Gücü Aktarım Şekilleri	19
2.9.1 İletken bağlantı (Conductive coupling)	19
2.9.2 Endüktif bağlantı (Inductive coupling)	19
2.9.3 Batarya değiştirme (Quick drop)	20
2.10 Batarya Ömrü ve Bataryaların Şarj Edilmesi	21
2.10.1 Batarya ömrü	22
2.10.2 Çevrim ömrü.....	25
2.10.3 Batarya performans ve güvenlik test yöntemleri.....	25

2.11 Şarj Cihazları Standartları Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken ve İstenilen Özellikler	28
3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA TAHRİK DÜZENLERİ	31
3.1 PM Senkron Motorlar ve Kontrol Devreleri	32
3.2 PMBLDC Motorlar ve Kontrol Devreleri	33
3.3 Asenkron Motorlar ve Frekans Kontrolü	35
3.4 Anahtarlamalı Relüktans Motorları (SRM)	36
4. ELEKTRİKLİ VE İÇTEN YANMALI ARAÇLARIN YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER VE ARAÇLARIN BİRBİRLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI	38
4.1 Metaller	39
4.1.1 Çelikler	39
4.1.2 Alüminyum	40
4.1.3 Magnezyum	40
4.2 Kompozitler	41
4.2.1 Köpük	41
4.2.2 Doğal malzemeler	42
4.3 Malzeme Seçimi	42
4.4 Elektrikli Araçların Fiyat, Bakım Onarım, Araç Menzili ve Depolama Süresi Bakımından Karşılaştırılması	44
4.5 Elektrikli Araçlarda ve İçten Yanmalı Motorlu Araçlarda Kullanılan Şasi Tipleri	49
4.5.1 Elektrikli araçların zemin altı şasi tarihçesi	49
4.6 Şasi Tipleri	51
4.6.1 Merdiven tipi şasi (Ladder frame)	51
4.6.2 Uzay tipi şasi (Space frame)	52
4.6.3 Omurga tipi şasi (Backbone)	53
4.6.4 Küvet tipi şasi (Tub)	53
4.6.5 Monokok (Unibody)	54
4.7 Küvet Tipi Şasi Tasarımı ve Statik Analizi	55
4.7.1 Şasi tasarımı	55
4.7.2 Statik analiz	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	76

KISALTMALAR

A	: Akım (Amper)
AC	: Alternatif Akım
AHSS	: Yüksek Dayanımlı Çelik
BEYS	: Battery Energy Management System (Batarya Enerji Yönetim Sistemi)
CP	: Karışık Fazlı
d/d	: Devir Bölü Dakika
DC	: Doğru Akım
Dod	: Depth Of Discharge (Deşarj Derinliği)
DP	: Yüksek Dayanımlı Çeliklerin Çift Fazlı
EA	: Elektrikli Araç
FEA	: (Finite Elements Method) Sonlu Elemanlar Metodu
g/cm³	: Gram/Santimetre Küp (Yoğunluk)
GIÜ	: Güç İşleme Ünitesi
H₂	: Hidrojen
HEA	: Hybrid Elektrikli Araç
HSLA	: Yüksek Mukavemetli Düşük Alaşımli Çelik
HSS	: Yüksek Dayanımlı Çelik
İYM	: İçten Yanmalı Araç
KDV	: Katma Değer Vergisi
kHz	: Kilo Hertz
Km/h	: Kilometre/Saat
MART	: Martenzitik
MPa	: Mega Pascal
MTV	: Motor Taşıtlar Vergisi
MW	: Mega Watt
N/mm²	: Newton/Milimetre Kare (Akma Dayanımı)
NdFeB	: Demir Boron
Nm/kgm²	: Newton Metre/Kilogram Metre Kare
O₂	: Oksijen
°C	: Santigrat Derece
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
PM	: Permanent Magneter (Kalıcı Mıknatıs)
s – h – g	: Saniye - saat - Gram
SAE	: Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Topluluğu)
SLI	: Kalsiyum Kurşun Asit Pil
SM	: Senkron Makinalar
SmCo	: Samaryum Kobalt
SRM	: Switched Reluctance Motor (Anahtarlamalı Relüktans Motoru)
THD	: Toplam Harmonik Distorsiyon
TRIP	: Faz Dönüşümü Kaynaklı Plastiklik
UHSS	: Ultra Yüksek Dayanımlı Çelik
USABC	: Amerika Batarya Konsorsiyumu

V : Volt
VRLA : Valve Regulated Lead Acid (Vana Ayarlı Kurşun Asit)
W : Watt
W/kg : Watt/Kilogram
Wh/kg : Watt Saat/Kiloğram



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1: Türkiye’de CO2 Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı (%)	5
Çizelge 1.2: Ticari Olarak Satışta Olan Elektrikli Araçlar	6
Çizelge 2.1: Şarj İstasyonu Tipleri ve Özellikleri	17
Çizelge 2.2: Elektriksel Testler	27
Çizelge 2.3: Mekanik Testler	27
Çizelge 2.4: Çevresel Testler	28
Çizelge 4.1: Otomotiv Endüstrisinin Malzemedeki Beklentileri	39
Çizelge 4.2: Alüminyum 7079 Kimyasal Bileşimleri Standardı	40
Çizelge 4.3: Elektrikli Araçlar ve İçten Yanmalı Motorlu Araçların Yakıt Verimliliği Kıyaslanması	46
Çizelge 4.4: Şasinin Kilo ve Hacim Bilgileri	59

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: New York'taki Elektrikli Taksi.....	2
Şekil 1.2: Nissan Leaf Model Araç.....	3
Şekil 1.3: Elektrikli Araçların İç Aksamı	4
Şekil 2.1: HEA Şematik Gösterimi.....	7
Şekil 2.2: Range Extender Car.....	8
Şekil 2.3: Kurşun-Asit Batarya Tam Dolu Şarj Halindeyken Gerçekleşen Gaz Reaksiyonu	10
Şekil 2.4: Kurşun-Asit Batarya.....	11
Şekil 2.5: Nikel-Kadmiyum Pil İç Yapısı.....	12
Şekil 2.6: Lityum Batarya İç Yapısı	14
Şekil 2.7: Elektrikli Araç Şarj Cihazının Donanımsal Yapısı ve Şarj Gücü Aktarımı	15
Şekil 2.8: Hızlı Şarj Ünitesi	18
Şekil 2.9: EA'ya Örnek Bir İç Yapı.....	18
Şekil 2.10: Endüktif Bağlantı ile Batarya Şarj Cihazı	20
Şekil 2.11: Batarya Değiştirme İstasyonu (Quick Drop).....	21
Şekil 2.12: Elektrikli Araç Bataryası	22
Şekil 2.13: Pillerde Sıcaklık Değerlerine Göre Kapasiteleri	23
Şekil 2.14: Batarya Deşarj Yoğunluğu	24
Şekil 2.15: Elektrikli Araçların Bataryalarının Şasi Üzerinde Yerleştirilmiş Hali....	30
Şekil 3.1: Elektrikli Motor İç Devresi	31
Şekil 3.2: Permanent Magnet Motor.....	32
Şekil 3.3: PMSM Motor İç Yapısı	34
Şekil 3.4: Sürekli Mıknatıs Rotor Yapıları	34
Şekil 3.5: Elektrik Motoru Hız Karakteristikleri	35
Şekil 3.6: Sincap Kafes Elektrikli Motor Kesiti	36
Şekil 3.7: Fazlı Bir ARM'nin Sürücü Devresi.....	37
Şekil 4.1: Araçlarda Metal Köpüklerin Kullanıldığı Yerler	42
Şekil 4.2: Yoğunluk-Dayanım Diyagramı	44
Şekil 4.3: Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü.....	48
Şekil 4.4: Merdiven Zemin Alt Şasi	49
Şekil 4.5: 1938 Lagonda V12 Rapide.....	50
Şekil 4.6: Şasi ve Gövdenin Birçok Vida ile Birbirlerine Montajlanması	51
Şekil 4.7: Merdiven Şasi.....	52
Şekil 4.8: Audi A8 Uzay Şasi	52
Şekil 4.9: Omurga Şasi (Lotus Elan ve Tatra 8x8).....	53
Şekil 4.10: Küvet Tipi Şasi.....	54
Şekil 4.11: Unibody Tipi Şasi Tesla Cybertruck.....	54
Şekil 4.12: Küvet Tipi Şasi Ön ve Arka Tampon.....	56
Şekil 4.13: Küvet Tipi Şasi Ön ve Arka Tampon Teknik Resim	56

Şekil 4.14: Küvet Tipi Şasi Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmı ..	56
Şekil 4.15: Küvet Tipi Şasi Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlantı K1 Teknik Resmi.....	57
Şekil 4.16: Küvet Tipi Şasi Batarya Havuzu	57
Şekil 4.17: Küvet Tipi Şasi Batarya Havuzu Teknik Resim	57
Şekil 4.18: Küvet Tipi Şasi Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmı	58
Şekil 4.19: Küvet Tipi Şasi Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmı Teknik Resmi	58
Şekil 4.20: Küvet Tipi Şasi Montaj (Gölgeli ve Kenarlı Görünümü).....	59
Şekil 4.21: Küvet Tipi Şasi Montaj (Arka Kenar Gösterimi).....	59
Şekil 4.22: Ön ve Arka Tampon Eş Değer Gerilme Analizi	60
Şekil 4.23: Ön ve Arka Tampon Toplam Deformasyon Analizi	61
Şekil 4.24: Ön ve Arka Tampon Başlıca Maksimum Esneklik Değeri Analizi	61
Şekil 4.25: Ön ve Arka Tampon Vektörel Temel Gerilme Analizi.....	62
Şekil 4.26: Ön ve Arka Tampon Maksimum Kayma Elastik Gerilme Analizi	62
Şekil 4.27: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Toplam Deformasyon Analizi	62
Şekil 4.28: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Eşdeğer Gerilme Analizi	63
Şekil 4.29: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Başlıca Vektörel Gerilme Analizi	64
Şekil 4.30: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Maksimum Kayma Gerilme Analizi	64
Şekil 4.31: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Maksimum Ana Gerilme Analizi	65
Şekil 4.32: Batarya Havuzu Toplam Deformasyon Analizi	65
Şekil 4.33: Batarya Havuzu Eşdeğer Elastik Gerilme Analizi	66
Şekil 4.34: Batarya Havuzu Başlıca Vektör Gerilme Analizleri	66
Şekil 4.35: Batarya Havuzu Maksimum Kayma Elastik Gerilme Analizi	67
Şekil 4.36: Batarya Havuzu Maksimum Ana Gerilme Analizi	67
Şekil 4.37: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Eşdeğer Elastik Gerilme Analizi	67
Şekil 4.38: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Toplam Deformasyon Analizi	68
Şekil 4.39: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Maksimum Ana Gerilme Analizi	68
Şekil 4.40: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Vektör Temel Elastik Gerilme Analizi.....	69
Şekil 4.41: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmın Maksimum Kayma Elastik Gerilme Analizi	69
Şekil 4.42: Küvet Tipi Şasi Mesh Görünümü.....	69
Şekil 4.43: Küvet Tipi Şasi Bölge Bölge Mesh Görüntüleri ve Kuvvet Uygulanan Noktalar	70

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ŞASI MODELİNİN BELİRLENMESİ VE STATİK ANALİZİ

ÖZET

İnsanoğlu, tarihin başlangıcından beri her zaman hareket etmeye karşı bir tutku duymuştur. En önemlisi bu tutku insan oğlunun hayatını yönlendirmiştir. Bu istek doğrultusunda, 19. Yüzyılın sonunda içten yanmalı motorun ve otomobilin icadı gerçekleşmiştir. Bu tarihten itibaren insanoğlunun hayatında ulaşımda değişiklikler olmaya başlamıştır. Otomobil sektörü dönem içinde kendini yenilemiş ve bir üst seviyeye çıkarmıştır. Dünya nüfusunun artışı trafiğe çıkan araç sayısında artış göstermiştir. Bu artışla beraber içten yanmalı motorlara sahip araçlar çevreye sağlığına zararlı gazlar miktarını artırmaktadır. Bu durum çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemiş ve araç performansı için farklı enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bunlara, gelecekteki petrol rezervlerinin tükenecek olması da eklenince elektrikli araçlara olan talep hızlanmıştır. Elektrikli araçlarda en önemli konulardan bir tanesi de araçların tam pil dolusunda kat edebildikleri mesafedir. Araçların uzun mesafeler kat etmesini etkileyen birçok etken mevcuttur, bu çalışmada araç şasi modellemesi ve bu modellemenin statik analizi gerçekleştirilmiştir. Bundan dolayı araçların yapımında malzeme seçimi ve araçların ağırlık çok büyük önem arz etmektedir. Bu tezde elektrikli bir aracın şasi modellemesi, şasi yapı modeli ve malzeme seçimi için incelemeler ve araştırmalar yapıp en uygun malzeme ve model seçimleri yapılmıştır. Seçilen modelin belli ölçülerde ve uygunlukta 3 boyutlu çizimi yapılmıştır. Bu 3 boyutlu çizimlerin tek tek teknik çizimleri çıkarılmıştır. Yapılan modellemeler ve seçilen malzeme yapısının uygun olup olmadığını test etmek ve yorumlamak için ansys programında statik analizleri yapılmıştır. Şasi'nin belli bölümlerinin statik analizleri yapılmıştır. Bu statik analizler sonucunda incelemeler ve yorumlamalar yapılmıştır. Sonuç olarak seçmiş olduğumuz şasi modeli olan küvet tipi ve şasi için ham madde olarak seçilmiş olan Alüminyum 7079 alışıını uygun görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Elektrikli araç, yakıt pilli elektrikli araçlar, Elektrikli araç bataryası, Elektrikli araç şasi, şasi modeli, Elektrikli araç statik analizi, Statik analiz*

DETERMINATION AND STATIC ANALYSIS OF THE CHASSIS MODEL FOR ELECTRIC VEHICLES

ABSTRACT

The human being has always had a passion for action since the dawn of history. Most importantly, this passion guided the life of the human being. In line with this request, the invention of the internal combustion engine and automobile took place at the end of the 19th century. Since this date, changes in transportation have started to occur in the life of human beings. The automobile industry has renewed itself during the period and took it to the next level. The increase in the world population has increased the number of vehicles on the road. With this increase, vehicles with internal combustion engines increase the amount of gas harmful to the environment. This situation negatively affected the environmental quality and directed it to different energy sources for vehicle performance. With the addition of the depletion of future petrol reserves to these, the demand for electric vehicles accelerated. One of the most important issues in electric vehicles is the distance that vehicles can cover when fully charged. Therefore, the selection of materials and the weight of the vehicles are of great importance in the construction of the vehicles. In this thesis, the chassis modeling of an electric vehicle, the chassis structure model and material selection were made, and the most suitable material and model selections were searched and selected. 3D drawing of the selected model was made in certain dimensions and suitability. Technical drawings of these 3D drawings have been made one by one. Static analysis was performed in ansys program in order to test and interpret whether the modeling and the selected material structure are suitable. Static analysis of certain parts of the chassis has been made. As a result of these static analysis, examinations and interpretations were made. As a result, the tub type, which is the chassis model we have chosen, and the aluminum 7079 alloy chosen as the raw material for the chassis were deemed appropriate.

Keywords: *Electric vehicle, fuel cell electric vehicles, Electric vehicle battery, Electric vehicle chassis, chassis model, Electric vehicle static analysis, Static analysis*

1. GİRİŞ

Bu tezin amacı, son dönemde popüler olan elektrikli araçların incelemesi yapmaktır. Günümüz teknolojisinde elektrikli araçların yapımında kullanılan malzemelerin ve donanımsal yapıları incelenecektir. Elektrikli araçların en önemli noktası olan batarya ve şarj ünitelerinin incelemesi yapılarak geleneksel içten yanmalı motorlardan farklılıkları karşılaştırılacaktır. Burada elektrikli araçlar içten yanmalı motorlarla karşılaştırıldığında üstünlükleri ve düşük kalan yönleri ele alınacaktır. Elektrikli araçların şasi tipleri incelenerek en uygun şasi yapısı belirlenecektir. Yeni bir şasi modeli tasarlanarak belirlenen şasi tipine uygun bir model oluşturulacaktır. Elektrikli araç, şasi imalatında kullanılacak hammaddeyi en hafifi ve en dayanıklısını belirleyip Ansys analiz programında statik analizi testlere maruz bırakılarak incelenecektir. Bu inceleme sonucunda yeni seçilen şasi modeli ve şasi için en uygun alaşımlı malzeme olup olmadığı tespit edilmiş olacaktır.

1.1 Elektrikli Araçların Tarihçesi

Tarihte ilk elektrikli araç, 1835 yılında Thomas Davenport tarafından Amerika Vermont'ta icat edildi. Araç çalışma prensibi iki adet elektromıknatıs, bir pivot ve bir batarya kullanılan küçük bir lokomotif aracı. İskoçya'nın Aberdeen şehrinde, Robert A. Tarafından 1832 / 1839 yılları arasında elektrikli araç keşfedilmiştir. Robert A. tarafından keşfedilen bu araç şarj edilme özelliğine sahip değildi. İlk elektrikli araçlar New York caddelerinde taksi olarak kullanılmaya başlandı. Robert A. tarafından icat edilen aracın en büyük dezavantajı aracın şarj edilme özelliğine sahip olmamasıdır. 1900 yıllarda elektrikli araçlar en iyi dönemini yaşamaya başlamıştır. Amerika Birleşik devletinde o yıllarda üretilen 4192 adet aracın %28'i elektrikli araçlardan oluşmaktadır. New York, Boston ve Chicago caddelerinde ve şehirlerinde kullanılan araçların %30'u elektrikli araçlardır. Bu dönemde benzinli araçların tercih edilmemesindeki en büyük etkenler; gürültü, titreme ve ses problemleridir. Henry Ford 1908 yılında araç endüstrisinde çığır açarak seri üretime başlamıştır. İlk aracı olan model T'yi tanıttı (courses, ty). Ford'un yapmış olduğu yeni bir atılım,

Amerikan otomobil pazarında büyük bir değişiklik yapmıştır. Elektrikli araçlar 19.yy'ın ortasında ve 20.yy'ın başlarında popülerdi. Elektrikli araçlar kullanım kolaylığı ve konfor olarak içten yanmalı araçlara göre daha üstündü (ev.hedef filo, t.y.).

1912 yılında, satış rakamları en yüksek olan elektrikli araçların yerini seri üretimde daha hızlı bir şekilde üretim yapılan benzinli motorlu araçlar almıştır. Elektrikli araçların o zamanki fiyatı 1750 dolar iken benzinli motorlu araçların fiyatı 650 dolardı. Türkiye'de bu teknoloji den geri kalmayarak ilk elektrikli araç siparişini 1888 yılında verildi. Mühendisler araç üzerinde bazı değişiklikler yaptılar. Bunlardan bir tanesi önde büyük bir teker yerine önde kısma boyutları aynı olan iki küçük teker yerleştirerek tasarımda bazı değişiklikler yaptılar. Aracı teknik olarak incelersek 20 amper 48 voltluk 1 beygir bir güce sahiptir. Aracın şasi kısmı çelik ve ceviz ağacı kullanılmıştır (ev.hedef filo, ty).



Şekil 1.1: New York'taki Elektrikli Taksi

Kaynak: (Kerem, 2014).

1920 yıllarda elektrikli araçlara duyulan ilgi azaldı. Bu durumun sebeplerinden bahsedecek olursak, araçların daha uzun mesafeler gidebilmesi, araçların beygir güçleri, benzime ulaşım daha kolay olması, benzinli araçlara ilgi duyulmasına sebep

olmuştur. 1920 yılında içten yanmalı motorlarda hız rekorları kırılmıştır, bir önceki en yüksek hızı 100 km/h iken 106 km/h'a çıkarılmıştır. 1960 yılına gelindiğinde, yüksek üretimde ve ısınmada kullanılan fosil yakıtlardan ortaya çıkan zehirli gazlar çevreye hızla yayılmıştır. Hava kirliliği sonucu elektrikli motorlara geri dönüşmeye başlanılmıştır. Bu hava kirliliği sonucu Amerika'da birçok insanda hastalıklar ortaya çıkmıştır. Doğaya ve çevreye verilen zararı azaltmak için 1970 yılında elektrikli araçlara geri dönüşler başlamıştır. 1973 yılında petrol krizi patlak vermiştir. Bu nedenle benzin fiyatlarındaki artışından dolayı elektrikli araçlar konusundaki çalışmalar hızlanmıştır (courses, ty). 1990'larda Temiz Hava Yasası ile birlikte elektrikli araçlar yeniden piyasada popüler hale gelmeye başlamıştır. Bu alanda yapılan yatırımlara da yatırım yapmak isteyen özel şirketlere de devletler destek vermiştir.

General Motor yöneticisi Roger Smith, en verimli olarak tabir ettiği EV1'in üretimini tamamladı. Amerikanın California, Arizona ve Georgia'da halkın kullanımına 1.117 araç kirandı. Kullanıcılardan alınan tepkiler oldukça iyi ve olumluydu, fakat kiralama sürelerin dolmasıyla araçların nedeni belli olmadan hurda çöplüklerine yollandı. O dönemde kullanılan 40 adet araç müzelerde sergilenmektedir (courses, ty). 1997 ve 2000 yıllarında Honda's EV Plus, G.M.'s EV1, Ford's Ranger pik up EV, Nissan's Altra EV, Chevy's S-10 EV ve Toyota's RAV4 EV marka ve modeller üretilmeye başlanılmıştır. 2006 yılında devrim niteliğinde Tesla markası piyasada tek seferde 200 km menzilli araçlar üretti. 2011 yılında Tesla'nın Roadcaster modeli 240 kilometre menzile sahipti. 2010 yılında en çok satış yapan Nissan markası 6 yılda toplamda 250.000 adet araç satışı yapmıştır.

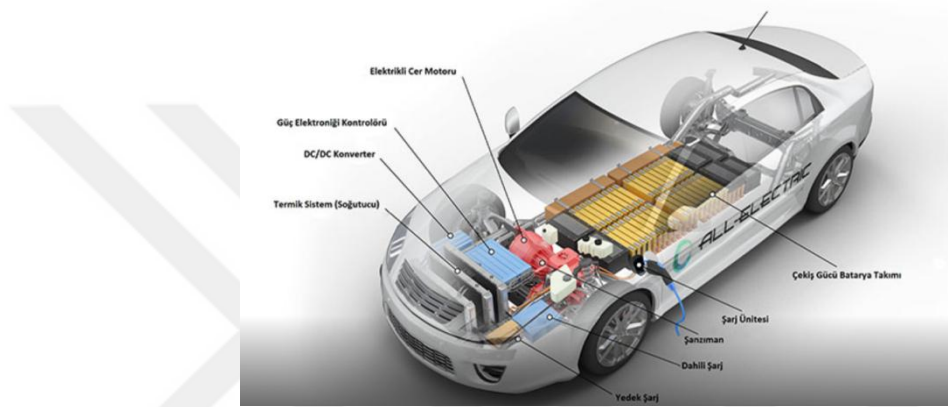


Şekil 1.2: Nissan Leaf Model Araç

Kaynak: (current-news, 2015)

1.2 Elektrikli Araçların Çalışma Prensibi

Elektrikli araçlar denilince akla ilk olarak elektrik motoru ile her türlü tekerli araçları hareket ettiren sistemlere gelmektedir. Elektrikli araçların bataryadan aldığı elektriği elektrik motorları yardımı ile mekanik enerjiye çevirirler. Bu enerjiyi araç üzerindeki tahrik organları sayesinde tekerlere ileterek aracın hareket etmesini sağlarlar. Elektrikli araçların ana parçaları; araç enerji depolama için batarya, tahrik sistemi hareket ettirmek için elektrik motoru, mekanik iletim ve güç kontrol sistemleridir (Kocabey, 2018).



Şekil 1.3: Elektrikli Araçların İç Aksamı

Kaynak: (afdc, ty).

1.3 Elektrikli Otomobillerin Olumlu ve Olumsuz Yanları

Elektrikli araçlar benzinli ve içten yanmalı araçlara nazaran motorları daha basit bir yapıya sahip araçlardır. 2010 yılından sonra benzinli ve içten yanmalı araçların yakıt masraflarının yükselmesi, KDV – ÖTV – MTV gibi vergilerin artmasından dolayı piyasanın elektrikli araçlara karşı bir yönelme ve üretilen araç sayılarında artış görülmektedir. Bununla birlikte elektrikli araçların batarya teknolojisinin gelişmesi sonucunda elektrikli araçlara verilen önem daha da arttı. Elektrikli araç motorlarında parça sayısı benzinli ve mazotlu araçlara göre daha azdır.

1.3.1 Elektrikli araçların olumlu yönleri

- Elektrikli araçların en önemli avantajlarından biri yakıt tasarrufudur. Fosil yakıtları kullanan otomobiller nedeniyle doğal kaynaklar tükenir ve çevre kirliliği artmaktadır. Elektrik araçlar, içten yanmalı araçlara kıyasla daha düşük maliyetli bir enerji kaynağıdır (Özarslan, vd., 2018).

- Benzinli ve mazotlu araçlara nazaran %30 daha az ÖTV vergi verilmektedir. Elektrikli araçlarda MTV vergisi de bulunmamaktadır (Ustabaş, 2014).
- Elektrikli araçlarda egzoz emisyonları olmadığından hava kirliliği yok denilecek kadar azdır. Benzinli ve mazotlu araçlar küresel ısınmayı hızlandırmaktadırlar ama elektrikli araçlar çevre dostu araçlardır.

Ülkemizde sektörlere göre CO2 emisyonlarının sektörlere göre dağılımı Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1: Türkiye’de CO2 Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı (%)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018
Toplam Emisyon	219,4	298,8	398,9	472,6	497,7	523,8	520,9
Enerji	139,6	216,1	287,0	340,9	17,41	379,9	373,1
Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	22,8	26,2	48,1	61,1	13,61	63,6	65,2
Tarım	45,8	42,1	44,1	15,35	58,5	62,8	64,9
Atık	11,1	14,3	19,5	8,95	18,4	17,4	17,8

Kaynak: (TÜİK, 2020)

- Elektrikli araçlar içten yanmalı araçlara göre daha sessiz çalışmaktadırlar.
- İçten yanmalı motorlara nazaran kullanıcı alışkanlıkları değişimleri (İlk satın alım ücretlerinin yüksek olması, tek dolunda menzilin sınırlı olması, motor sesinin düşük olması, bakım maliyetlerinin oldukça düşük olması) (Ustabaş, 2014).

1.3.2 Elektrikli araçların olumsuz yönleri

- Elektrikli araçlar için gerekli olan altyapı sisteminin tam olarak kurulmuş olamaması. Satış sonrası bakım ve servis hizmetlerinin yaygın olmaması önemli bir sorundur.
- Elektrikli araçların tek şarj dolusunda 60-200 km arasında yol gidilebilmektedir.
- Elektrikli araçların ilk satın alma fiyatları çok yüksektir. Mazotlu ve benzi araçlara göre çeşitliliği oldukça azdır (Ustabaş, 2014).

- Elektrikli araçlara ait yeterli sayıda şarj istasyonlarının ve bakım istasyonlarının olmaması. Elektrikli araçları evlerimizde şarj etmemiz için evlerimizin elektrik alt yapısının uygun olması gereklidir. Elektrik alt yapısı uygun olmayan evler için gerekli olan yatırım maliyeti ise çok yüksektir.

1.3.3 Elektrikli araç modelleri ve özellikleri

Elektrikli araçlar kendi içlerinde tahrik sistemlerine göre dörde ayrılırlar; Hybrid Sistemli (Melez), Şarj Edilebilir Özellikli Hybrid Sistem (Plug-in Hybrid), Menzil Arttırıcı Sistem (Range Extender), Tam Elektrikli Sistem. Marka, model ve menizilerine göre halen üretimi yapılan elektrikli araçlar Çizelge 1.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.2: Ticari Olarak Satışta Olan Elektrikli Araçlar

MODEL	MARKA	MENZİL	FİYAT (€)
Ampera-e	Opel	345 km	42.990,00
e-208	Peugeot	295 km	30.450,00
e-208 SUV	Peugeot	275 km	35.250,00
e-golf	Volkswagen	190 km	31.900,00
e-soul 64 kWh	Kia	370 km	37.790,00
EQC 400 4MATIC	Mercedes	360 km	71.281,00
E-Tron 50 Quattro	Audi	285 km	69.100,00
I-Pace	Jaguar	370 km	79.450,00
IONIQ Electric	Hyundai	260 km	34.900,00
I3 120 Ah	BMW	235 km	38.000,00
Kona Electric 64 kWh	Hyundai	400 km	41.400,00
Leaf	Nissan	220 km	36.800,00
Model S Long Range	Tesla	525 km	86.800,00
Model 3	Tesla	265 km	43.500,00
Model X Long Range	Tesla	460 km	91.700,00
Taycan 4S	Porsche	370 km	105.607,00
XC40 P8	Volvo	375 km	59.000,00
ZOE ZE50 R110	Renault	320 km	31.990,00

Kaynak: (Birer, 2020)

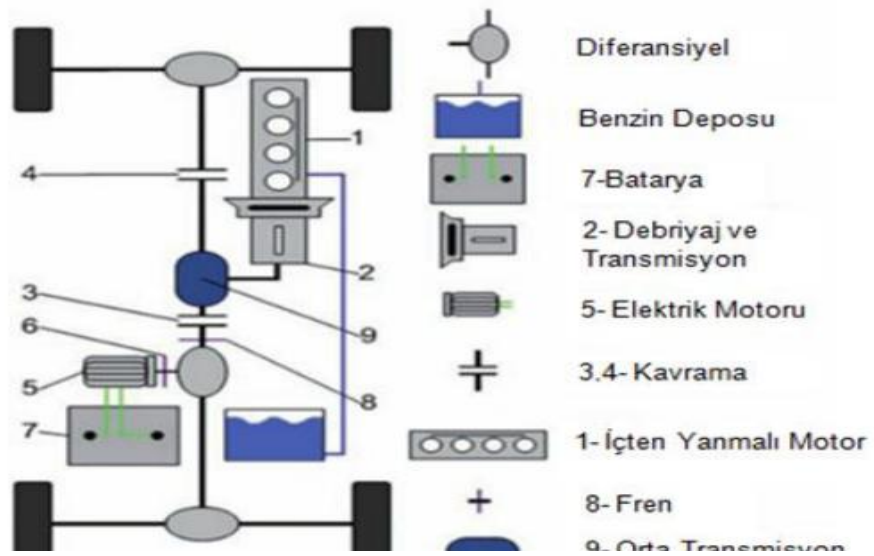
2 ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

2.1 Hybrid Sistemli (Melez)

Elektrikli hybrid araçlarının sisteminin içinde içten yanmalı motor ve elektrikli motor bulundurmaktadır. Burada elektrikli motorun asıl görevi içten yanmalı motoru desteklemektir. Aracın donanımında elektrikli motoru dışarıdan şarj edecek bir ünite bulunmamaktadır. İçten yanmalı motor çalışması durumunda elektrikli motor şarj olmaktadır. Bunlara ek olarak aracın fren yapması durumunda tekerlerdeki kinetik enerjiyi balatalar sayesinde sürtünme enerjisinden elektrik enerjisine dönüştürerek buradan elde ettiği elektriği de depolamaktadır.

Hybridli araçların belirli bir hıza kadar elektrikli motorla hareket etmektedirler. Belirli hızın üstünde veya belli koşullarda içten yanmalı olarak motorlar devreye girer ve büyük bir oranda araçlara da enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Sistemin duayeni Toyota markasıdır. Sisteme uygun ürettiği en iyi araçlarından biri olan Prius marka aracı da örnek verilebilir (Birer, 2020). Hybrit sistemli bir aracın aracın şematik gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1: HEA Şematik Gösterimi

Kaynak: (UKIP, 2009)

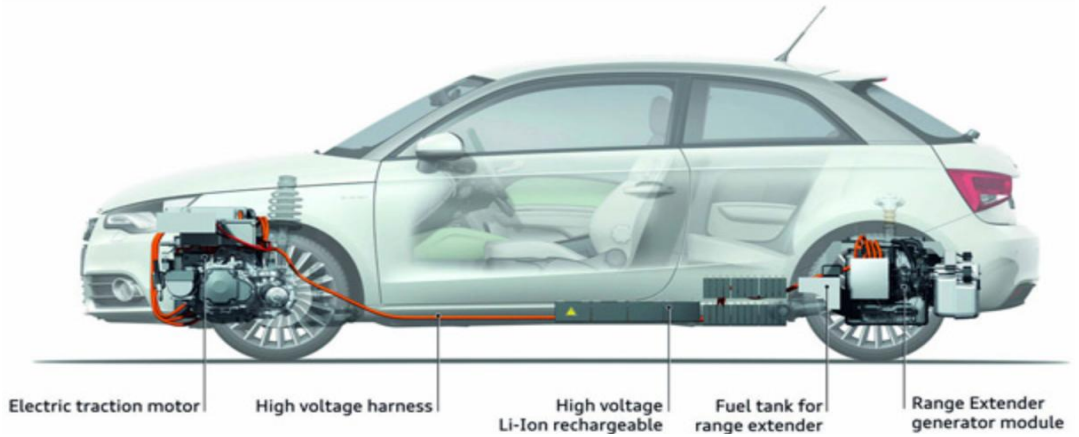
2.2 Şarj Edilebilir Özellikli Hybrid Sistem (Plug-in Hybrid) Otomobiller

Plug-in Hybrid otomobilleri ile hybrid araçların çalışma prensibi aynıdır. Plug-in Hybrid araçlarda daha büyük pil üniteleri mevcuttur ve bu pilleri bir kablo yardımı ile dışarıdan şarj edilebilirler. Bunlara ek olarak içten yanmalı motor çalıştığında frenleme sisteminden elde edilen kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek ayrı bir besleme gerçekleştirilir. Örnek verecek olursak BMW X5 ve aynı markanın İ8 modelleri mevcuttur.

2.3 Menzil Arttırıcı Sistem (Range Extender) Otomobiller

Plug-in Hybrid sisteminde olduğu gibi bu sistemlerde de hem elektrikli motor hem de içten yanmalı motorlar kullanılmaktadır. Aracın hareket etmesini tahrik eden motor sadece elektrikli motordur, burada içten yanmalı motor aracın hareket etmesi ile görevli değildir. Burada içten yanmalı motor elektrik motor bataryalarını şarj etmek ile görevlidir. Plug-in Hybrid sisteminde olduğu gibi araç hareket halinde iken frene basıldığında tekerler dönerken oluşturdukları kinetik enerji batarya aktırarak harici bir pilleri besleme yolu da kullanılmaktadır.

Bu sisteme en iyi örnekler Opel ve BMW markalarıdır. Bu markaların üretmiş olduğu Ampera ve İ3 modelleridir (Birer, 2020).



Şekil 2.2: Range Extender Car

Kaynak: (UKIP, 2009)

2.4 Tam Elektrikli Sistem Otomobiller

Tam elektrikli otomobillerde, hareket elektrikli motorlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Sistemin depolama enerjisi bataryalar tarafından sağlanmaktadır.

Enerji dolumu güç üniteleri yardımıyla 220 ve 380 volta enerji ile dolum yapmaktadır. Buna ek olarak aracın hareket halinde iken fren basıldığında tekerler dönerken oluşturdukları kinetik enerji bataryaya aktarılarak harici bir bataryayı besleme yolu da kullanılmaktadır. Tam elektrikli sistem otomobillere en iyi örnek, BMW İ3 modelidir (Birer, 2020).

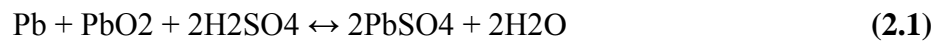
2.5 Batarya

Elektrikli araçlardaki motorların dönmesi için kullanılan elektrik enerjisi bataryalarda depolanır. Elektrikli araçlarda çok büyük önem taşımaktadırlar. Bataryalar çok çeşitli yapılarda bulunmaktadır. Çeşitleri; kurşun-asit batarya, nikel bazlı batarya ve lityum bataryadır.

2.5.1 Kurşun-asit batarya

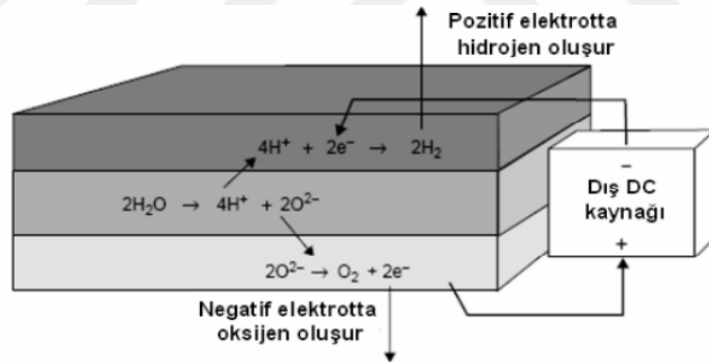
Elektrikli araçlarda en çok tercih edilen bataryalardır. Özellikle hibridli araçlarda daha çok tercih edilir, elektrikli araçlarda derin çevrimlere daha dayanıklı olanları sıvı elektrolit olanların yerine jel elektrolit kurşun asit bataryalar kullanılır. 1895 yılında Fransız fizikçi Gaston Plante tarafından icat edilmiştir. Ticari anlamda kullanıma sunulan ilk bataryalardır. Çok eski bir teknoloji olmasına rağmen halâ kullanılan bir batarya çeşididir. Bunun sebebi kurşun-asit güvenilir bir yapıdır. Şu anda elektrikli araçlarda batarya olarak tercih edilen jel bataryalardır, maliyet olarak çok yüksektirler.

Kurşun asit pillerde bulunan negatif plakalar, aktif materyal olarak kurşun; pozitif plakalar ise aktif materyal olarak kurşun dioksitten oluşur. Bataryadaki Plakalar, sülfürik asiti seyreltilmiş halde olup plakalar içine daldırılmıştır. Sülfürik asit ve kurşun tepkimesi sonucunda su oluşmaktadır. Bu reaksiyonların oluşmasıyla elektrik enerjisi açığa çıkmaktadır (Karakaş & Pekcan, 2014).



Kurşun asit bataryalar şarj edilebilir ve en yaygın bataryalardır. Kurşun asit bataryasını oluşturan kurşun, sülfürik asit, plastik mahfazadır. Kurşun asit bataryalar oldukça maliyetlidir ve stabil bir şekilde çalışmaktadırlar. Pil başına yaklaşık 2 volt civarında enerji uygulayabilirler. Kurşun asit bataryaların oldukça iç dirençleri

düşüktür. Bataryanın akım çekirdeğinde oluşan voltaj değerinden daha düşüktür. Bir bataryanın kapasitesi, batarya plaka alanlarıyla doğru orantılıdır ve batarya iç direnciyle doğru orantılı değildir. Kurşun asit bataryaların deşarj durumunda hidrojen ve oksijen gazları açığa çıkar. Kurşun asit bataryalar ani bir şekilde deşarj olursa düşük voltaj, yüksek sıcaklık, yüksek elektrot aktivitesi gibi reaksiyonlar meydana gelebilir. Deşarj reaksiyonları tüm bataryalarda aynı oranda gerçekleşmeyebilir, diğerlerinde daha fazla deşarj olabilir. Bu durumları engellemek ve önüne geçmek için tam şarj çok büyük önem arz etmektedir. Bataryaların tam şarj olabilmelerini garanti etmek için aşırı şarj durumunda tolerans göstermek zorundadırlar. Aşırı şarj dezavantajlarından biri de reaksiyona giren asitler suyun hidrojen ve oksijene dönüşerek kaybolmasıdır. Eski bataryalarda tasarımsal olarak yapılan bazı hatalardan dolayı elektrolit sıvıları dışarı sızma yapmaktadır. Bazı zaman aralıklarıyla elektrolit sıvısı takviyesi yapılması gereklidir. Yeni tasarlanmış bataryalarda asitlerin oluşturduğu hidrojen ve oksijeni batarya içerisinde hapsedilir ve tekrar su oluşturmaları için rekombinasyonlarına izin verilir. Kurşun-asit bataryanın iç yapısı şematik olarak Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



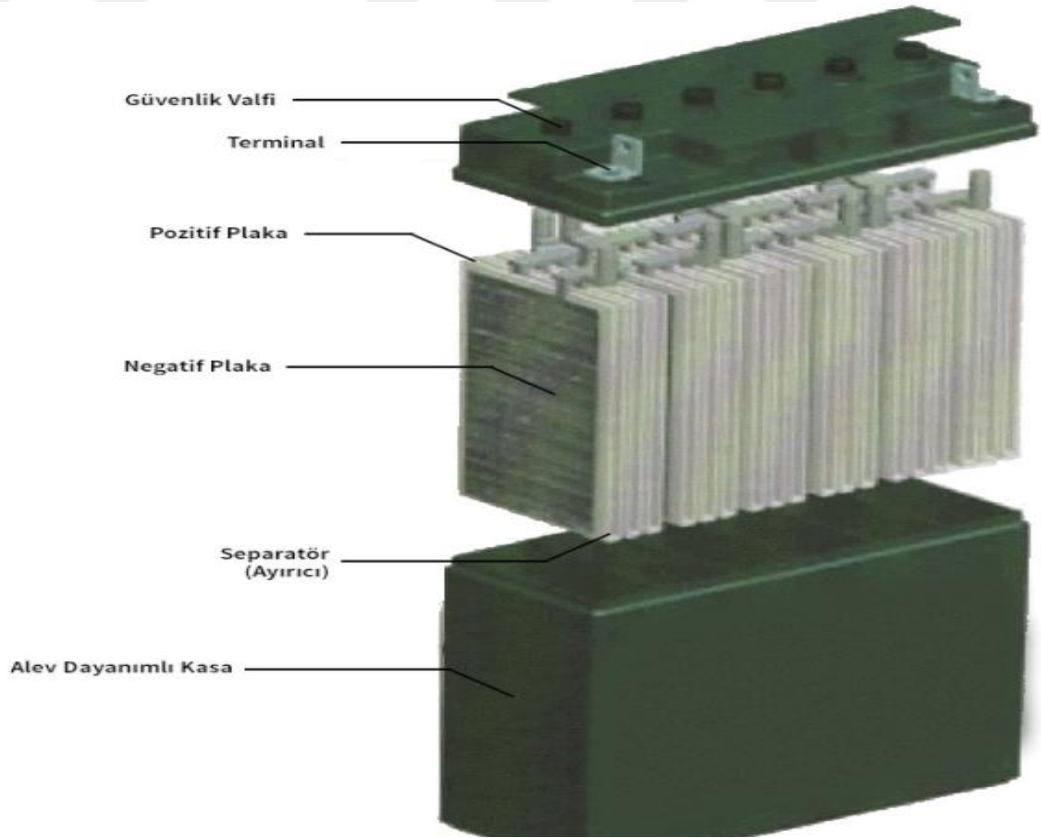
Şekil 2.3: Kurşun-Asit Batarya Tam Dolu Şarj Halindeyken Gerçekleşen Gaz Reaksiyonu

Kaynak: (Birikim Pilleri, ty)

Sulu kurşun asit batarya uzun yıllardır transiyon, yedekleme ya da stand by güç sistemleri dahil standart kabul edebileceğimiz güç kaynakları haline gelmiştir. Sulu kurşun asit batarya bir gelişme kaydetmiş ve valf ayarlı kurşun asit (VRLA) gelişmesi ile sulu kurşun asit tasarımına bir alternatif olarak ön plaka çıkmıştır. VRLA batarya özellikle EA uygulamalarında batarya bloklarındaki pillerin kurumasını önlemiştir. Su seviyesini ayarlanması ve emniyet işlemleri için minimum seviyede kontrol ve bakım gerektirmektedir. Henüz hiç akım gerektirmeyen batarya

icat edilmemiştir. Şu anda en az bakımı gerektiren bataryalar kurşun-asit bataryalardır.

Sulu düzenli olarak su ikmali yapılmalıdır. Şarj işlemi bataryalarının menfez başlıklarından eklenmelidir. Şarj işlemi boyunca su tepkimeye girerek elektroliz sonucu oksijen ve hidrojen iyonlarına ayrılmaktadır. Oluşan oksijen ve hidrojenin %30'u yeniden reaksiyona girmektedir. Bu su oranının düşmemesi için devamlı su takviyesi yapılmalıdır. Su takviyesi bakım maliyetlerini çok büyük oranda düşürmektedir. Sulu kurşun asit bataryalarda rekombinasyon arttırılmıştır. Düzenli olarak yapılan su eklemesi ve bakımlar sayesinde VRLA bataryalarda verim %95 -99 civarındadır (Karakaş & Pekcan, 2014). Şekil 2.4'de bir kurşun-asit bataryasını meydana getiren temel unsurlar görülmektedir.



Şekil 2.4: Kurşun-Asit Batarya

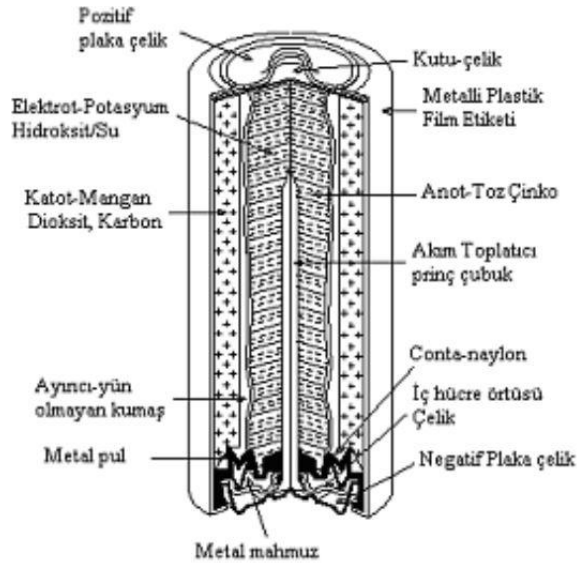
Kaynak: (Birikim Pilleri, ty)

2.5.2 Nikel bazlı batarya

Waldemar J. tarafından İsveç'te nikel bazlı batarya fabrikası 1899 yılında kuruldu. Nikel demir, nikel çinko, nikel kadmiyum, nikel metal hidrür bataryalar nikel bazlı bataryalardır. En yüksek performanslı bataryalar metal hidrür bataryalardır. Nikel

çinko batarya makul bir performansa sahiptir. Derin çevrim ömrü 300 sınırlı bir ömre sahiptir. Nikel demir bataryaların üretimleri oldukça azdır ve uygulamalarda çok fazla tercih edilmez.

Nikel Kadmiyum bataryalar, elektrikli araçlar dahil olmak üzere yağın olarak kullanılır. Nikel Kadmiyum bataryalar çevrim ömrü 2500'dür. Nikel Kadmiyum bataryalar çevrim ömrü oldukça yüksektir. Nikel Kadmiyum bataryalar sıcaklık aralığı -400C +800C'dir. Nikel Kadmiyum bataryaların sıcaklık aralığı oldukça yüksektir. Nikel-kadmiyum pillerde düşük self-deşarj, pillerin uzun süreli depolama özelliğini sahiptirler. Bu özelliğinden dolayı daha stabil bir batarya olmasına neden olmaktadır. Elektrikli araçlarda kullanılan bataryalardaki boyutlarında bulmak oldukça kolay değildir. Nikel-kadmiyum pil oldukça portatif pillerdir. Oldukça mekanik ve elektriksel olarak dayanıklıdır. Bir saat içinde tam dolum gerçekleştirirler. Yaklaşık 20 dk içinde %60 doluluk oranlarına ulaşabilirler. Pilin operasyon voltajı 1.2V civarındadır. 12V bir güç kaynağı için yaklaşık 10 adet pil gereklidir. Kurşun asit bataryada ise 6 adet ile 12V elde ediliyor. Kurşun asit batarya ya göre daha fazla pil kullanımı olumsuz bir özellik olarak gösterilir. Nikel-kadmiyum pil daha pahalı ve çevreye daha fazla zarar vermektedir. Şekil 2.5'de nikel-kadmiyum pillerin iç yapısı şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.5: Nikel-Kadmiyum Pil İç Yapısı

Kaynak: (Dhameja, 2001)

NiCd bataryalar kurşun asit bataryalara göre 3 kat daha pahalıdır ve bunun nedeni ise çevrim ömrü uzun olmasını sebep olarak göstermektedirler. 350 derece altında şarj

verimi ve batarya kullanım oranı ani bir şekilde azalıyor ama elektrikli araç kullanılması engel teşkil etmez. NiCd doğru bir şekilde şarj edilmesi gereklidir. Kurşun asit bataryalara göre self deşarj eğrisi daha azdır. Belli bir doluluk oranına kadar sabit akımda şarj edilir. İstenilen doluluk oranına gelince akım kesilir. Pilin voltajı önceden belirlenen voltaj değerine göre daha düşük bir voltaj değerine düşerek pil dolana kadar bu şekilde dolum devam eder. Nikel bazlı bataryalar aşırı şarj durumunda üstesinden gelmektedir. Nikel kadmiyum bataryaların iç direnci diğer bataryalar göre düşüktür. Nikel Kadmiyum bataryalar ekonomik spesifik güç geçtiklerinde iç dirençte ve dirençlerinde çok büyük önemde düşüşler gözlenmektedir. Bu durum elektrikli araçların güç kaybına uğramalarına sebep olmuştur. Nikel kadmiyum bataryaların kullanıldığı araçlara örnek olarak Peugeot 106, Reno Clio araçları verilebilir.

2.5.3 Lityum batarya

Lityum bataryalar tekrar doldurulabilen bataryalardır. 1991 yılında taşınabilir cihazlarda kullanılmaya başlandı. Şarj durumları irdelendiğinde, tam şarj etmek zorunda değillerdir. Kullanım ömürleri oldukça uzun bir bataryalardır. Ortalama 5 yıl gibi bir ömürleri vardır. Her yıl %20 kadar batarya ömründe kısalmalar gerçekleşir. Güneş ışınları ve ısıdan oldukça fazla etkilenirler bu yüzden ısıdan korunmaları gerekir. Elon Musk'ın sahip olduğu Tesla ve ortaklığında Panasonic de ortak olduğu dünyanın en büyük lityum iyon bataryası Gigafactory'yi üretilmiştir. Diğer bataryalarla kıyaslandığında oldukça yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Genelde laptoplar da ve telefonlarda sık olarak kullanılır. Elektrikli araçların (EA) yaygın olarak kullanılmasındaki en büyük etken atomik kütlelerinin çok küçük olması ve çok yüksek negatif potansiyele sahip olmasıdır. Lityum metalinin hava ya da birçok sıvı elektrolitle reaksiyona girme eğilimi vardır, bu da dezavantaj olarak gösterilmektedir. Yapısal olarak anot ve karbon malzemelerin çeşitli formlarda kullanılmıştır. Katot maddesi için üç çeşit oksitleyici geliştirilmiştir; bunlar kobalt, nikel ve manganezdır. Teknik açıdan hem nikel hem de magnezyum kullanımlarında nikel yoğun olarak tercih edilmiştir (Karakaş & Pekcan, 2014).

Lityum-iyon bataryalar kobalt oksit kaplamalı alüminyum folyodan üretilmektedir. Anot ise ince bir karbon kaplanmış bir bakır levhalardan üretilmektedir. Lityum-iyon bataryaların açık devre gerilimi 4.1Volt'dur. Uzun bir kullanım ömrüne sahiptirler.

sabit olmak şartıyla batarya şarj olması devam edilir. Şarj durumu zamanla artacağından iç direnci artacaktır bu nedenle şarj akım değerinin azalması gereklidir. Bu da şarjın, sızıntı akımıyla tamamlanmasını ve böylece bataryanın aşırı şarj olma ihtimalinin, bir önceki yöntemle göre azalmasını sağlar. Şarj akımında oluşan azalamadan dolayı şarj süresi uzamaktadır (Satılmış & Meşe, 2011).

2.6.3 Sabit akım ve sabit gerilimde şarj etme yöntemi

Bu şarj yönteminde sabit akım ve sabit gerilimde olmak üzere iki aşamada şarj edilir. Bataryaların şarj durumlarında aşırı hassas olmak gereklidir. İlk önce sabit gerilim ile başlayarak aşırı akımlar çekilmesi sonrasında ise daha hızlı şarj olması için sabit akıma geçiş yüksek gerilim uygulanarak şarj etmek gereklidir.

2.7 Şarj Cihazlarının Donanımsal Yapısı

Elektrikli araçlar ve hybrid elektrikli araç batarya şarj cihazları iki gruba ayrılır; Güç İşleme Ünitesi (Power Processing Unit), Batarya Enerji Yönetim Sistemi (Battery Energy

Management System) Elektrikli araçların şebeke besleme şekillerine göre incelemesi yapılacaktır.

2.7.1 Güç işleme ünitesi (GİÜ)

Elektrikli araçların bataryalarının şarj olabilmesi için, bir elektrik kaynağından DC akımın elde edildiği bir ünedir. Bu üniteye akım ve gerilim değerleri ayarlanarak araçlar uygun akım ve gerilim uygulayarak şarj olmasını sağlamaktadır. Elektrikli araçların çoğu 200 – 500 Volt DC gerilime ihtiyaç duymaktadırlar. Ana besleme kaynakları genelde AC olduğundan AC gerilimini DC'ye dönüştürmek gereklidir. Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde gelişmiş aküler AC akımla da şarj gücü sağlanabiliyor. Gelişen teknolojiye güç elektroniğinde ve yarı iletkenlerin gelişmesi sonucunda farklı istekler sonucunda GİÜ üretilmektedir. GİÜ kaliteli ve verimli bir elektrik sağlamanın yanı sıra bataryaların şarj ihtiyacını da en iyi şekilde karşılamaktadır. Çizelge 2.1'de şarj istasyonu tipleri ve genel özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 2.1: Şarj İstasyonu Tipleri ve Özellikleri

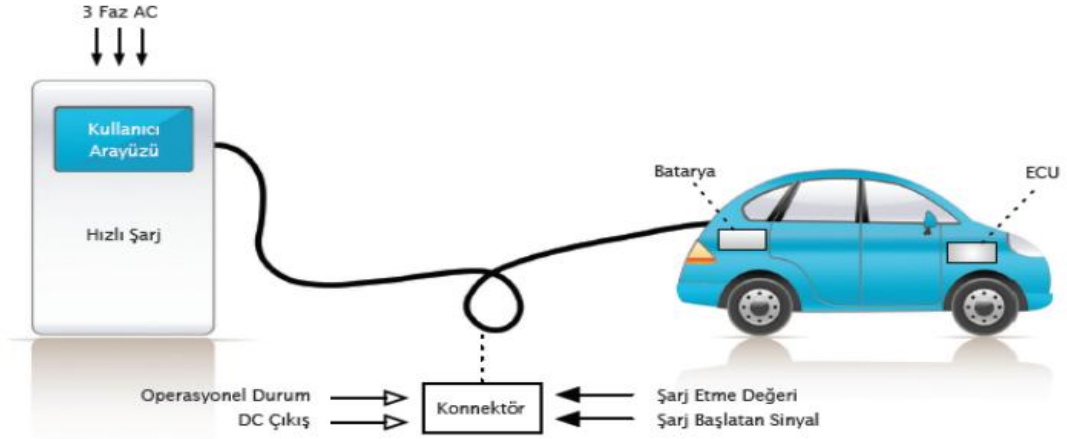
Parametre	ŞARJ İSTASYONU TİPLERİ			
	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 3 (DC)
Gerilim Değeri	120-220 VAC	208-240 VAC	208-240 VAC	600VDC
Güç Seviyesi, kW	1.2-3.8	3.8-15	>15-96	>15-240
Akım Değer, A	15-20	20-80	>85	
Şarj Süresi, saat	5-12	1-4	0.25-0.50	

Elektrikli araçlarda güç işletim ünitelerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi en önemli esaslardan bir tanesidir. Güç işletim ünitesi seçilirken yan ekipmanlarında doğru seçilmesi gereklidir. Aracın verimli bir şekilde şarj olması için gereklidir. Güç işletim üniteleri hem araç üzerinde hem de dışında bulunmaktadır (Satılmış & Meşe, 2011).

2.7.2 Batarya enerji yönetim sistemi (BEYS) (Battery energy management system)

Bir elektrikli aracın şarj cihazı ile en iyi şekilde şarj etme şeklidir. Bu sistemin en iyi şekilde şarj edebilmek için şarj durumunu, sıcaklığı, gerilimi ve akımı bilgilerine ihtiyaç duymaktadır. Bu verileri alıp bir algoritmada değerlendirmek için mikroişlemcide kullanılmaktadır. Şarj cihazındaki verileri sensörler yardımıyla alarak mikroişlemcide sistem uyumluluğunu, fazla akım çekip çekmediğini sistemin sıcaklığını ve bataryanın doluluk oranlarını göze alarak sistem uygulanacak akımın ve gerilimin seviyelerini ayarlamaktadır. Sistemde fazla akım veya gerilim çıktığında sistemi kapatıp uyarıya alan sisteme BEYS sistemi denmektedir.

BEYS sistemi araç üstünde veya güç ünitesinde bulunmaktadır. Araç kısmında gerilim ve akım ve akülerdeki sıcaklığı kontrol etmektedir. Güç ünitesinde ise şebekeden gelen kısmı incelemektedir. BEYS bataryanın aşırı şarj ve deşarj olmasını engeller (Satılmış & Meşe, 2011). Şekil 2.8'de hızlı şarj sistemi (BEYS) görülmektedir.

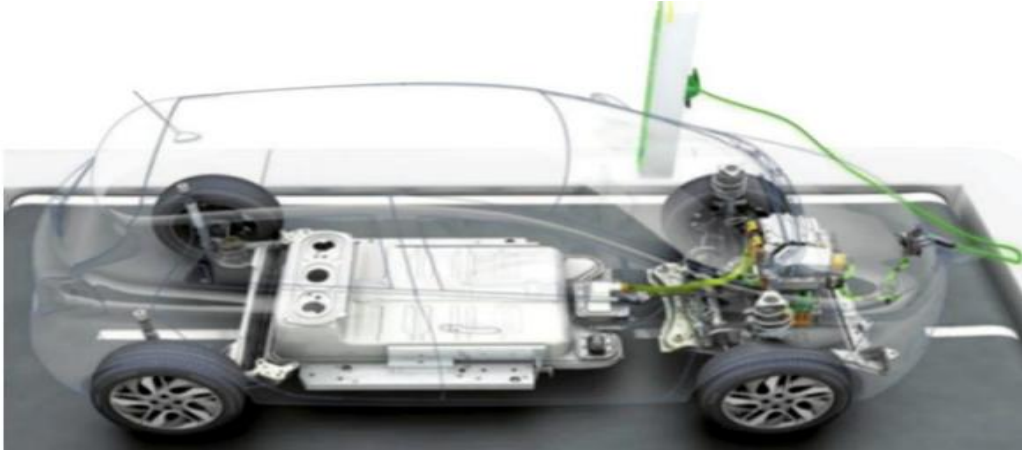


Şekil 2.8: Hızlı Şarj Ünitesi

Kaynak: (Kerem, 2014)

2.8 Batarya Şarj Cihazlarının Yerleşimi

Batarya şarj cihazlarının güç işleme ünitelerinin araç üzerinde olup olmamalarına göre ayrılır. Güç işleme ünitesi araçların üzerinde olanlara “on board” araç dışında olanlara “off board” denilmektedir. Batarya enerji yönetim sistemi kısaca BEYS görevi gereği her zaman araç üzerin de bulunur. Batarya şarj sistemlerinin araç içi güç işleme ünitesine aktarımı şekil 2.9’da görülmektedir.



Şekil 2.9: EA’ya Örnek Bir İç Yapı

Kaynak: (Kerem, 2014)

Araç üzerindeki şarj cihazlarının güç işleme üniteleri tamamen araçların üzerinde bulunmaktadır. Araçların üzerinde bulunan şarj cihazların aracın ağırlığını artırmaması için olabildiğince hafif ve az yer kaplaması gerekmektedir. Araç üzerindeki şarj cihazları şarj bağlandıklarında ısınma problemi olmaktadır. Bu sebepten dolayı şarj cihazlarını soğutmak için araç üzerine harici bir soğutma sistemi

olması gereklidir ve bunlar da araç ağırlığını artırır. Araçlar daha hızlı şarj ihtiyaç duyulamamaktadır, bir araç ne kadar hızlı şarj oluyorsa şarj ünitesi o kadar büyüyor ve daha fazla ısınmaya başlıyor demektir. Hızlı şarj ünitelerinin araçların üzerinde olmaları uygun değildir. Boyut büyük ve ağır olduklarından araç üzerinde olmaları uygun değildir. Araç dışındaki şarj cihazları güç işlem ünitesi tamamının araç dışında olması demektir. Şarj ünitesinin araç dışında olması ağırlık ve boyutsal sorunu ortadan kaldırmaktadır ve hızlı şarj özelliğinin daha kolay bir şekilde uygulanmaktadır. Şarj ünitesinin fazla ısınması gibi sorunların daha hızlı ve kolay bir şekilde çözülmektedir araç içindeyken ek bir pervane veya soğutma sistemi kurulması çok zor ve zahmetlidir ama şarj ünitesi dışarıdayken soğutma işlemi daha kolaydır. Şu anda birçok parklarda, benzin istasyonlarında, otoparklarda, otoyollarda vb. yerlerde şarj işleme üniteleri mevcut değildir. Başlangıçta şarj ihtiyacını karşılamak için elektrikli araçlar ve hibritli elektrik araçların araç üzerinde şarj cihazlarının olması önemlidir. Bu zaman geçene kadar araçların ev, iş yeri, otopark gibi yerlerde bulunan prizlerden şarjı, araç üzerinde şarj cihazlarıyla sağlanacaktır.

2.9 Şarj Gücü Aktarım Şekilleri

Elektrikli araçlar ve hybrid elektrikli araçlar bataryasına şarj gücü iletimi, iletken bağlantı (conductive coupling) ve endüktif bağlantı (inductive coupling) iki şekilde sağlanır (Satılmış & Meşe, 2011).

2.9.1 İletken bağlantı (Conductive coupling)

İletken bağlantı şarj kaynağından iletken bir kablo yardımıyla direkt güç kaynağından aldığı elektrik enerjisiyle aktarılan enerjiye iletken bağlantı denir. Güvenli şarj için güç ünitesi ve güç kaynağı bağlantı noktaları kullanıcılar tarafından açılıp temas edilmesi mümkün olmayacak şekilde üretilmelidir (Dhameja, 2001). İletken bağlantı şekliyle şarj etme yöntemi hem araç üzerinde olan sistemler ve araç dışında olan sistemler olmak üzere ikiye ayrılır (Satılmış & Meşe, 2011).

2.9.2 Endüktif bağlantı (Inductive coupling)

Elektrikli araçların şarj gücü transferleri primer ve sekonderi parçaların birbirleri ile ayrılmasına yardımcı olan özel bir transformatör ile gerçekleşir. Transformatör burayı kullanarak, güç iletimi manyetik yolla gerçekleşir, aynı zamanda elektriksel

izolasyon sağlanır. Endüktif bağlantı şarjı iletken bağlantılı şarja göre daha güvenlidir. Şarjın kolay bağlantı olabilmesi, ünitenin düşük maliyette olması, araç üzerine etki eden ağırlığın minimum ve transformatörlerin ağırlığın ortadan kalkması demektir. Transformatörlerin frekansları ne kadar büyür ise transformatörlerin ağırlığı ve hacmi de o kadar küçülür. Şekil 2.10'da endüktif bağlantı yöntemiyle batarya şarj cihazı görülmektedir.



Şekil 2.10: Endüktif Bağlantı ile Batarya Şarj Cihazı

Kaynak: (Yenişafak Gazetesi, 2017)

Endüktif bağlantı yoluyla şarj edilirken araç dışındaki şarj ünitesi üzerinde primer sargı bulunur, araç üzerinde ise sekonder sargılar bulunur. Primer sargılar şebekeden gelen düşük frekansı dönüştürücüler yardımıyla yüksek frekans olan 80 ile 300 Hz yüksek frekansa dönüştürülür. Sekonder tarafında ise bu yüksek frekans manyetik yolla indüklenir. İndüklenen bu frekans araç üzerindeki doğrultucular ile doğrultularak kablolar yardımıyla bataryalar şarj edilir. Bu yöntem daha güvenli ve maliyet düşüktür (USCAR, 2015).

2.9.3 Batarya değiştirme (Quick drop)

Elektrikli araçlar (EA) menzilleri batarya kapasiteleri ile ilişkilidir. İçten yanmalı motorlarda (İYM) ise menzilleri oldukça uzundur. Elektrikli araçların içten yanmalı motorlar ile kıyaslandığında dolun süreleri EA araçlarda saatler sürerken İYM araçlarda dakikalar içinde halledilebilir.

Bu yöntemde ise bataryayı şarj etmek yerine tam dolu olan yeni bir batarya ile değiştirmektir. Bu yöntem uygulayabilmek için uygun koşullar yerine getirilirse, yaklaşık 90 sn içinde deşarj olmuş batarya ile tam dolu olan batarya kolya bir şekilde değiştirilebilir (Kerem, 2014).

Batarya dolum istasyonuna deşarj olmuş bir bataryalı araç geldiğinde başlangıçta araç donanımsal yapısı ve gerekli bilgileri alınır, sisteme girişleri yapılır. Şarjı bitmiş olan elektrikli araç hidrolik liftler aracılığıyla yukarı kaldırılır ve aracın altı temizlenir, kurutulur. Deşarj olmuş piller sökülerek yerine yeni şarj olmuş piller takılır. Araç üzerinde boş olan bataryalar araç üzerinden alındıktan sonra, ilk olarak temizlikleri ve bakımları yapılır. Boş olan bataryalar bu aşamayı geçtikten sonra şarj edilmek üzere 50 kw güç kullanarak 30 ile 40 dakika arasında şarj edilirler. Şekil 2.11’de bir batarya değiştirme istasyonlarının iç ve alt yapısı görölmektedir.



Şekil 2.11: Batarya Değiştirme İstasyonu (Quick Drop)

Kaynak: (Birer, 2020).

Bu sistemi hayata geçirmek demek batarya sayısının araç sayısından daha fazla olması demektir ve oran verilecek olursa iki katı kadardır. En pahalı kısımlardan biri de bataryadır. Bu durum mali açıdan araçların fiyatlarına yansımaktadır. Bataryalar çevreye zarar veren elementlerden oluşmaktadır. Fazla batarya üretimi doğada zararlı kimyasalların oluşmasına sebep olacaktır.

2.10 Batarya Ömrü ve Bataryaların Şarj Edilmesi

Elektrikli araçların bataryaların yapısında aktif kimyasal dolayı bazı mataryellerin bozulması veya mataryellerin özelliklerinin kaybı söz konusu olmaktadır, bu nedenden dolayı ömür süreleri sınırlıdır. Bunun gibi tepkimeler ve fiziksel etkenler bataryaların elektrikselsel performansını etkiler. Batarya performansını arttırmak için bunun gibi kimyasal reaksiyonları engellemek ve azaltmak bataryaların kullanım sürelerini arttırabiliriz.

2.10.1 Batarya ömrü

Bataryaların nominal ömür kapasitesi başlangıçta %80 ile %100 arasındadır, sergileyeceği şarj ve deşarj döngülerinin sayısı olarak tanımlanır. Çevrim sayısının artması demek batarya kapasitesinin azalması demektir. Bataryanın çevrim ömrü bataryanın iç direnci ile doğru orantılıdır. Bataryanın ilk başta bulunan iç direncinin 1.3 katı bataryanın ömrüne tekabül etmektedir. Şekil 2.12’de bir elektrikli aracın bataryasının fiziksel hali görülmektedir.



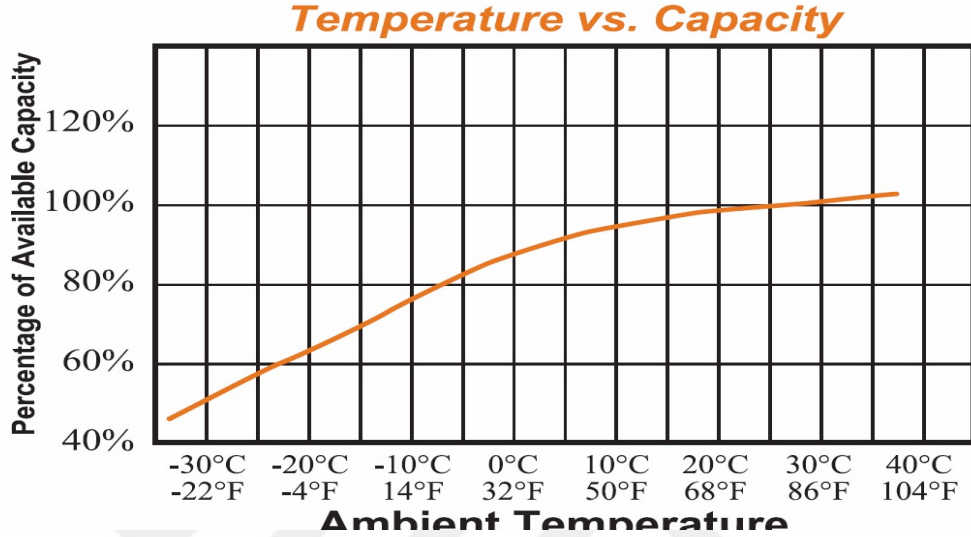
Şekil 2.12: Elektrikli Araç Bataryası

Kaynak: (Birer, 2020).

Bataryadan oluşan bazı kimyasal değişimler, bataryanın kimyasal tepkimelerini, aktif ve yaralı kimyasallarını engelleyen zararlı reaksiyonlardır. Bu durumlar bataryanın ömrünü kısaltmaktadır. Sıcaklık bataryanın içinde kimyasal reaksiyonların aktarımını voltajın dönüşümüne sebep olur. Sıcaklı ne kadar fazla olursa kimyasal reaksiyonlar o kadar çabuk iletilir. Bu da bataryanın performansını artırır, fakat bataryanın ömrünü kısaltan kimyasal reaksiyonların oluşmasını sağlar. Çok sıcak olması bataryaya zarar vermektedir. Self deşarj ve şarjına tutma gibi etkenler raf ömrünü etkiler, self deşarj bataryalarda istenmeyen bir özelliktir. Bu da kimyasal reaksiyonların bir sonucudur.

Kendi kendine deşarj, bataryaların devreleri arasında elektrotlar ya da harici bir elemanla bağlantı bulunmamaktadır, kimyasal reaksiyonların bataryada depolanan şarjı azalttığı bir olgudur. Piller kendi kendilerine deşarj olması, bataryaların raf ömrünü azaltır. Kullanıldıklarında tam şarjdan daha az olurlar. Bataryalarda basıncın etkileri, sızdırmaz bataryada meydana gelmektedir. Batarya basıncın artması için pilin yüksek sıcaklıklara çıkması gereklidir. Akım fazlalığı ve ortam sıcaklığının fazla olması batarya sıcaklığını arttırmaktadır. Sıcaklığın etkisi ile aktif kimyasalların

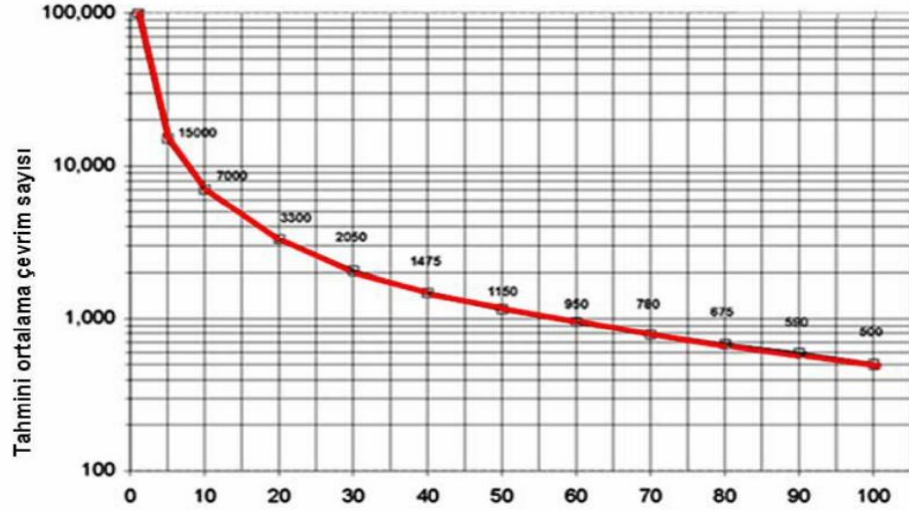
reaksona girmesi ya da şarj gaz oluşumuna sebep olarak iç dirençte ile iç basınç artmaktadır. Basınç fazlası bataryaların şişmesine, akım yolunda aksaklıklara, kısa devre vb. pil içinde mekanik hasarlar oluşmasına neden olurlar. Aşağıdaki Şekil 2.13'de pillerin sıcaklık değerlerine göre kapasitelerini gösteren grafik yer almaktadır.



Şekil 2.13: Pillerde Sıcaklık Değerlerine Göre Kapasiteleri

Kaynak: (Tremblay & Dessaint, vd., 2007)

Deşarj yoğunluğu ne kadar artış gösterirse çevrim oranı da doğrusal olmayan şekilde düşüş gösterir. Çevrimi önemli ölçüde artırabilmek için deşarj yoğunluğunun sınırlanması gerekmektedir. Elektrikli araçlarda ani hızlanmalarda ve yüksek hızlarda bataryadan maksimum güç çekimi gerçekleşir. Bu durum da DoD (Depth of Discharge) deşarj derinliği olarak adlandırılır. Maksimum güç çekimlerinde DoD batarya ve pillere kalıcı hasar verirler. Bu durumlar için özel olarak üretilen piller ve bataryalar kullanılır. Bu pillerin üretiminde özel pil yapıları ve kimyasal karışımlar kullanılır. Bu piller ve bataryalarda DoD değerlerini potansiyometre ile maksimum ve minimum değerler ayarlanabilir. Çalışma aralıkları %80 ile %15 arasındadır. Şekil 2.14'de ise deşarj yoğunluğuna bağlı olarak çevrim sayısının grafiksel gösterimi yer almaktadır.



Şekil 2.14: Batarya Deşarj Yoğunluğu

Kaynak: (Tremblay & Dessaint, vd., 2007)

Voltaj etkileri, şarj edilebilen pil ve bataryalar voltaj karakteristiği, pil ve bataryaların kimyası ile ilgilidir. Tam şarj durumunda olan pil ve bataryalarda kimyasallar aktif durumdadır. Böyle durumlarda piller ve bataryalara elektrik enerjisi uygulandığında ısının artmasına neden olur ve kimyasal bileşenlerin geri dönüşü olmayan bir forma dönüşerek reaksiyona başlarlar. Pillerin ve bataryalarının voltaj limitlerinin üstünde veya altında şarj edilmesi durumunda pile hasar vererek kimyasal reaksiyonlarının ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Bu kimyasal reaksiyonlar, sıcaklık ve basınç etkisi yaratarak pillerde şişme, patlama ve kalıcı hasara neden olacaktır. Hatta yangına sebep olur.

Batarya formasyonu, yeni bir bataryanın aktif materyallerinin kullanılabilir formlarına dönüşümüdür. Elektrolit ya da elektrotların başlangıçtaki kristal yapısı, elektrot kaplama işlemi ve elektrotların yapıldığı bileşenler üretim işlemleri ile belirlenir. Bu, batarya iç direncini minimum seviyeye getiren optimum yapı olmayabilir ve elektrolit ile elektrotlar arasında optimum teması oluşturmayabilir. Batarya akım geçişleri, batarya ısınması ve soğumasıyla aktif kimyasalların küçük değişimlere neden olacaktır. Formasyon, pil üreticisi tarafından bileşenlerin mikro yapılarını optimize etmek ve birbirleriyle teması sağlamak için kontrollü koşullar altında üretim yerinde gerçekleştirilen ilk şarjdır (Karakaş & Pekcan, 2014). Bataryalarda kimyasal reaksiyonların tam güçte ve kapasiteye ulaşmaları için bataryaların 10 -12 defa şarj ve deşarj olmaları gereklidir.

Batarya yaşlanması,

- Bataryalarda oluşan kimyasal formasyonu oluşturarak küçük kristallerin daha büyük kristaller oluşturarak bataryaların kapasiteleri azalır.
- Kristal ve dendrit oluşumu Sinapslara elektrik uyarılar dizili nötronlar halinde geçerler. Bu sebepten dolayı elektrolit ve seperetörler basınç uygulayarak elektrotların şişmesine sebep olur. Dendrit ya da kristallerin büyümesi ile seperatörü delerek kısa devre oluşumuna ve self deşarj olmasına sebebi olabilir.

Batarya ömrü üretmenin en kolay yolları belirlenen tasarım limitleri içinde kullanılması gereklidir. Bunlardan birkaçı batarya şarj esnasında kesintisiz tam dolmuş yapanaya kadar batarya şarjdan çıkarılmamalıdır. Şarj yöntemine uygun bir şekilde gerekli akım ve gerilimin uygulanmalıdır. Batarya için belirlenen emniyet ekipmanları ve denetim sistemleri kullanılmalıdır. Şarj ekipmanları ve denetim sistemleri şarj durumundayken fazla güç yükleme durumunu engeller ve gerekli optimum seviyede şarj ve deşarj olmalarını sağlayarak batarya ömrünün uzamasını sağlarlar.

2.10.2 Çevrim ömrü

Çevrim ömrü, bataryaların başlangıçtaki özel kapasitesinin yer aldığı aralık %100 ile %80 arasında performans sergileyeceği çevrimlerin sayısıdır. Çevrim ömrü çalışması sırasında bataryada çalışmasına devam edecektir ama bataryaların çevrim ömrü sırasında çalışırken normaldekine göre daha hızlı bir sürede kapasitesi azalmış olur. Çevrim ömrü uygun şartlar altında batarya ömrü hakkında gerçek değerleri verecektir.

Bataryalar bazı zamanlarda aralıksız şarj ve deşarj durumuna maruz kalırlar. Bazı kısımlarda yoğunluklarında şarj tutmama yani deşarj olması gözlemlenir. Bu kısmi deşarj durumu bataryanın daha uzun süreler şarjda kalmasına neden olur. Bu gibi durumlar genelde hibridli araçlarda görülmektedir (Karakaş & Pekcan, 2014).

2.10.3 Batarya performans ve güvenlik test yöntemleri

Elektrikli araç test prosedürleri el kitabına (USABC) dayanmaktadır. Kapsadığı testler (Ünlü & Karahan vd., 2003):

- Pillerdeki ve bataryalarda deşarj kapasitesi 25°C sıcaklıkta 180 dakika boyunca voltaj değeri düşünceye kadar deşarj kapasiteleri 3 defa ölçülerek

ortalamaları hesaplanarak deşarj kasiterleri belirlenir.

- Bataryalarda enerji yoğunluğu bir önceki aşamada ölçülmüş olan deşarj kapasitesi kullanarak spesifik enerji (Wh/kg) ve enerji yoğunluğu (Wh/l) hesaplanır.
- Şarj ve deşarj durumlarının sınırlarını saptamak için, testten ve deneyden önce 30 saniyelik süre başlangıç süresi olarak kabul edilir. İlk adım olarak 30 saniye yüksek akımda deşarj ile %10 derinliğine kadar test edilir.
- Güç yoğunluğu 25 °C'de ve deşarj derinliği %80 değerinde 30 saniyedeki ortalama güç verisinden güç yoğunluğu hesaplanır. Her 5 saniyede sonraki gerilime karşı gelene deşarj gerilimi ölçülerek hesaplanır.
- Çevrim ömrü hesaplanırken, şarj ve deşarjdan sonra batarya ömrünün sonundaki çevrim sayısı ile ölçülür.
- Deşarj kapasitesi elektrikli araçlarda uzun depolama sürelerine bağlı oluşmakta olan bir durumdur. Elektrikli araçlarda deşarj edebilmek için, yüksek test akımları uygulanarak üç saat boyunca teste maruz bırakılır. Testlerde esas alınan özellikler 45 derecede 1 ay sürede depolama durumu esas alınır.
- Deşarj kapasitesi ölçümleri belli sıcaklıklar arasında ölçümler yapılması gereklidir. Lityum iyon -20+45 °C arasında, NİHM bataryalar -3+65 °C arasında ölçümler yapılması gereklidir. Şarj sıcaklığı ise +25 °C'dir.

Otomotiv araştırma LLC Amerika Birleşik Devletleri konseyi test yöntemleri IEC 619601 ve SBA G1101 Japon test şartnameleri BA almaktadır. Belirtilmiş olan bu iki standartlarda elektrikli araçların güvenlik testleri elektriksel, mekanik ve çevresel olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Sırasıyla Çizelge 2.2, 2.3 ve 2.4'de LLC Amerika Birleşik Devletleri konseyi test yöntemleri IEC 619601 testlere ilişkin veriler yer almaktadır.

Çizelge 2.2: Elektriksel Testler

TEST ADI	TEST BAŞLANGICI ŞARJ DURUMU	SICAKLIK (°C)	YÖNTEM
Sürekli Şarj	Tam Deşarj	25	1 Ay İçin Şarj
Kısa Devre	Tam Şarj	60	50 ohm Dirençle 6 Saatten Şarj
Zorlanmış Deşarj	Tam Şarj	25	%250 Deşarj
Aşırı Şarj	Tam Deşarj	25	%250 Şarj
Yüksek Akımda Şarj	Tam Deşarj	25	Azami Şarj Akımının 3 Misli Akımda %100 Şarj

Kaynak: (TÜBİTAK, 2003)

Çizelge 2.3: Mekanik Testler

TEST ADI	TEST BAŞLANGICI ŞARJ DURUMU	SICAKLIK (°C)	YÖNTEM
Titreşim	Tam Şarj veya Deşarj	25	0.8 mm genlikte 10-55 Hz frekansta, 1 Hz/dakika hızla, xyz-ekseni yönünde 90-100 dakika süreyle titreşim.
Ani Etki	Tam Şarj veya Deşarj	25	İlk 3 ms süre için, azami 125g-175g'lik, en düşük ortalama 75g'lik xyz eksenini yönünde ivmelenme
Serbest Düşme	Tam Şarj veya Deşarj	25	1.9m'den 10 defa düşürme
Delme (Gömülme)	Tam Şarj	25	2.5-5mm çaplı çiviyi plaka üzerinde, plaka yüzeyine 90° açıyla 6 saat süreyle tutma
Çarpışma	Tam Deşarj	25	150mm çapında direk, 50km/h hızla kafa kafaya çarpışma

Kaynak: (TÜBİTAK, 2003)

Çizelge 2.4: Çevresel Testler

TEST ADI	TEST BAŞLANGICI	SICAKLIK	YÖNTEM
	ŞARJ DURUMU	(°C)	
Yüksek Sıcaklıkta Depolama	Tam Şarj	100, 60, 20	100 °C’de 5 saat tuttuktan sonra veya 60 °C ve 20°C’de 20 gün tuttuktan sonra, 24 saatten fazlama depolama
Isıl Şok	Tam Şarj	-20 ⇔ +60	Her bir sıcaklık limitinde 2 saat süreyle tutma. Isıtma hızı: 10 çevrim boyunca 16°C/dakikadan daha hızlı ısıtma
Düşük Basınç	Tam Şarj	25	11.6 kPa basınçta 6 saat süreyle depolama
Isıtma	Tam Şarj	130	5°C/dakikada ısıtma hızıyla azami sıcaklığa kadar ısıtma ve azami sıcaklıkta 1 saat tutma
Su İçine Daldırma	Tam Deşarj	25	24 saat süreyle su içine daldırma

Kaynak: (TÜBİTAK, 2003)

2.11 Şarj Cihazları Standartları Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken ve İstenilen Özellikler

Elektrikli ve Hibritli elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla uluslararası kurumlar tarafından bazı kurallar ve prosesler belirlenmiştir. Bu kurumların başında SAE iletken ve endüktif bağlantı şekli için sırasıyla SAE J-1772 ve SAE J-1773 numaralı standartları geliştirmiştir. SAE standartları 3 aşamada gerçekleşir; 1 Seviye, 2 Seviye ve 3 Seviye;

1 Seviye acil durumlarda kullanılan 120V-15A 1.5KW değerinde önerilen güç seviyesidir. 2 Seviye şarj cihazlarına erişilmesi zor olduklarında bu şarj cihazları kullanılır. Şarj süreleri 10-15 saattir. Güç aralıkları 230V-40A 6.6KW değerine sahiptir. Normalde araçların nominal şarj olma gücü ve süresini temsil eder. Güç kaynağına bakıldığında bu güçlerin ve sistemlerin ev ve işyerlerin güç sistemlerine uygundur. 3 Seviye 25-160KW değerindedir. Şarj süreleri dakikalar içinde gerçekleşir (Satılmış & Meşe, 2016). Şarj cihazları oldukça büyük ve ağır olduklarından araç üzerinde bulunmamaktadırlar. EA ve HEA özel şarj

istasyonlarında bulunur ve bu sistemleri kullanmak için özen eğitimli personellere ihtiyaç duyulmaktadır.

Batarya şarj sisteminde kullanılan parçalar oldukça basit, hafif ve boyutları küçük olması istenilir. Batarya zarar vermeyecek şekilde düzenli, hızlı ve verimli şekilde çalışması beklenir. Bir şarj cihazı AC hattan aldığı enerjiyi kaliteli bir şekilde güç akışını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Güç transferi basamağı sayısı ne kadar fazla ise enerji kaybı o kadar az olur. Şarj cihazlarının güçleri çok önemlidir. Şarj cihazlarının gücüne göre akım beslemeli mi yoksa gerilim beslemeli mi olacağını belirlenir. Elektrik kesilmelerinde veya cihazın kısa devre yaptığında zarar görmemesi için akım beslemeli olması gereklidir. Yüksek güçlü cihazların zarar görmemesi için akım beslemeli olması gereklidir. AC akımın geldiği yani kaynak tarafına bobin uygulaması yaparak bu sistemi oluşturabiliriz. Düşük güçlerde ise gerilim beslemeli dönüştürücüler kullanılması istenir (Ting & Aksoy vd., 2017).

Şarj cihazı dönüştürücüleri, bazı özellikleri ele alınarak seçilir. Bunlarda bazıları gerilim, sıcaklık, frekans, akım ve kapılar gibi birçok etken vardır. Bu etkenler göz önüne alınarak seçilen anahtarlama elemanları ideal anahtarlama elemanlarıdır, bu kadar önemli olmasındaki sebep direk dönüştürücünün yapısını etkilemektedirler. Anahtarlama elemanları seçimlerinde bazı koşulları sağlaması gereklidir. Bu koşullar dönüştürücü gücü, devrede oluşan kapılar, frekans, sıcaklık ve maruz bırakılan akımdır (Satılmış & Meşe, 2016). Anahtarlama elemanların da oldukça sade kontrol teknikleri kullanılmalıdır. Karmaşık yapıya sahip olan anahtarlama dönüştürücülerin yapısını karmaşık olması demektir, buda fazlada metaryel içerir buda istenmeyen bir durumdur. Sistemin ağırlığının artmasına sebep olabilir. Şarj cihazları izolasyonlu istenirse transformatörlere izolasyon işlemi uygulanır. Şarj cihazlarında transformatöre izolasyon yapıldı ise izolasyonsuzlara göre daha ağır ve boyutları büyüktür. Fakat izolasyonlular izolasyonsuzlara göre daha verimlidirler (Ting & Aksoy vd., 2017). Elektrikli araçların şasislerine yerleştirilmiş bir elektrik bataryası Şekil 2.15’de yer almaktadır



Şekil 2.15: Elektrikli Araçların Bataryalarının Şasi Üzerinde Yerleştirilmiş Hali

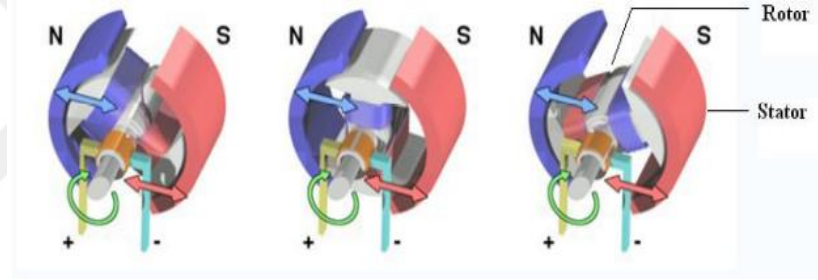
Kaynak: (Birer, 2020)

Bir batarya şarj cihazından istenilen özellikler her geçen gün artmaktadır. Batarya şarj cihazlarından istenilen özellikler;

- Bataryalarda enerji verimliliği, gerilim ve akımın yüksek olması istenir.
- Minimum maliyet ve minimum parça ve oldukça hafif parçalardan oluşması.
- Düşük Toplam Harmonik Distorsiyon (THD)
- Seçim yapılacak bataryanın kullanılacak bölgenin şebeke gerilim ve akımına uygun olması.
- Bataryaya kesintisi elektrik enerjisi sağlanması bazı durumları olumlu yönde etkiler. Batarya sağlığını, uzun süreler batarya kullanımını ve şarj kalitesini belirlemektedir. AC akımda beslenen şarjlar dalgalanmalar sonucunda ısınmalar meydana gelir ve bu da batarya ömrünü azaltmaktadır.
- Bütün elemanların elektriksel izolasyonları olması.
- Bataryaların üstünde şarj deşarj, sıcaklık, şarj akımı ve gerilme değerlerini görmek istemektedirler.
- Cihaz hafif, düşük hacim, kullanımı kolay, düşük bakım onarım ve az gürültülü olması.
- Acil durum anında araçlarda bulunması gereken 12 volt kurşun asit bataryalar gereklidir. Gerekli kaynakları beslemek ve gerekli yerler ile bağlantı kurabilmek için.
- Uygun olmayan şarj durumunda otomatik kapanması. Elektrikli araçların tüm hava şartlarında şarj olması istenir.
- Batarya üretici firma ve güç değerlerine göz önünde bulundurmadan tüm bataryalara uygun, AC ve DC şarj edebilen şarj üniteleri.

3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA TAHRİK DÜZENLERİ

Tüm elektrikli ve hibritli araçlarda elektrik motoru, güç devresi ve kontrol ünitesinin birleşiminden oluşmaktadır. Güç devrelerinin ve manyetik malzemelerin gelişmesi daha verimli ve daha kaliteli motorların oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Elektrik motorların sabit kısmı olarak stator, hareketli yani dönel kısmı rotor parçalardan oluşmaktadır. Elektrikli araçların motoru dörde ayrılır. Elektrikli araçlarda PM senkron motorlar ve kontrol devresi, PM DC motorlar ve kontrol devresi, asenkron motorlar ve frekans kontrolü ve anahtarlama relüktans motorlardır. Şekil 3.1’de PM motorun iç devresi görülmektedir.



Şekil 3.1: Elektrikli Motor İç Devresi

Kaynak: (Karakaş & Pekcan, 2014)

Elektrikli araçlarda ve hibritli araçlarda bulunan tahrik sisteminden istenen özellikler.

- Anlık yüksek güç ve güç yoğunluğu. Araçların ilk kalkışlarda ve yokuşlarda aracın kalkışını düşük hızda ve yüksek moment istenmektedir.
- Elektrikli araç, hibritli araçlara göre normal hızlarda daha fazla güç istemektedir.
- Yüksek hızlarda ve düşük hızlarda moment hızlarda ani ve hızlı cevap vermesi. Elektrikli araçlarda geniş hız ve moment aralıklarında yüksek verim beklentiler arasındadır.
- Elektrikli araçlarda geri kazanımlı frenleme için yüksek verim sağlanması ve araçların değişik hızlarda ve çalışma koşulları için yüksek güvenilirlik ve sağlamlık testlerinin yapılması istenir.

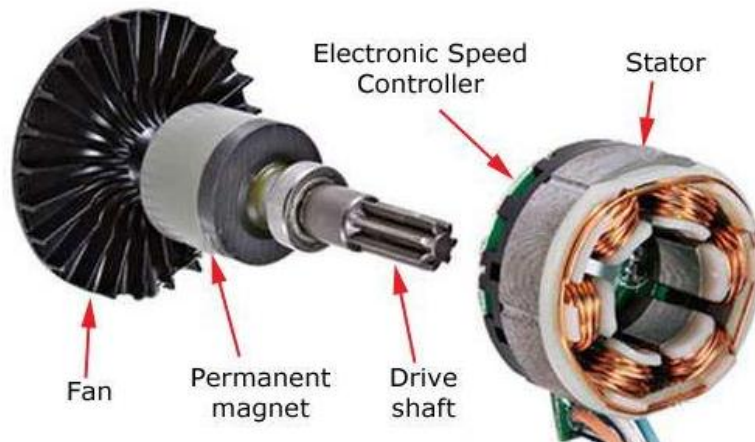
Elektrikli araçların tahrik sistemlerinin seçimi yapılırken üç faktöre bakılır. Aracın kısıtları, sürücünün beklentileri ve enerji kaynağıdır. Sürücü beklentileri aracın hızı, ivmelenmesi, yüksek moment, frenleme, yüksek menzil vb. araç kısıtları ise aracın ağırlığı, kaç kg yük taşıdığı vb., enerji kaynağı, aracın batarya ömrüne, volanlar ve değişik hibrit kaynaklarına bakılır. Elektrikli araçlarda kontrolün kolay olması sebebiyle DC motorlar kullanılmaktadır, ama teknolojinin gelişmesi ile birlikte AC motorların da kontrolünün sağlıklı bir şekilde sağlanması ile AC motorlar elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Fırça ve kolektör bakım gereksinimleri DC motor kullanımlarının azalmasında büyük rol oynamıştır.

3.1 PM Senkron Motorlar ve Kontrol Devreleri

Elektrikli araçlarda manyetik alan oluşturularak dönme işlemi gerçekleştirilir. Bu manyetik alanı uyarmak için uyarma sargıları kullanılır. Rotor etrafına uyarma bakır sargılar yerine mıknatıs kullanılır. Bu sayede bakırların bakım masraflarını ortadan kaldırmış olur. Sürekli mıknatıslı motorlar iki grupta incelenir;

- Senkron makineler: Düzenli bir şekilde dönüş sağlayabilen statorlara sahiptirler.
- Kare dalga senkron makineler: Fırçasız DC makine (PMBLDC) adlandırılırlar. Stator sargıları ayrı zamanlarda kare dalga ile beslenirler (Ünlü & Karahan vd., 2003).

Şekil 3.2’de bir permanent magnet motor iç yapısı yer almaktadır.



Şekil 3.2: Permanent Magnet Motor

Kaynak: (Karakas & Pekcan, 2014)

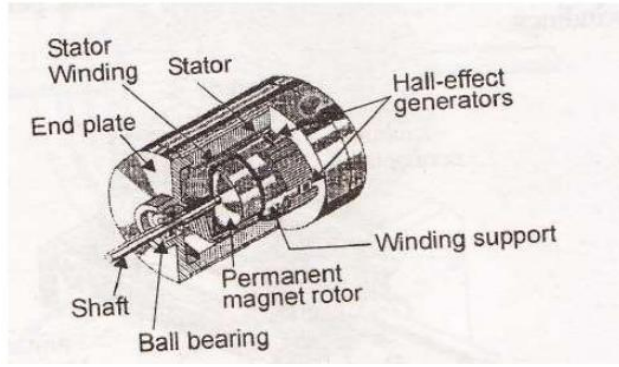
PM senkron motorlarda 3 çeşit mıknatıs kullanılmaktadır. Ferritler, samaryum kobalt ve neodmiyum Demir Boron'dır. PM senkron makinelerin en kritik durumları, mıknatısların özelliklerini kaybetmesidir. Mıknatıs özelliğinin kaybolmasında en büyük etkenler yüksek ısı ve yüksek yük durumlarında meydana gelmektedir. PM motorlar asenkron motorlara göre kayma açısı olmaması sebebiyle kontrolleri asenkron motorlara göre daha kolaydır. PM motorların boyutları asenkron motorların boyutlarına göre daha küçüktür. PM motorların küçük olması sebebi, rotor sargısı olmamasından kaynaklanır. PM motorlar asenkron motorlarına göre daha pahalıdır. PM motorlar rotor ve stator arasındaki akım yoğunluğunun artmasına sebep olur ve güç yoğunluğu (W/kg) ve eylemsizliğe göre moment (Nm/kgm²) oranlarının yükselmesine sebep olur.

PM motorlar kontrolü sürekli senkron hızlarda kullanıldığında vektör kontrol yöntemi ile kullanılabilir ama bu yöntemi kullanırken PM motorlarında pozisyon sensörleri kullanılmalıdır.

3.2 PMBLDC Motorlar ve Kontrol Devreleri

PM DC motorlar rotor ve stator arasındaki bir manyetik alan oluşturarak bulunan iletkenlerden akım geçirilmesi sonucunda, iletkenlere kuvvet etki tepki prensibi ile çalışır. DC motorlarda manyetik alan için stator alan sargısı yapılması olması ve rotorda dönme hareketi için bir endüvi sargı bulunur. DC gerilime dönen kısma uygulanmasını sağlayan parça fırça kolektör düzeneği kullanılmaktadır. Bu düzenekten dolayı motorun bakım sıklığını arttırmaktadır. Bu motorların EA araçlarda kullanımı azalmaktadır. PMBLDC motorların ana parçaları; fırçalar, kolektör, endüvi ve ayarım (alan) kutbudur.

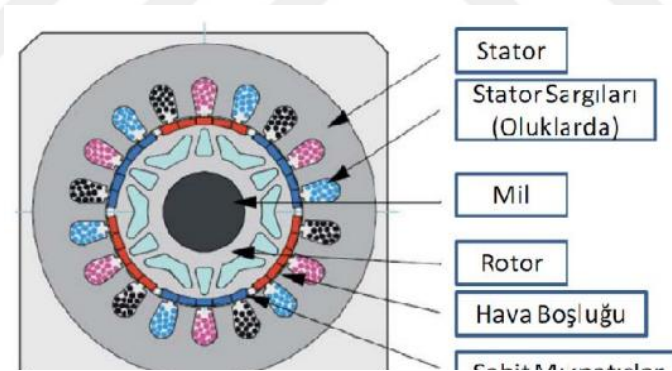
Ana manyetik akımı oluşturan kısım alan kutusudur. Kutup motorun dış ve içine yerleştirilen sabit elektromıknatıstır. Alan sargıları kutupların üzerine sarılan sargılardır, DC uyarım akımını sağlamaktadır. Manyetik kuvvet çizgi etrafında dönerek elektrik enerjisini veya mekanik enerjinin elde edilmesini sağlayan silindirik kısmına ise endüvi denir. Endüvinin sağladığı gerilimi dış devre kısmına veya elektrik enerjisini endüviye ileten yalıtılmış parçadır. Bu parçalara kollektör denir ve bakır parçalardan yapılmaktadır. Araçlarda gerekli duyulan ani kalkışlar sabit momente ve hızda ilerleme DC motorlar tarafından sağlanabilir. Şekil 3.3'de bir PMBLDC motorunun şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.3: PMBLDC Motor İç Yapısı

Kaynak: (Karakaş & Pekcan, 2014)

PMBLDC fırçasız motorlarda sargılar statorunda bulunmaktadır. Sabit mıknatıslar rotor üstüne belli konumlara sabitlenmişlerdir. Bu motorlarda konum sensörleri ve sürücü devreleri ile oluşmaktadır. Hız kontrolleri sabit moment yardımı ile yapılır. Fırçasız olduklarından, sürtünme olmayacağından ark yapmazlar. Boyutları diğer motorlara göre daha küçüktür. Moment değerleri ise daha yüksektir. Yüksek devirlerde ses ve ısınma gibi problemleri yoktur. Pahalı motorlardır ama daha uzun ömürlü ve bakım masrafı bulunmamaktadır. Şekil 3.4’de mıknatıs rotor yapıları görülmektedir.



Şekil 3.4: Sürekli Mıknatıs Rotor Yapıları

Kaynak: (Karakaş & Pekcan, 2014)

Elektrikli araçların sürüş performansı, bazı temel şartlara dayanmaktadır, bunlardan bazıları; maksimum hız ve hızlanma zamanıdır. Elektrikli araçlarda doğru bir şekilde hareket etmemesi için, doğru bir motor seçilmesi gereklidir. Bu durumda motor seçiminde güç ve moment değerleri doğru seçilmelidir.

Endüvide meydana gelen tork:

$$T = F \cdot R \text{ (Nm)}$$

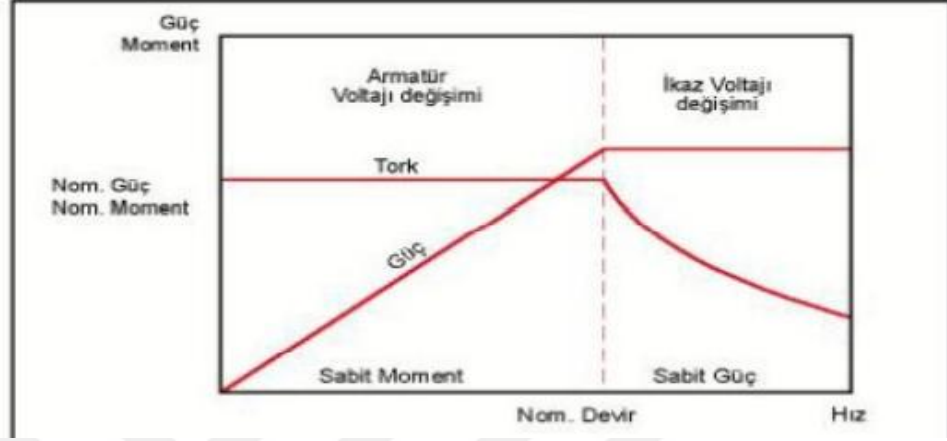
F kuvvetin yapacağı iş:

$$W = 2\pi \cdot r \cdot F = 2\pi \cdot T \text{ (N m)}$$

Elektrik motor gücü

$$= (kw \cdot 9550) / (\text{Motor Devir (rpm)})$$

Şekil 3.5'deki grafikte elektrik motoru hız karakteristikleri yer almaktadır.

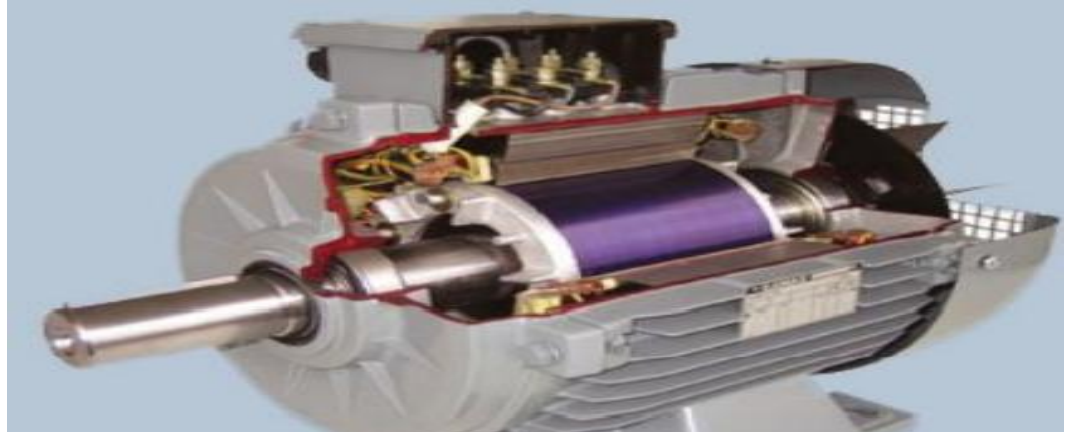


Şekil 3.5: Elektrik Motoru Hız Karakteristikleri

Kaynak: (Karakaş & Pekcan, 2014)

3.3 Asenkron Motorlar ve Frekans Kontrolü

Asenkron motorlar sanayide en fazla talep gören ve satış yapılan motor tipidir. Asenkron motorlar çalışırken ark meydana gelmez. Diğer elektrikli motorlara göre daha uygun fiyatlı, bakımları daha kolay ve daha az bakıma ihtiyaç duyarlar. Asenkron motorların tek ve üç fazlı olarak üretimleri mümkündür. Asenkron motorlar makine endüstrisinde genellikle motor olarak kullanılır ama gerekli şartlar sağlandığında (bilhassa rüzgar türbinlerinde) jeneratör olarak da kullanılırlar. Yüksek güç gerektiren yerlerde üç fazlı motorlar tercih edilmektedir. Asenkron motorlarda statorun çektiği akıma göre çalışma süreleri belirlenir. Dış kısımda bulunan stator sargılarına AC gerilimi taşır, içte bulunan rotor sargıları ise akımı taşır. Kafesli ve bilezikli asenkron motorlar. Şekil 3.6'de sincap kafes elektrikli bir motorun kesiti görülmektedir.



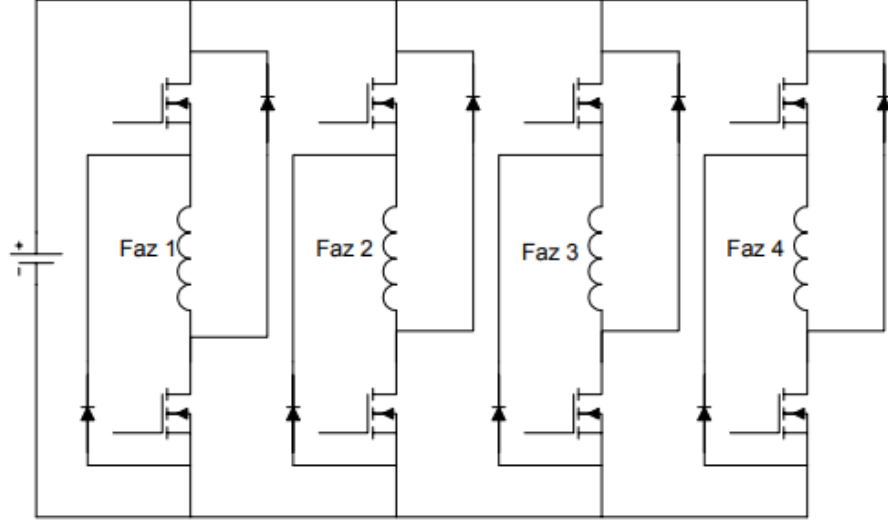
Şekil 3.6: Sincap Kafes Elektrikli Motor Kesiti

Kaynak: (Karakaş & Pekcan, 2014)

Sanayide en çok tercih edilen motor tipi kafesli asenkron motorlardır. Maliyet düşük ve sağlamdırlar. Uygulama alanları olarak değişken hızlarda kullanılmazlar. Değişken hızlarda kullanabilmek için kontrol sistemleri kurmak gereklidir. Bu sistemleri kurulum masrafları oldukça yüksektir. Bu yüzden sabit hızda kullanılmaktadırlar. Mikro işlemcilerin gelişmesiyle alternatif akım sürücülü sistemler kullanılmaya başlandı. (Bilhassa son yıllarda bir hayli popülerliği yüksek olan Tesla marka elektrikli taşıtlarda asenkron motorlar kullanılmaktadır.)

3.4 Anahtarlamalı Relüktans Motorları (SRM)

Anahtarlamalı Relüktans Motorların (Switched Reluctance Motor – SRM) en belirgin özelliği rotorunda mıknatıs ve sargı olmamasıdır. Anahtarlamalı Relüktans Motorları statorunda ise faz sargılarının bağımsız olmasıdır. Rotor ve statorlar çelik plakaların üst üste gelmesi ile meydana gelmektedir. ARM motorlarının faz sargıları birbirlerinden bağımsız olarak kontrollü DC gerilimle beslenirler. Kontrol devresi motorun faz sayısına bağlı olarak tasarlanır ve motorlarda dönüş yönü faz sıralamasına göre belirlenir. Saat yönünde dönebilmesi için, örneğin dört fazlı bir motorda 1-2-3-4, saat yönünün tersine dönebilmesi için 4-3-2-1 bağlanır. Şekil 3.7’de fazlı bir ARM’nin sürücü devresi yer almaktadır.



Şekil 3.7: Fazlı Bir ARM'nin Sürücü Devresi

Kaynak: (TÜBİTAK, 2003)

Anahtarlama relüktans motorlar düşük maliyet ve basit yapılarıyla avantaj sağlamaktadır. Elektrikli araçlar hız ve moment beklentilerini sağlamaktadır. Anahtarlı relüktans motorlarının elektrik kayıplarının çoğu statorda oluşmaktadır. Bu durumda motorun ısınmasına etkisi daha az olmaktadır, ısınan sargıların statorda bulunması bir avantajdır, soğutması daha kolay ve basit şekilde gerçekleştirilebilir. Fazların herhangi birinde sıkıntı olduğunda motorun durması söz konusu değildir. Fazlar birbirinden bağımsız olduğundan birbirlerini etkilemezler. Tasarımı ve iç yapısı oldukça sade, ancak kontrolü klasik alternatif akım motor kontrol yöntemlerinden konum geri besleme gereksinimi de dikkate alındığında biraz daha karmaşıktır. Kutup uçlarının aşırı doymaya gitmesi, kutuplarda akımın dağılma etkisi, moment dalgalılığı ve gürültü problemi dezavantajlarıdır.

4. ELEKTRİKLİ VE İÇTEN YANMALI ARAÇLARIN YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER VE ARAÇLARIN BİRBİRLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Otomotiv endüstrinde en önemli malzemelerin kolay bir şekilde temin etmek ve bu malzemeleri hızlı bir şekilde işleyebilmektedir. Bu şartları yerine getirdikten sonra mühendisler malzemelerin çevreci malzeme, maliyetleri, kaliteleri, kullanıldıkları yerlere göre şekil verme oranları en önemlisi emniyet değerleri kontrol edilir.

Normalde bir binek araçta ortalama metal kullanımı %70 civarındadır. Bunlardan sac levha olarak adlandırdığımız çelik alaşımı ise %55'dir. Plastik ve kauçuk ise %25 karşılamaktadır, %5 kısmını ise elektrik komponentleri, kumaş ve döşemeler oluşturmaktadır. Elektrikli araçları malzeme olarak incelersek ilk olarak aracı iki kısımda incelememiz gerekir; hareketli kısım ve gövde kısmıdır. Gövde kısmındaki parçalar güvenlik ve konfor açısından incelenerek ona uygun parçalar seçilmelidir. Hareketli olan kısım en ağır kısımları aracın batarya, elektrik motoru ve şase kısımlarıdır. Bu kısımlar aracın ağırlığını azaltabileceğimiz kısımlardır. Çeşitli özgül ağırlığı düşük malzemeler seçilmesi gereklidir. Bunlardan bazıları karbon fiber ve alüminyum gibi malzemelerdir. Şu anda araçlarda en çok kullanılan malzeme çeliktir. Dünyada ulaşması kolay ve diğer ürünlere göre daha ucuzdur.

Otomotiv Araştırmaları Merkezi'nin 2017 tarihli raporuna göre yumuşak çelik ile yüksek dayanıklı düşük alaşımlı (HSLA) ve yüksek dayanıklı çelik (HSS), kapı ve kapaklarla birlikte araba gövdesinin yaklaşık %50-60'ını oluşturmaktadır, ancak bu oran hızla değişmektedir. 2010 yılında yumuşak çelik, HSLA ve HSS, araba gövdesinin %90'ını oluştururken 2030 yılında bu oranın %30'a düşeceği öngörülmektedir (automation, ty). Gelişen teknolojilerle birlikte kullanılan malzemelerin çeşitleri, üretim imkanları artmaktadır. Burada en büyük sıkıntı, alüminyum, magnezyum kuvvetlendirilmiş plastikler için malzeme fiyatları 3-4 kat daha pahalıdır. Araçların dışı karbon fiberden yapıldığında araç ağırlığı oldukça azaltılmaktadır, karbon fiber malzeme daha kolay şekillendirilebilir ancak maliyet hesaplarında 5-6 kat daha maliyetli olmaktadır. Karbon fiber genelde daha lüks ve

özel araçlarda maliyet bakımından tercih edilmektedir. Çizelge 4.1’de otomotiv sektörünün mevcut kullanılan malzemelerden beklentileri ve bu malzemelerin önemleri yer almaktadır.

Çizelge 4.1: Otomotiv Endüstrisinin Malzemedeki Beklentileri

İhtiyaç	Eylem	Malzemenin Önemi
Kaynakların ve Çevrenin Korunması	Tüketim azaltılması	Hafif metallerin kullanımı
	Araç ağırlığının azaltılması	Erkinlik/ağırlık oranı Düşük sürtünmeli malzeme çifti
	Kirletici gazların azaltılması	Toksik olmayan malzeme kullanımı Düşük emisyonlu işlem
	- Kullanımda - Üretimde	
Düşük Fiyat	Geri dönüşüm	Geri dönüştürülebilir malzeme Yeniden kullanılabilir plastik malzeme uygulamaları Yenilenebilir organik malzeme kullanımı
	Geliştirme ve üretimde maliyetin düşürülmesi	Düşük fiyatlı malzeme kullanımı düşük maliyetli üretim süreci

4.1 Metaller

4.1.1 Çelikler

Metaller arasında en çok bulunan element çeliktir. Günümüzde sanayide en çok kullanılan metal çeliktir. Çelikler ve dökümler yaklaşık bir aracın dörtte üçünü oluşturmaktadır. Araçların ağırlıklarını azaltmak için yapılan çalışmalarda önemli ve etkili bir faktördür. Çelikler aracın kaza sırasında darbe enerjisini sönmleme değerleri yüksek olması otomotiv sektöründe öncelikli olarak tercih edilmesini sağlar. Çelik kolayca kaynak, punta veya montaj elemanları ile kolay ve basit bir şekilde birleştirilmesi önemli bir etkendir.

Alışım değeri yüksek olan çelikler AHSS olarak adlandırılmıştır. Yüksek dayanımlı çeliklerin çift fazlı (DP), faz dönüşümü kaynaklı plastiklik (TRIP), karışık fazlı (CP) ve martenzitik (MART) olmak üzere farklı çelik türleri mevcuttur (Karakaş & Pekcan, 2014).

HSS çelikler akma dayanımları yaklaşık olarak 210 ile 550 MPa arasında bir değere karşılık gelmektedir. Bir diğer çelik türü olan ultra yüksek dayanımlı çelik UHSS bunun akma dayanımı ise 550 ile 600 MPa arasındadır.

4.1.2 Alüminyum

Araçlarda alüminyum miktarı artıça aracın üretim maliyetleri katlanarak ilerlemektedir. Otomobillerde genelde kullanıldığı yerler çok fazla kuvvet ve mukavemet, gerektiren yerler değildir. Otomobillerde genelde kullanıldıkları yerler; jantlar, konsol, fren sistemi, süspansiyon, yönlendirme (direksiyon sistemi), gösterge paneli ve radyatörlerdir. Otomobiller, alüminyum kullanım miktarına göre ağırlıkları %20-%30 kadar fark etmektedir. Alüminyum, gövde de çeliklere benzer şekilde üretilebileceği gibi, yürüyen aksam olarak döküm, ekstrüzyon ve kaynaklı birleştirme ile üretilebilir. Çizelge 4.2’de alüminyum 7079 kimyasal bileşimleri standartları yer almaktadır.

Çizelge 4.2: Alüminyum 7079 Kimyasal Bileşimleri Standardı

Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Ti	Cr	Diğer
0.4-0.8	2.9-3.7	0.1-0.3	0.4	0.3	3.8-4.8	0.10	0.1-0.25	<0.15

	Gerilme Direnci (Kg/mm ²)	Akma Noktası (Kg/mm ²)	Uzama (%)	Brinell Sertliği	Kayma Dayanımı (kg/mm ²)	Yorulma Dayanımı (kg/mm ²)
T6	54.8	47.8	14	145	31.6	16.2
T652	54.8	47.8	14	145	31.6	16.2

Kaynak: (Güven ve Rende, 2017)

4.1.3 Magnezyum

Magnezyum yoğunluk değerinin düşük olmasına rağmen dayanım değeri yüksektir. Çelik ile magnezyum arasındaki ağırlık farkı incelendiğinde çelik 7.8 g/cm³ iken magnezyum ise 1.8 g/cm³’tür (Güven & Rende, 2017). Şu anda aktif olarak araçlarda direksiyonlarda, göstergelerde ve koltuklarda magnezyum kullanılmaktadır. Magnezyum çeliğe göre 1/4 yoğunluktadır bu da aracın %75 daha hafif olacağını göstermektedir.

Magnezyum sa levhaları incelendiğinde eğilme, bükölme, dayanım, enerji sönölme değerleri oldukça yüksektir. Diğer maddelere göre kütle tasarrufu yüksektir (Güven & Rende, 2017). Magnezyum ve alüminyum alışım lar benzer özelliklerde ve yaklaşık değerlerde deformasyon olduklarından kalıp dökme ve nihai parça elde etme, sa parçası ile şekillendirme gibi işlemlere elverişlidir.

4.2 Kompozitler

Kompozit malzemelerin kullanılması ve oluşturulması birçok malzemenin birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Kompozit parçalar çevre dostu parçalardır. Araçlarda kullanılmaya elverişli ve araçların ağırlıklarını %40 oranında düşürmektedirler. Dezavantaj olarak üretimi zor ve üretim süresi fazladır. Bu da parçanın maliyetinin yükselmesine sebep olmaktadır.

Üretilen bütün araçlarda dikkat edilen bazı koşullar vardır. Oluşturulan bu kompozit parçaların mukavemet, rüzgâr gücü ve diğer güçlere karşı sağlam bir yapıya sahip olmaları gereklidir (novatifkimyadergisi, t.y.). İlk olarak kompozit parçalardan üretilen araç 1957 yılına aitti.

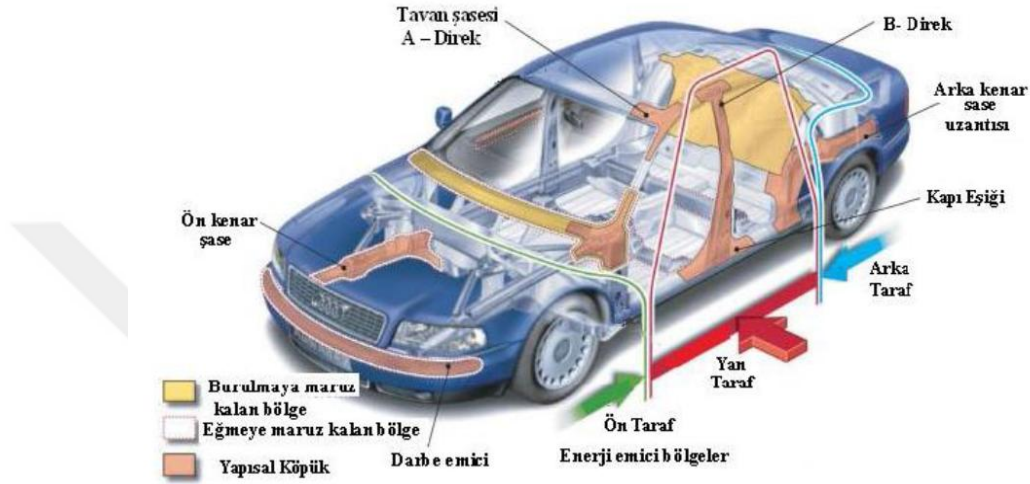
Dünyada özellikle spor arabalarda kullanıldığı görölmektedir. Örnek vermek gerekirse, XJ220 ve Bugatti EB110 gibi sayısız süper otomobillerde dış tasarımları için çeşitli kompozit parçalar kullanılmıştır. Arabaların kompozit parçaları uzun yıllar kullanılmaktadır. Süper otomobil üreticileri tarafından, benzersiz yeteneklere sahip kompozitlerin, otomobilleri güçlü, hafif ve etkili hale getiren parçalardır.

4.2.1 Köpük

Araçların üretiminde önemsenen ve dikkat edilen birçok husus vardır. Bunlardan birisi de güvenlik problemidir. Araçların kaza anında ilk darbe aldıkları yerler ön tampon, arka tampon, kapılar, kapı direkleri, marşpiyeler vb. gibi kuvvet dayanımı ve sönümü yüksek olan çelik parçalar kullanıldığından araçların ağırlıklarının arttığı gözlenmektedir. Bu durumda elektrikli ve içten yanmalı motorlu araçlar tam dolunda daha az mesafe gitmektedirler ve yakıt masraflarının arttığı ortaya çıkmaktadır.

Bu malzemelerin aynı yapıda metal köpüklerin araçların tampon, kapı, marşpiyel, alt ve üst tabanlarda kullanarak aracın çarpışma esnasında darbeyi oldukça iyi

sönümlendiği ve absorbe ettiği görülmekte olup, araçların ağırlıklarında azalma gözlenmektedir. Elektrikli araçların daha fazla yol gitmesine sebep olmaktadır. Diğer bir önemli konu ise, artan araç sayısı ve yüksek hızlarda, araç içinde istenmeyen gürültünün giderilmesinde çok büyük bir oranda etki etmektedir ve yaklaşık %90 oranında iyileştirme yapmaktadır. Şekil 4.1’de araçlarda kullanılan metal sönümlendirme köpüklerinin kullanıldığı yerler yer almaktadır.



Şekil 4.1: Araçlarda Metal Köpüklerin Kullanıldığı Yerler

Kaynak: (TÜBİTAK, 2003)

4.2.2 Doğal malzemeler

Doğal malzeme seçimleri daha çok doğal lifler, doğal kadife kumaşlar kullanarak liflerden aracın camların kapılarını, yan aynaları, yan kapı iç yapılarında, koltuk döşemesi ve yan plastik yapılarında, araç içi döşemelerde, bagaj ve ön döşeme konsolu üretiminde kullanarak daha hafif bir araç elde etmektir. Otomobil parçalarını güçlendirmek için kenaf, jüt, kendir, sisal ve doğal lifler kullanılır. Doğal malzemeler çevre koşullarına ve çevre kirliliğinin önlenmesinde büyük faktör uygulamaktadır. Genelde doğal malzemeler daha lüks araçlar veya araçların en dolu paketlerinde karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda araç imalat maliyetlerinin yükselmesine sebep olmaktadır (Cinali, 2012).

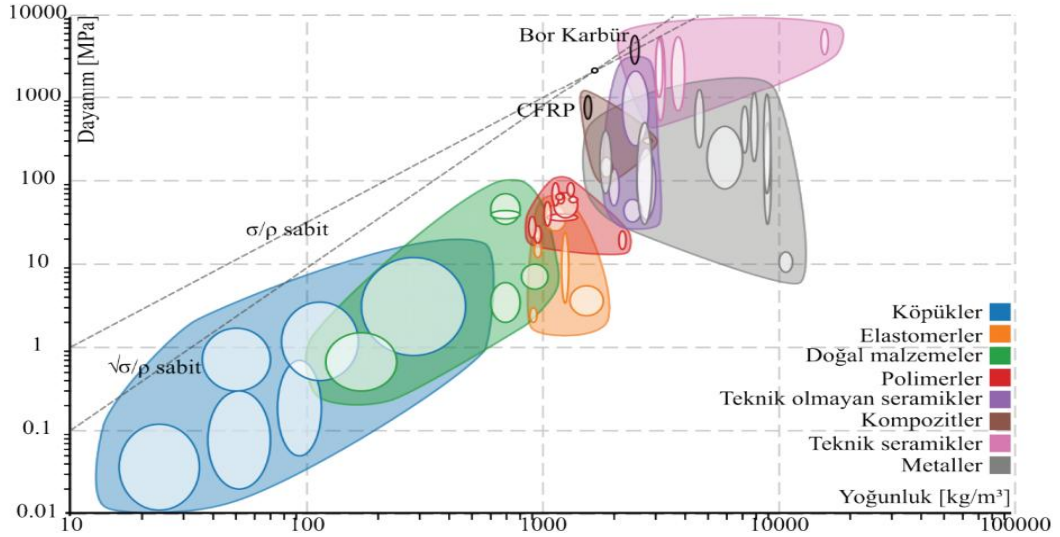
4.3 Malzeme Seçimi

Otomotiv sektöründe çok sayıda malzeme çeşitleri mevcuttur. Bu malzemeler sıralanırken bir alt sınıflar ve her sınıfın bir malzemenin farklı mekanik özellikleri

bulunmaktadır. Fonksiyon, malzeme, şekil ve üretim yönetimi bir planlamada bir bütün olarak düşünülüp hareket edilmelidir. Bir aracın malzeme seçimi, aracın tasarımına ve yapısına uygun olarak seçilmelidir. Araç tasarımına uygun malzeme seçiminin olması için bazı etkenlere bakılması gereklidir; belli mukavemet değerlerine uygun olması gereklidir, montaj, imalat, maliyet ve çevre koşulların uygun olması gereklidir. Bütün özellikleri ve şartları tek bir parçada bulmak mümkün değildir, olabildiğince şartların sağlanması gereklidir. Malzeme seçimi 4 temel aşamada incelenir, bunlar; belirleme, inceleme, sıralama, araştırma olmalıdır. Belirleme aşamasında malzemeden beklentiler ve gereksinimleri planlanır. İnceleme aşamasında gereksinimleri sağlamayan ve çalışma fonksiyonlarına uygun olmayan malzemeler elenir. Bu aşamalardan sonra geriye kalan malzemelerin değerlendirme aşamasına geçilir. Araştırma aşaması adımında malzemeleri detaylı özellikleri ile değerlendirilerek seçim gerçekleştirilir.

Elektrikli araçlar en önemli hususlarından bir tanesi çevre dostu araçlardır. Karbon emisyon değerleri olmadıklarında çevreye zarar vermiyor diyecek kadar azdır. Elektrikli araçların üretiminde kullanılan parçaların da geri dönüşüm sanayisinde kullanımı bu araçların çevre dostu yapmaktadır. Fakat bu araçların ilk yatırım maliyetleri çok yüksektir. Buda son kullanıcıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Kullanıcıları bu araçları memnun olmadığı birkaç özellik daha vardır. Araç menzillerin düşük olması nedeniyle birçok kullanıcı tarafından tercih edilmez. Birçok mühendis bu aracın tek dolunda daha fazla mesafe gidebilmesi için aracın ağırlık bakımında hafifletmeye ve batarya dolun sürelerini kısaltmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır (Güven & Rende, 2017).

Bu araçlarda emisyon değerinin olamaması çevre koşulları açısından çok büyük bir önem arz etmektedir. Bu araçların üretiminde gerekli olan ham maddeleri kolay ulaşılır olması ve geri dönüşüme elverişli olması da önemlidir. Şekil4.2'de araçlarda kullanılan malzemelerin yoğunluk-dayanım diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4.2: Yoğunluk-Dayanım Diyagramı

Kaynak: (Güven & Rende, 2017)

4.4 Elektrikli Araçların Fiyat, Bakım Onarım, Araç Menzili ve Depolama Süresi Bakımından Karşılaştırılması

En düşük elektrikli motorlu araçların fiyatı içten yanmalı motorlara göre her zaman daha pahalıdır. Birçok devlet elektrikli araçların fiyatının düşmesi için destek vermeyi kabul etmemiştir. Birçok ülkede elektrikli araçlar ile içten yanmalı araçların fiyatları karşılaştırıldığında %70 civarında elektrikli araçlar daha pahalıdır. Elektrikli araçların pahalı olmalarının sebebi batarya fiyatlarından kaynaklanmaktadır. Elektrikli araçlarla içten yanmalı motorların fiyat olarak daha avantajlı olması karşılaştırılması yapılırken bir kişinin aracı ne kadar sıklıkla kullandığı ve batarya ömrünü hesaplayarak yapılmalıdır. Normal bir elektrikli aracın 5-7 yıl civarında batarya ömrü vardır, bu da günde 76 km'ye tekabül etmektedir. Elektrikli aracın kullanıcı tarafından en az 138.000 km ile 194.000 km arasında yol yapması durumunda batarya ömrü tamamlanmış olacaktır. Batarya geri dönüştürülebilir ya da yedek batarya olarak da kullanılabilir. Elektrikli araçların kullanımında oluşabilecek en büyük masraf bataryaları kapsamaktadır. Bunun nedeni ise, elektrikli araçlarda toplamda 5 adet hareketli parça bulunmaktadır. Bataryanın her şarj-deşaj olduğunda belli bir oranda kapasitesi azalacaktır. Bu durumda kullanıcı bataryanın performansını ve kapasitesini yeterli bulmaması halinde değiştirmek zorunda kalacaktır. Bu durum içten yanmalı motorlarda çok farklıdır bakım masrafları çok fazladır. Elektrikli araçlarda bakım masrafları hesaplanırken km başına batarya güç

kaybı hesaplanması gereklidir. Bunun da yıllık bakıma eklenmesi gereklidir. İçten yanmalı motorlarda ise belirli km'ler arasında 15-30-60-90-100 bin km gibi rutin bakımları vardır. Her birinde farklı hareketli parçalar değişmektedir. Bu da bir sonraki bakımın daha da maliyetli olması anlamına gelmektedir. Bataryalar birçok tekil levhalardan oluşmaktadır, bunların hepsi homojen şekilde yıpranmayacağından, yıpranan levhaların değiştirilerek aracın menzili korunabilir.

İçten yanmalı motorlar menzilsiz olarak adlandırılır. Bunun nedeni, içten yanmalı motorlar benzin istasyonlarında kısa bir süre içinde depolarını doldururlar. Elektrikli araçlarda ise dolun süreleri oldukça uzundur. Tam dolunda yaklaşık 350-550 km arasında yol yapmaktadırlar. Ortalama bir sürücü günde 70 km yol yapmaktadır. Bu da elektrikli araç kullananlar için uygundur ama uzun mesafelerde insanlar hedeflerine ulaşmadan araçlarının şarjların bitmesi ile karşı karşıya kalabilirler. Araçların şarj edebildikleri adaptörlere göre şarj süreleri değişmektedir. 220V, 70 amperde 3,5 saat tam dolun olurken 220V 16 amperde tam dolun 15 saat kadar sürmektedir. Bu süreleri azaltmanın tek yolu değiştirilebilen bataryalar kullanmaktır. Biten bataryaların değişim istasyonlarında 1 dakika içinde değiştirilip yeni ve tam dolu batarya ile yola devam edilebilmesi ile batarya dolun süresi gibi bir dezavantaj ortadan kaldırılabilir. Fakat böyle bir sistemi uygulayabilmek için bütün elektrikli araçların sisteme uygun imal edilmesi ve batarya değişim baz istasyonların kurulması gereklidir. Bu da çok büyük bir maliyettir ve ekonomik olarak uygulanabilir değildir.

Çizelge 4.3'te Aralık 2012 itibarıyla ABD piyasasında bulunan bütün elektrikli otomobiller ile EPA değerlendirmeli en verimli prizli hibritler, hibrit elektrikli araçlar ve 2013 model benzinli otomobiller için yakıt verimliliği ve masraf kıyaslamaları verilmiştir. Çizelge 4.3'te elektrikli araçlar ve içten yanmalı motorlu araçların yakıt verimliliği kıyaslanması ile ilgili grafik çalışması yer almaktadır.

Çizelge 4.3: Elektrikli Araçlar ve İçten Yanmalı Motorlu Araçların Yakıt Verimliliği Kıyaslanması

Aralık 2012 itibarıyla ABD piyasasında bulunan bütün elektrikli otomobiller ile EPA değerlendirmeli en verimli prizli hibritler, hibrit elektrikli araçlar ve 2013 model benzinli otomobiller için yakıt verimliliği ve masraf kıyaslaması (Yakıt ekonomisi ve kullanım masrafları Monroney label de görüntülenmektedir.)

Araç	Model yılı	Kullanım modu	EPA değerlendirmeli Birleşik yakıt ekonomisi	EPA değerlendirmeli Şehir içi yakıt ekonomisi	EPA değerlendirmeli Otoban yakıt ekonomisi	Sürüş masrafı 40 km	Yıllık yakıt masrafı	Notlar
Scion iQ EV ^[59]	2013	Tamamen elektrik	121 mpg-e (28 kW-hrs/100 miles)	138 mpg-e (24 kW-hrs/100 miles)	105 mpg-e (32 kW-hrs/100 miles)	\$0.84	\$500	Bakınız (1) Bütün yıllardaki yakıt tipleri değerlendirildiğinde 2013 iQ EV EPA sertifikalı en verimli araçtır ^[57]
Honda Fit EV ^[60]	2013	tamamen elektrik	118 mpg-e (29 kW-hrs/100 miles)	132 mpg-e (26 kW-hrs/100 miles)	105 mpg-e (32 kW-hrs/100 miles)	\$0.87	\$500	Bakınız (1)
Mitsubishi i ^[61]	2012-13	Tamamen elektrik	112 mpg-e (30 kW-hrs/100 miles)	126 mpg-e (27 kW-hrs/100 miles)	99 mpg-e (34 kW-hrs/100 miles)	\$0.90	\$550	Bakınız (1)
Smart electric drive ^[62]	2013	Tamamen elektrik	107 mpg-e (32 kW-hrs/100 miles)	122 mpg-e (28 kW-hrs/100 miles)	93 mpg-e (36 kW-hrs/100 miles)	\$0.96	\$600	Bakınız (1) Değerlendirmeler hem dönüştürülmüş hem de coupe modeller için masraflardır.
Ford Focus Electric ^[63]	2012-13	Tamamen elektrik	105 mpg-e (32 kW-hrs/100 miles)	110 mpg-e (31 kW-hrs/100 miles)	99 mpg-e (34 kW-hrs/100 miles)	\$0.96	\$600	Bakınız (1)
BMW ActiveE ^[64]	2011	Tamamen elektrik	102 mpg-e (33 kW-hrs/100 miles)	107 mpg-e	96 mpg-e	\$0.99	\$600	Bakınız (1)
Nissan Leaf ^[65]	2010-12	Tamamen elektrik	99 mpg-e (34 kW-hrs/100 miles)	106 mpg-e (32 kW-hrs/100 miles)	92 mpg-e (37 kW-hrs/100 miles)	\$1.02	\$600	Bakınız (1)

Çizelge 4.3: Devamı

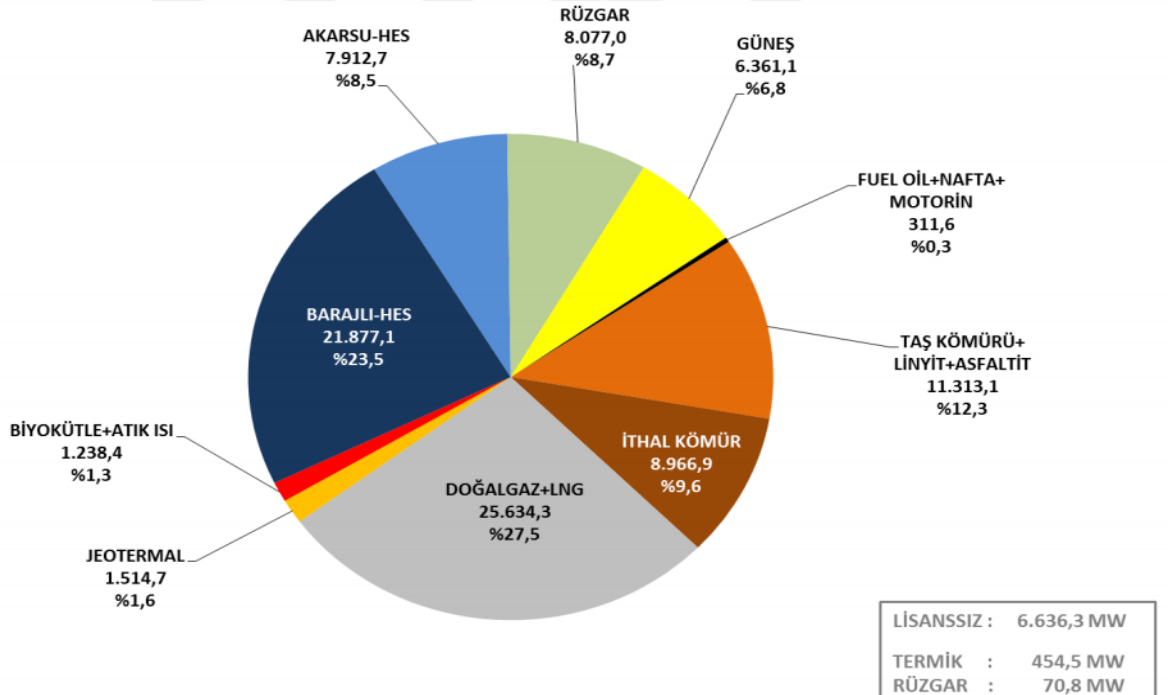
Araç	Model yılı	Kullanım modu	EPA değerlendirmeli Birleşik yakıt ekonomisi	EPA değerlendirmeli Şehir içi yakıt ekonomisi	EPA değerlendirmeli Otoban yakıt ekonomisi	Sürüş masrafı 40 km	Yıllık yakıt masrafı	Notlar
Tesla Model S ^[66]	2013	Tamamen elektrik	95 mpg-e (35 kW-hrs/100 miles)	94 mpg-e	97 mpg-e	\$1.05	\$650	Bakınız (1) 60kWh batarya paketli model
Tesla Model S ^[67]	2012	Tamamen elektrik	89 mpg-e (38 kW-hrs/100 miles)	88 mpg-e (38 kW-hrs/100 miles)	90 mpg-e (37 kW-hrs/100 miles)	\$1.14	\$700	Bakınız (1) 85kWh batarya paketli model
Toyota RAV4 EV ^[68]	2012	Tamamen elektrik	76 mpg-e (44 kW-hrs/100 miles)	78 mpg-e	74 mpg-e	\$1.32	\$850	Bakınız (1)
Coda ^[69]	2012-13	Tamamen elektrik	73 mpg-e (46 kW-hrs/100 miles)	77 mpg-e (44 kW-hrs/100 miles)	68 mpg-e (50 kW-hrs/100 miles)	\$1.38	\$850	Bakınız (1)
Chevrolet Volt ^[70] (PHEV)	2013	Sadece elektrik	98 mpg-e (35 kW-hrs/100 miles)	-	-	\$1.05	\$900	Bakınız (1) ve (2) En az yakıt verimli prizli hibrit araba. 2013 Volt 62 mpg-e'lik birleşik bir benzin/ elektrik değerlendirmesine sahiptir (City 63 mpg-e, Hwy 61 mpg-e). ^[57]
		Sadece benzin	37 mpg	35 mpg	40 mpg	\$2.57		
Toyota Prius ^[71] (HEV)	2010-13	Benzin-elektrik hibrit	50 mpg	51 mpg	48 mpg	\$1.74	\$1,050	Bakınız (2) En yakıt verimli hibrit elektrik araba, Prius c ile birlikte. ^[72]
Ford Taurus FWD ^[73] (Ortalama yeni araba)	2013	Sadece benzin	23 mpg	19 mpg	29 mpg	\$3.79	\$2,300	Bakınız (2) Diğer 2013 modeller(Chrysler 200'ü ve Toyota Venza'yı da içerir) 23 mpg'yi sağlarlar. ^[73]

Notlar: Bütün yakıt masrafları 15,000 mil yıllık sürüşe(%45 otoban, %55 şehir içi) dayanarak çıkarılmıştır.
(1) \$50 civarındaki değerler yuvarlanmıştır. Elektrik masrafı \$0.12/kw-hr (Kasım, 30 2012 itibarıyla). 1 galon benzinin dönüştürülmüşü=33.7 kW-hr.
(2) Kaliteli benzin fiyatıUS\$3,81

Kaynak: (Karakaş & Pekcan, 2014)

Bir diğ er hızlı ş arj etme sistemi ise, DC akım kullanarak 3 fazlı ş arj sistemleridir. Tam dolum olmasa da %80 dolum 30 dakika kadar sürmektedir. Bu sistem hali hazırda dünyanın dört bir yanında kullanılmaktadır. Hava kirliliğ i olarak elektrikli araçların temiz havaya katkısı çok büyüktür. Elektrikli araçlarda yakıt olarak elektrik kullanıldığında sadece araç ş arj ederken elektrik istasyonlarındaki ş arj ünitesi emisyon değ eri oldukça düş üktür. Ülkelere göre şebeke gerilimleri değ işmektedir. Ülkelerin şebeke gerilimlerine göre ş arj ünitelerinde emisyon değ erleri değ işmektedir. Elektrikli araçlarda en önemli etken batarya üretim tesislerinin emisyon değ erlerinin ölçülmesi ve çevre koşullarına uygun üretilmesi gerekmektedir. Bu durumu engellemek için şebeke gerilimlerini yenilenebilir enerji kaynakları ile besleyerek fosil yakıt kullanmadan elektrik üretmeyi destekleyerek emisyon değ erleri olabildiğince azaltılabilir. Birçok büyük firmalar kendi elektrik enerjilerini kendileri üreterek hava kirliliğ ine ve enerji verimliliğ ine destek vermektedir.

Şekil 4.3’de Eylül 2020 verilerine göre Türkiye’de üretilen elektrik enerjisinin üretim şekline göre mevcut durumu oransal olarak yer almaktadır.



Şekil 4.3: Türkiye’de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü

Kaynak: (Karakaş & Pekcan, 2014)

İçten yanmalı motorların yakıtları verimlilik konusunda oldukça düş üktür. Yakıtın birçoğ u ısı enerjisi olarak kayıplara uğ ramaktadır. Diğ er yandan elektrikli araçlar ise depoladıkları elektrik enerjisinin çoğ unu hareket ettirmeye aktarırlar ve bu durumda

kayıp oldukça azdır. Bir içten yanmalı araçla yolda giderken frene bastığında, veya sabit hızda giderken enerji kaybı yaşamaktadır ve yeniden hızlanmak için daha fazla enerji tüketimine yol açmaktadır. Elektrikli araçlarda fren yapıldığında ya da sabit hızla gidildiğinde enerjisinin %20'sini yeniden enerjiye dönüştürerek depolanır ve yeniden kullanılır. İçten yanmalı motorlarda benzinli araçlarda yakılan yakıtın toplamda %15 etkin halde kullanılır. Dizel araçlarda ise %20'si etkin bir şekilde kullanılır. Elektrikli araçlarda ise bu durum %80'e kadar yüksek oranda enerji etkin bir şekilde kullanılır.

4.5 Elektrikli Araçlarda ve İçten Yanmalı Motorlu Araçlarda Kullanılan Şasi Tipleri

İçten yanmalı ve elektrikli araçlar yıllardır birçok farklı tipler de üretilmiştir. Bu aşamada elektrikli araçların şasi tarihi ve modern şasi tipleri aşağıda ayrıntılı bir şekilde incelenmektedir.

4.5.1 Elektrikli araçların zemin altı şasi tarihçesi

1920 yılında seri üretime geçilmesi ile, araçların üretimlerinde şasi ile gövde birleşik şekilde üretilmekteydi. Bu da üretim esnekliği açısından zorluklara ve zaman kaybına neden olmaktaydı. Üretim açısından şasi ve gövdenin ayrı ayrı üretilmesi ile bu konu iki farklı kanaldan ele alınmaktadır. Diğer mekanik parçaların da şasi üzerine montajı ve birleştirmesi daha kolay olması açısından avantaj sağlamıştır. Çok eskiden üretilmiş olan arabalar merdiven mantığında zemin alt şasi üretimleri mevcuttur. İki uzun I profillere 90 derecelik açı ile perçinler, civata ve kaynaklar yardımı ile bağlanan profiller ile oluşmaktadır. Elektrikli araçlarda kullanılan zemin altı şasilerin bir örneği Şekil 4.4'te yer almaktadır.



Şekil 4.4: Merdiven Zemin Alt Şasi

Kaynak: (Yücesu & Solmaz, 2019)

1920 ile 1930 yılları arasında üretilen araçların şasileri burulmaya karşı yeterince dayanıklı değillerdi. Merdiven şeklinde üretimlerde T tipi eklenen elemanların bağlantı bölgelerinden ve diplerden burulmalar ve bükülmeler ile karşılaşmıştır. Şasi yapısının derinlikleri sınırlı olduklarında bükülmeye karşı dayanıklılıkları da yeterli değildir. Burulma ve bükülme gibi etkenleri dikkate alınarak yapılan yeni bir dizayn ile araçlardaki yol tutuşu, istenmeyen titreşimlerin giderilmesi, şasi ve gövde arasındaki uyumsuzlukların azalması açısından önemlidir. 1920 yılının sonuna doğru araçların üretim sayılarında artışlar olmuştur ve preslenmiş çelik araba gövdelerine geçilmiştir. Gövdeler çelik plakaları şekillendirerek birbirlerine kaynak ve perçinler sayesinde montaj yapılmıştır. Burada kaynak ve perçin ile birleştirilmesi ve çelik plakaların kullanılması ile makaslama ve burulma yüklerine karşı çok daha dayanıklı oldukları gözlenmiştir. 1930 yılında zemin alt şasi ve açık kesit elemanlarının birbirlerine perçinlenmesi ile yapılmaktaydı ve aracın yapısına bağlıydı. Perçin ile montajlarda gövde ve şasi arasında tıkırdama ve beklenmeyen yük aktarımları gibi sorunlara yol açmaktaydı.

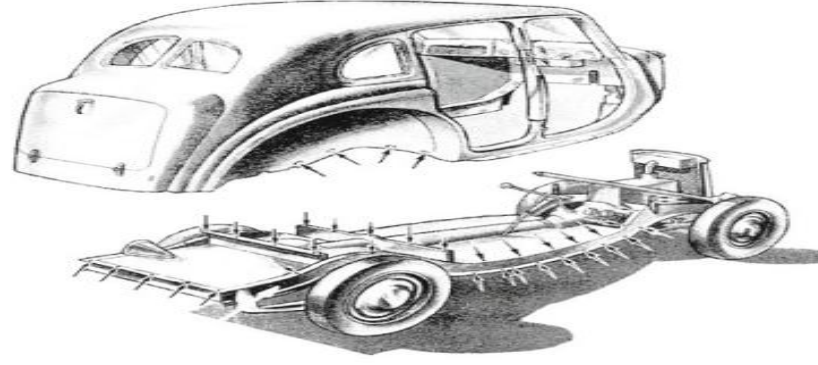
1930'lu yılların ortasında burulmaya karşı daha dayanıklı araçlar yapıldı. Araçların şasi ve gövde arasındaki titreşim daha esnek ve titreşim emici bağlantı elemanları kullanılarak en aza indirilmiştir. 1930 yılın ortasında ve sonunda üretilen en iyi arabalara örnek olarak V12 Lagonda Şekil 4.5 gösterilmektedir (Cinali, 2012).



Şekil 4.5: 1938 Lagonda V12 Rapide

Kaynak: (Yücesu & Solmaz, 2019)

1930'da çelik şasiler burulmaya ve bükülmeye karşı daha dayanıklı hale getirilmiştir. Yeni üretilen araç tasarımlarında gövde ve şasinin ayrı ayrı üretilip birçok vida ile birleştirildiği gözlenmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Şasi ve Gövdenin Birçok Vida ile Birbirlerine Montajlanması

Kaynak: (Yücesu & Solmaz, 2019)

Zemin altı şasi son olarak ikiz tüpler ve çoklu tüpler kullanılmaktaydı. Merdiven tipi şasilerin yan parçalarını çapraz bir şekilde kaynak yaparak oluşturulan şasi tipidir. Bu şasi tipi burulma dayanımını artırmaktaydı. Bu tip şasi tipleri 1930 ile 1950 yılları arasında yarış arabalarında kullanılmıştır.

4.6 Şasi Tipleri

Araçların kullanım şekillerine göre şasi tiplerinde kendi içlerinde beş grupta incelenir. Bu grupta elektrikli aracımıza en uygun şasi tipini ele alınarak inceleyeceğiz.

4.6.1 Merdiven tipi şasi (Ladder frame)

Günümüze kadar gelişerek gelen bu şasi modelleri, ilk başlarda at arabalarından esinlenerek ortaya çıkmıştır. En genel bakış açısıyla iki adet profilden oluşmaktadır. Bunların burulma ve bükülmeye karşı aralarına belli aralıklarda profiller ile birleştirilerek merdiven şeklinde bir şasi oluşmuştur. En büyük avantajları aynı tip bir şasi üzerine birçok farklı gövde yerleştirilerek üretim esnekliğinden yararlanabilir. Örnek verecek olursak 40'lı yıllarda aynı şasi üzerine 4 farklı sedan araba ve bir adet kabrio montajı yapılarak 5 farklı araç üretimi yapılmıyordu üretim açısından ve yedek parça açısından avantaj sağlanıyor. Günümüzde ise bir kamyon, kamyonet, ambulans, itfaiyeye ve beton mikseri aynı şaselerde ama farklı gövdelerden oluşmaktadır.

Merdiven şeklindeki şasilerin en büyük avantajları hasar görmüş şasinin tamir edilmesi mümkün ve kolaydır. Merdiven şasilerin oldukça ağır ve ağırlık merkezleri, yerden yüksekli fazladır ve çarpışma bölgelerinin bulunmaması dezavantaj olarak

gösterilir. Günümüzde hala kamyon kamyonet gibi ağır vasıta araçlarda merdiven tip şasiler kullanılır. Şekil 4.7’de bir merdiven tipi şasilere örnek yer almaktadır.



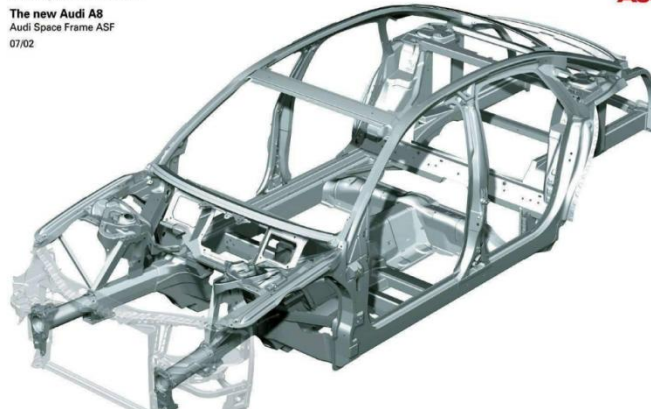
Şekil 4.7: Merdiven Şasi

Kaynak: (Yücesu & Solmaz 2019)

4.6.2 Uzay tipi şasi (Space frame)

Merdiven şasiler bükülmeye karşı dirençli olmadıklarından, uzay şaside tasarımsal olarak zemine dik şekilde profiller kaynaklanarak bu direnç artırılmak istenmiştir. Uzay şasisinde profiller 3 boyutlu kullanılmıştır ve birbirlerine perçin ve kaynaklar yardımıyla birleştirilmiştir. Ana şasi üzerinde oldukça fazla profil olduğundan karmaşıklardır. Burulma dirençleri oldukça düşüktür. 3 boyutlu profiller birbirleri ile birleştirilerek oluşturulan uzay şaside iç hacim oldukça küçüktür. Agaj ve seyahat alanındaki hacim normal sedan araçlara göre daha küçüktür. Merdiven şasi araçlara göre de gövde şasi araçların şasi ağırlığı oldukça hafiftir. Şekil 4.8’de Audi otomobil ailesine ait bir aracın uzay şasisi örnek olarak yer almaktadır.

Der neue Audi A8
Audi Space Frame ASF
The new Audi A8
Audi Space Frame ASF
07/02



Şekil 4.8: Audi A8 Uzay Şasi

Kaynak: (Yücesu & Solmaz 2019)

4.6.3 Omurga tipi şasi (Backbone)

Uzay şasiler burulma direnci ve mukavemetlere karşı dayanıklı olmasına rağmen iç hacimleri oldukça küçüktür. Omurga şasilerin iç hacimleri uzay şasiler göre daha büyüktür. Omurga şasilerde en büyük dezavantaj yandan çarpışmalara karşı sönümlenme engelleme elemanları bulunmamasıdır. Yandan çarpışmalara karşı oldukça zayıflardır. Şekil 4.9’de ise omurga tipi (backbone) şasilere örnek olarak Lotus Elan ve Tatra 8x8 modellerinin şasileri yer almaktadır.



Şekil 4.9: Omurga Şasi (Lotus Elan ve Tatra 8x8)

Kaynak: (Yücesu & Solmaz 2019)

Omurga şasi yöntemi metal saç parçalarını bükülmesi ile geniş profillerin oluşturulduğu sistemlerdir. Bu istemler üzerine süspansiyon sistemlerinde yerleştirilen şasi modelleridir. Şasi üzerinde bulunan ana profiller mukavemet değeri oldukça yüksektir (Soyözen, 2014).

4.6.4 Küvet tipi şasi (Tub)

Omurga şasi yapılarında yanal çarpışmalara karşı dayanıksız olması ve gerekli sönümlenme elemanları olmaması bir dezavantaj olarak gösterilmektedir. Bu durumu düzeltmek amaçlı yeni bir tasarım yapılarak küvet şasi yapısı imal edilmiştir. Yanal çarpışmalar ve burulmalara karşı aracın taban kısmına destekler beslenmiştir. Küvet şasi metal plakalı zemin elemanlarının büyük kapalı kesitlerde birbirine bağlanması ile oluşturulan bir şasi tasarımıdır. Küvet şasi kullanılan araçlar araç gövde yapıları

özel ve farklı olan araçlarda ve düşük sayıda üretim yapılan araçlarda kullanılan bir araç şasi tipidir. Şekil 4.10'da küvet tipi bir şasi örneği gösterilmiştir.

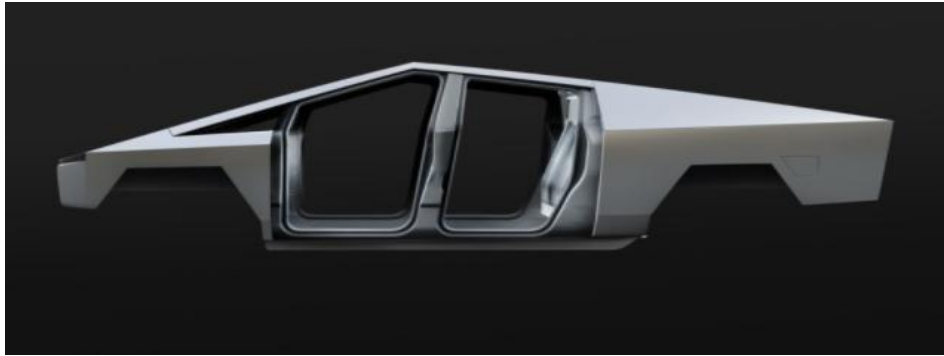


Şekil 4.10: Küvet Tipi Şasi

Kaynak: (Yücesu & Solmaz, 2019)

4.6.5 Monokok (Unibody)

Şaside çelik levha kullanma fikri omurga ve küvet şasilerde kullanarak popüler hale gelmiştir. Gövde şasi ayrı ayrı üretilerek birbirilerine sonradan montaj edilerek üretilmektedir. Diğer tasarımlarda yükü taşıyan yapı şasidir ama burada şasi ile birlikte gövdede bazı elemanların yükünü taşıyacaktır. Şekil 4.11'de yüksek direnç ve mukavemet değerlerine sahip monokok (unibody) tipi bir şasi örneği yer almaktadır.



Şekil 4.11: Unibody Tipi Şasi Tesla Cybertruck

Kaynak: (Yücesu & Solmaz, 2019)

Monokok şasi modeli üretimi yapılan birçok şasi modelinde kullanılır. Bu şasi modelleri tasarımı zahmetli olsa da yüksek direnç ve mukavemet değerlerine sahiptir (Soyözen, 2014). Güncel olarak dikkat çeken tasarımı ile unibody şasi tasarımına uygun üretilen araç Tesla Cybertruck modelidir

4.7 Küvet Tipi Şasi Tasarımı ve Statik Analizi

Elektrikli araçlarda şasi belirlenirken birçok etken göz önünde bulundurulmalıdır. Bu etkenlerden başlıca ve önemli olanları; araç aralık analizi ve malzeme seçimi doğru yapılmalıdır, batarya bölümünün korunaklı ve bölge olarak çok iyi belirlenmelidir, araç ağırlığının en büyük ölçüde batarya oluşturduğundan batarya konumu araç merkezinde olması tavsiye edilir. Bunun gibi etkenleri göz önüne alınarak en iyi tercihin küvet tipi şasi olacağından bu çalışmada küvet tipi şasi üzerinden tasarım yapılmıştır.

4.7.1 Şasi tasarımı

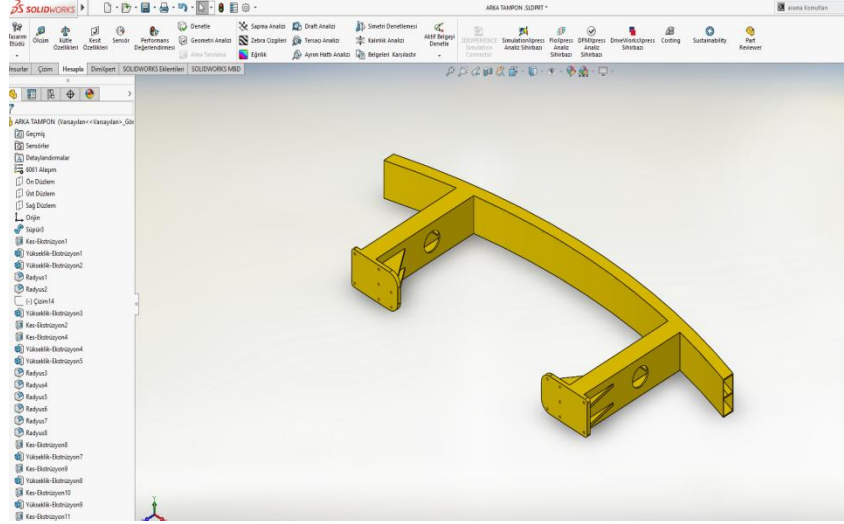
Elektrikli araçlarda birçok şasi tasarımı mevcuttur. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan şasi tipi küvet şasi tipidir. İsminden de belli olacağı gibi görünüşü ve şasi yapısı küvet tipine benzediğinden bu adı almıştır. Orta kısmında büyük bir batarya havuzu bulunmaktadır, bu da aracın en ağır maddesinin ağırlık merkezinde bulunmaktadır. Kaza durumunda en az zararı görmesi için aracın orta kısmına yerleştirilmiştir. Bu çalışmada yapılan özgün tasarımda sunulan araç şasi kısmı beş bölümden oluşmaktadır; Ön tampon, Ön yürüyen aksamı, motorun bağlantı kısmı, batarya havuzu, arka yürüyen aksamı ve motorun bağlantı kısmı ve arka tampon olarak tasarlanmıştır. Sunulan bu tez çalışmasında yer alan araç şasi tasarımında kullanılan profilin özelliği Alüminyum 7079 alaşım kullanılmaktadır.

Aşağıda sırasıyla Şekil 4.12’de küvet tipi bir şasinin ön ve arka tampon tasarımı yer alırken, Şekil 4.13’te ise küvet tipi bir şasinin ön ve arka tampon teknik resmine yer verilmiştir.

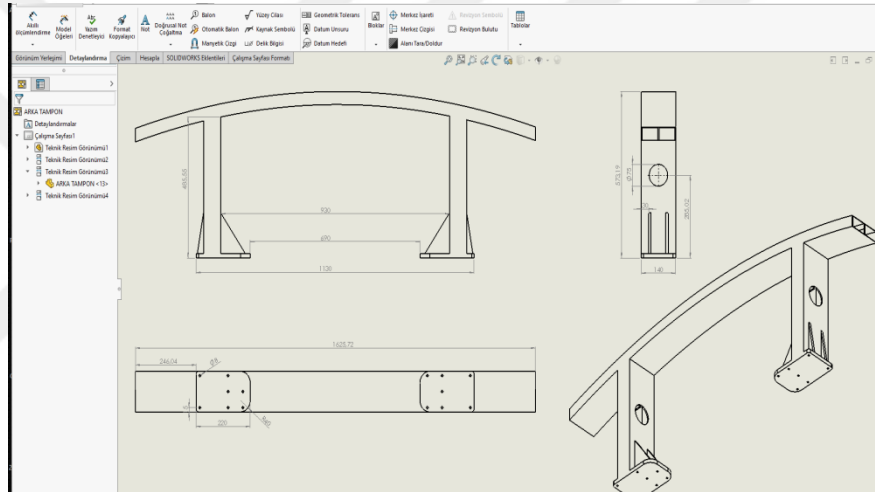
Şekil 4.14’te küvet tipi bir şasinin ön yürüyen aksamı ve motorun bağlandığı kısmı yer alırken, Şekil 4.15’te ise küvet tipi bir şasinin ön yürüyen aksamının ve motorun bağlantı kısmının teknik resmi görülmektedir.

Şekil 4.16’da ise küvet tipi şasi batarya havuzu bulunmakta, Şekil 4.17’de de bu bataryaya ilişkin teknik resim yer almaktadır.

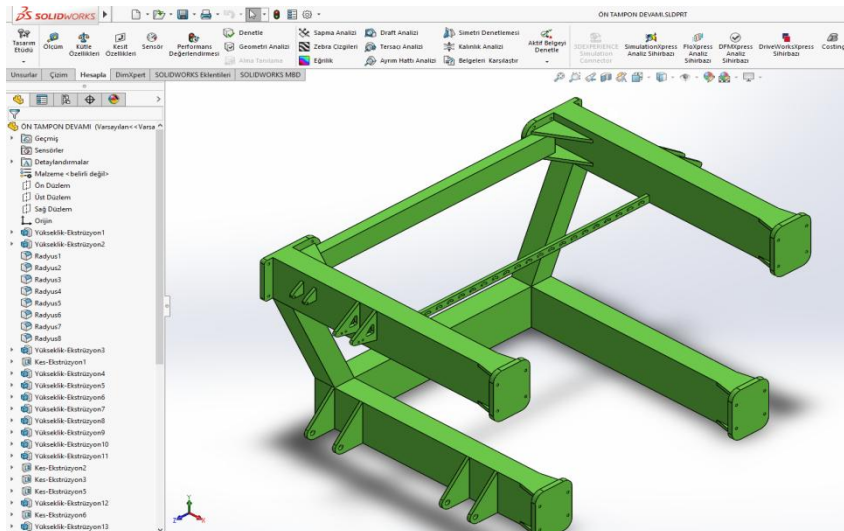
Şekil 4.18’e gelince küvet tipi bir şasinin arka yürüyen aksamının ve motorun bağlandığı kısım bulunmakta, Şekil 4.19’da ise küvet tipi şasi arka yürüyen aksamın ve motorun bağlandığı kısmının teknik resmi görülmektedir.



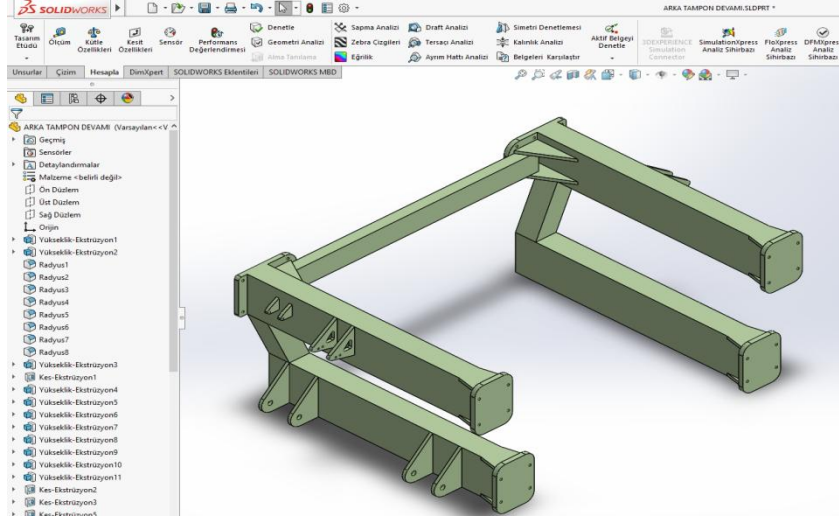
Şekil 4.12: Küvet Tipi Şasi Ön ve Arka Tampon



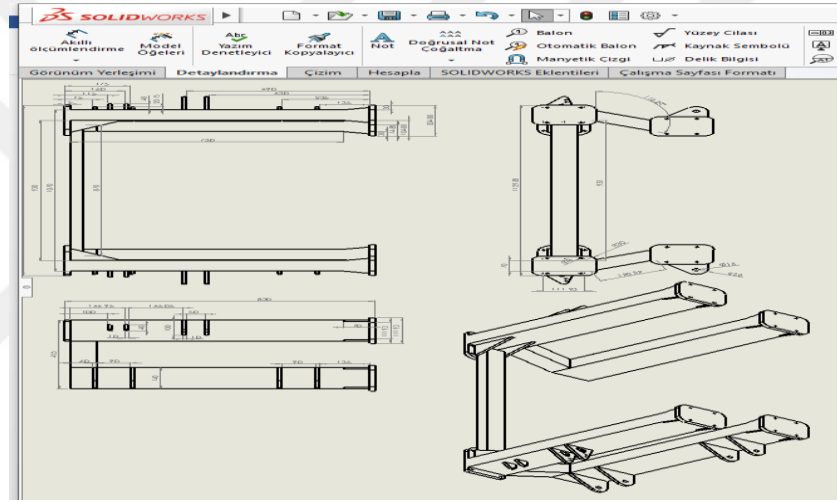
Şekil 4.13: Küvet Tipi Şasi Ön ve Arka Tampon Teknik Resim



Şekil 4.14: Küvet Tipi Şasi Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısmı



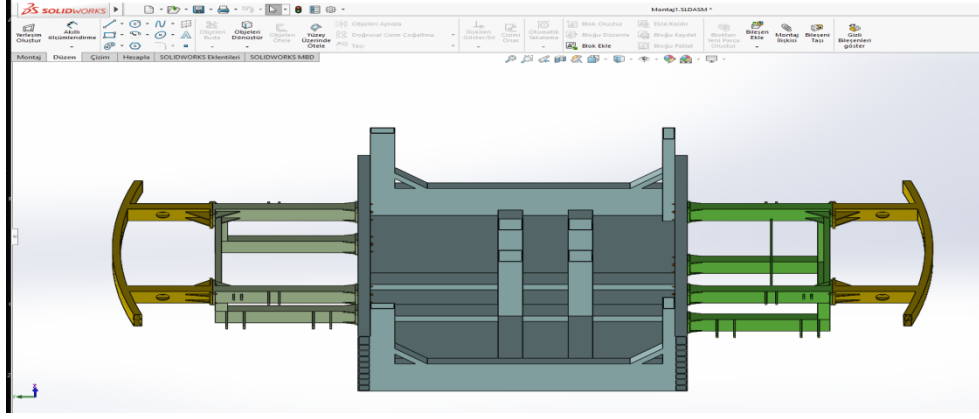
Şekil 4.18: Küvet Tipi Şasi Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısım



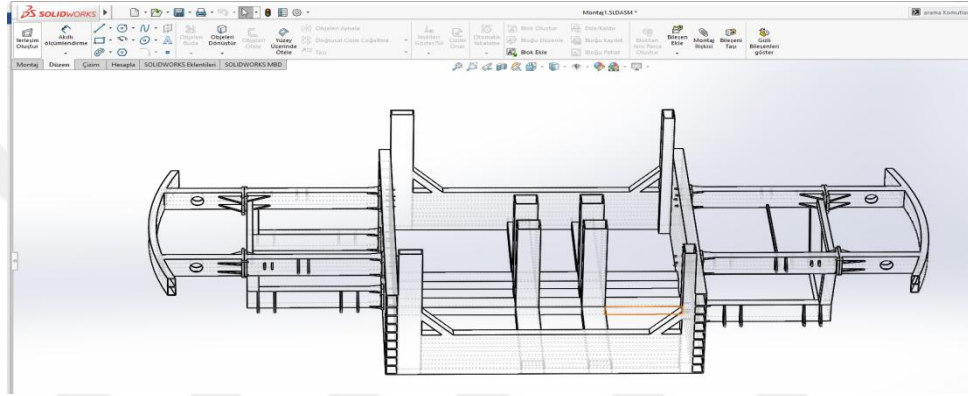
Şekil 4.19: Küvet Tipi Şasi Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısım Teknik Resmi

Şasi bölümlerinin çizimleri tamamlandıktan sonraki kısımda ise parçaların montajı yapılmıştır. Bunların montajı yapılırken kaynak yaparak ve bağlantı elemanları ile birleştirme yöntemleri kullanılmıştır. Bu bağlantı elemanları M8 civatalar ve somunları ile gerçekleştirilmiştir. Civataların metalik yapısı sertlik ve paslanmaz yapısı ile galvaniz kaplama çelik malzemedan seçilmiştir.

Bütün parçaların çizilen teknik resimleri çıkarılmıştır. Ayrıca parçaların ağırlık hacim ve metalik özelliklerini gösteren bir tablo hazırlanmıştır. Çizelge 4.4 sadece yalın haliyle şasiyi temsil etmektedir ve toplamda sistem 150,694.896 cm³ hacim sahiptir. Toplam ağırlığı ise 408.13 kg gelmektedir. Şekil 4.20’de küvet tipi şasi montaj (gölgeli ve kenarlı) görünümü yer almakta, Şekil4.21’de de küvet tipi şasi montaj (arka kenar gösterimi) bulunmaktadır.



Şekil 4.20: Kuvet Tipi Şasi Montaj (Gölgeli ve Kenarlı Görünümü)



Şekil 4.21: Kuvet Tipi Şasi Montaj (Arka Kenar Gösterimi)

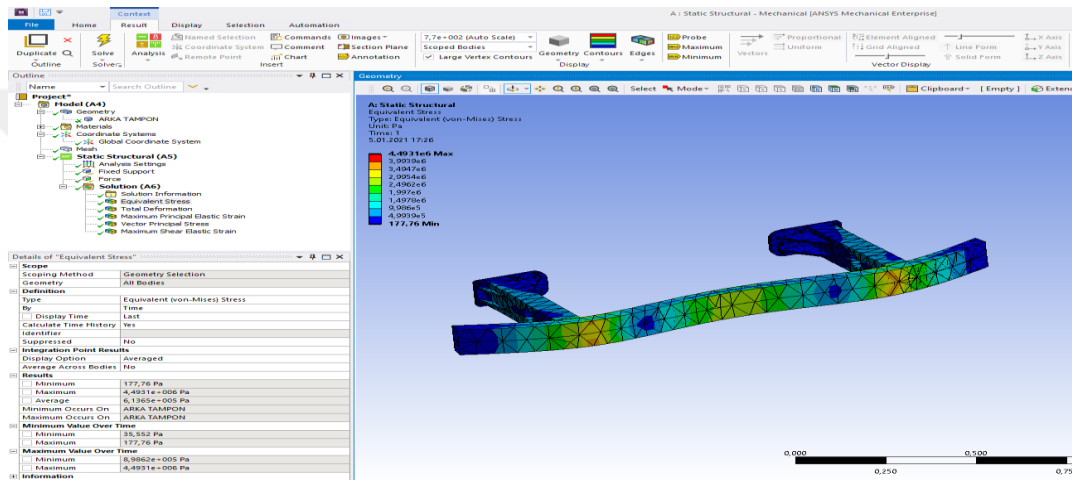
Aşağıdaki Çizelge 4.4'te kuvet tipi bir şasinin kilo, hacim bilgileri ve kullanılan malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler sıralanmıştır.

Çizelge 4.4: Şasinin Kilo ve Hacim Bilgileri

Şasi Bölgesi	Hacim (milimetre küp)	Ağırlık (gr)	Özellik
Ön tampon	4,661,587.94	12,586.29	Alüminyum 7079 Alaşım
Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısım	13,583,730.48	36,676.07	Alüminyum 7079 Alaşım
Batarya Havuzu	116,018,646.90	313,250.35	Alüminyum 7079 Alaşım
Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısım	11,527,573.64	31,124.45	Alüminyum 7079 Alaşım
Arka Tampon	4,661,587.94	12,586.29	Alüminyum 7079 Alaşım
M8 x 100	5,463.98	43.00	Galvanize Çelik
M8 x 40	2,620.86	20.63	Galvanize Çelik
M8 somun	480.54	3.78	Galvanize Çelik
Şasi Montaj	150,694,895.81	408,126.16	Alüminyum 7079 Alaşım

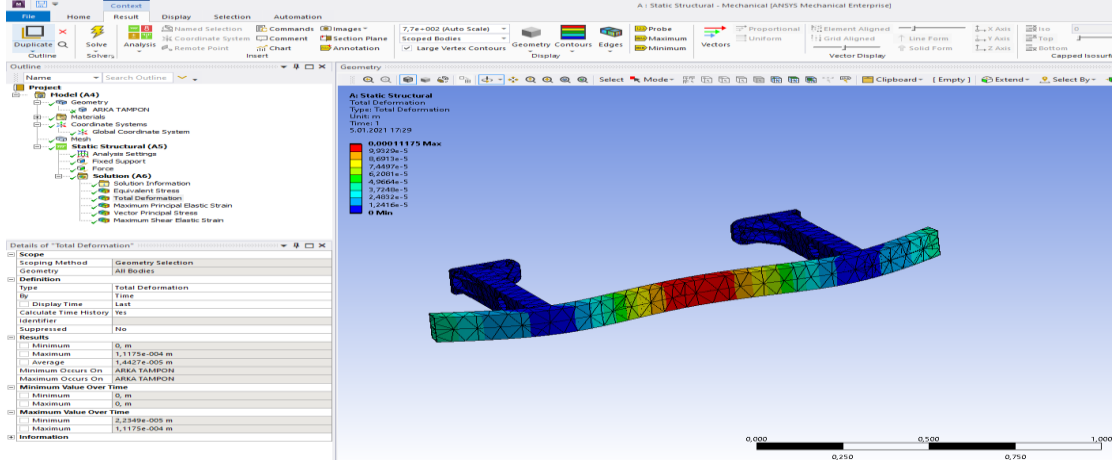
4.7.2 Statik analiz

Şasi yapısı toplamda 5 ana parçadan oluşmaktadır. Bu 5 ana parçanın bağlantı tipleri kaynak ve galvaniz çeliği civatalar sayesinde yapılmıştır. Ana parçalar Alüminyum 7079 alışımlı profillerden oluşturulmuştur. Bu statik analizde Ansys programında static structural komutu kullanılarak analiz sonuçları alınmıştır. Analizleri yapılan ve incelenen ana başlıklar; Solution Information, Equivalent Stress, Total Deformation, Maximum Principal Elastic Strain, Vector Principal Stress, Maximum Shear Elastic Strain. Şekil 4.22’de kuvvet tipi şasi modelinin ön tampon kısmının eş değer gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir.



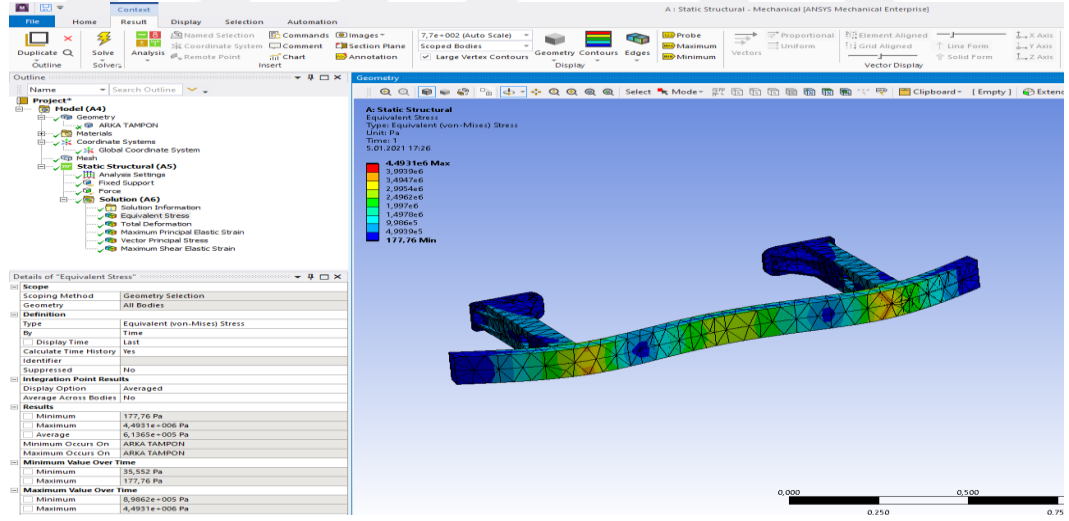
Şekil 4.22: Ön ve Arka Tampon Eş Değer Gerilme Analizi

Eşdeğer Gerilme Analizi (Equivalent Stress Analysis) 4.22 numaralı şekilde görülmektedir. Parçanın ön yüzeyinden 1500 Newton yük uygulanmaktadır. Bu yüke karşılık parçanın toplamda direnci bölge bölge gösterilmektedir. Ön kısmında büyük bir deformasyon mevcuttur ama bu deformasyonu arka bağlantı kısımlarına yansıtılmamıştır. Şekil 4.23’de kuvvet tipi şasi modelinin ön tampon kısmının toplam deformasyon analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir.



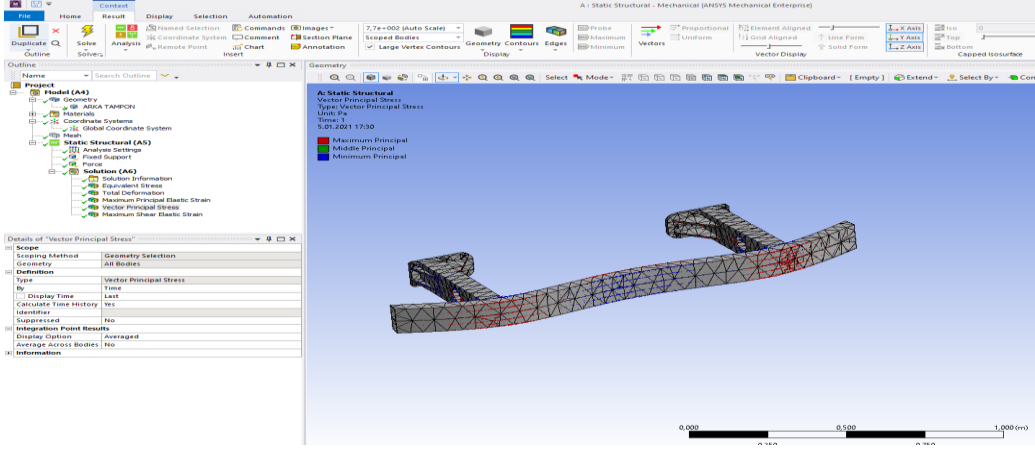
Şekil 4.23: Ön ve Arka Tampon Toplam Deformasyon Analizi

Toplam deformasyon analizi (Total Deformation Analysis) yukarıdaki Şekil 4.23’de toplam deformasyon yer almaktadır. Ön ve arka tampon için uygulanan 1500 Newton yükte toplamda maksimum deformasyon 9.9 mm, minimum deformasyon ise 1.24 mm deformasyon söz konusudur. Burada da küvetin bağlantı noktalarını deforme etmesi söz konusu değildir. Şekil 4.24’de küvet tipi şasi modelinin ön tampon kısmının Başlıca maksimum esneklik değeri analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir.



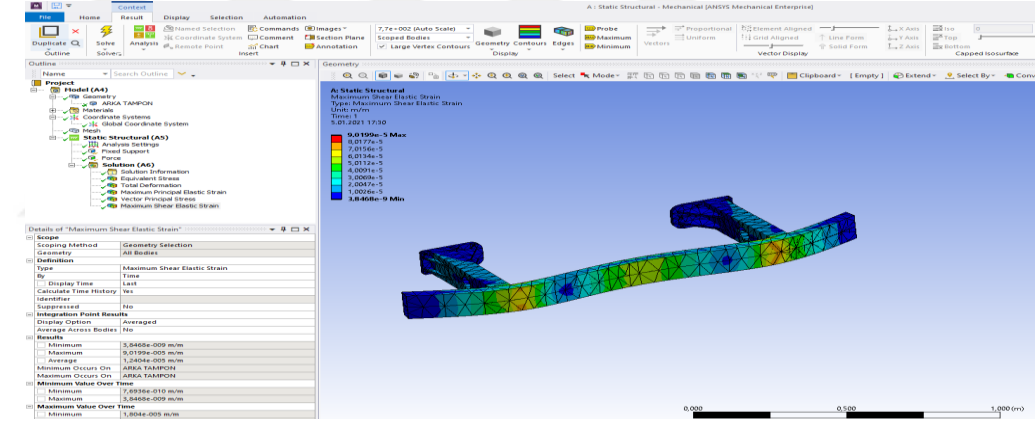
Şekil 4.24: Ön ve Arka Tampon Başlıca Maksimum Esneklik Değeri Analizi

Başlıca Maksimum Esneklik Değeri (Maximum Principal Elastic Strain) parçanın elastik gerilimin analizinin testidir. Toplam deformasyondaki gibi aynı sonuçları vermektedir, fakat burada gerilmenin ve yırtılmanın maksimum olacağı yerleri belirtmektedir (Şekil 4.24). Şekil 4.25’de küvet tipi şasi modelinin ön tampon kısmının vektörel temel gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir.

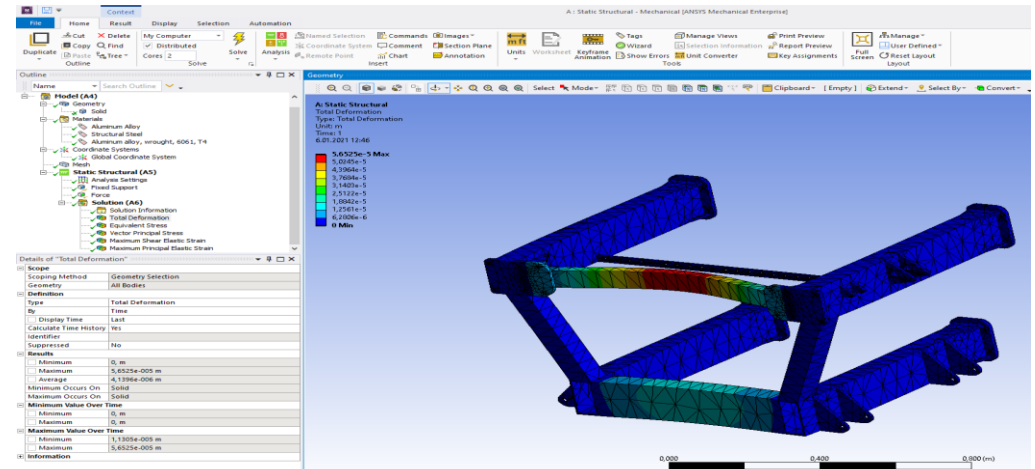


Şekil 4.25: Ön ve Arka Tampon Vektörel Temel Gerilme Analizi

Vektör Temel Gerilme Analizi ise (Vector Principal Stress) parça üzerinde oluşan gerilme stresleri vektörel olarak göstermektedir. Bu da toplam deformasyondaki verilerle birebir eşleşmektedir, bu gerilmeler vektörel olarak da Şekil 4.25'te gösterilmektedir.

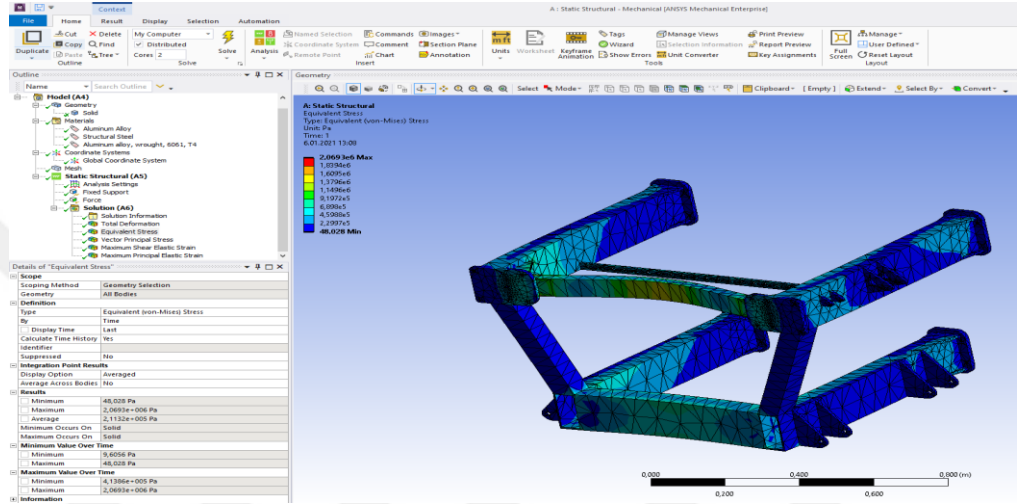


Şekil 4.26: Ön ve Arka Tampon Maksimum Kayma Elastik Gerilme Analizi



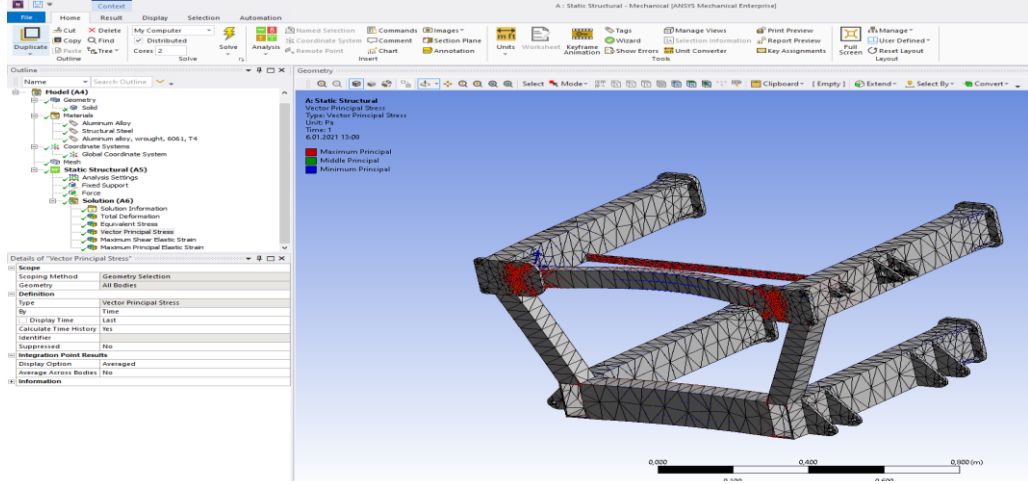
Şekil 4.27: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Toplam Deformasyon Analizi

Şekil 4.26'da kuvvet tipi şasi modelinin ön tampon kısmının maksimum kayma elastik gerime analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir. Şekil 4.27'de ise kuvvet tipi şasi modelinin ön yürüyen aksam ve motor bağlantı kısmının toplam deformasyon analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir. 1500 Newton'luk kuvvetin direkt ön yürüyen aksamının şasi kısmına uygulanmasında maksimum 5.6 mm'lik bir deformasyon görülmektedir. Minimum ise 0 olarak gözükmemektedir, çünkü bir bölümden sonra uygulanan kuvvet şasinin üzerinde etkisini kaybetmiştir (Şekil 4.27).



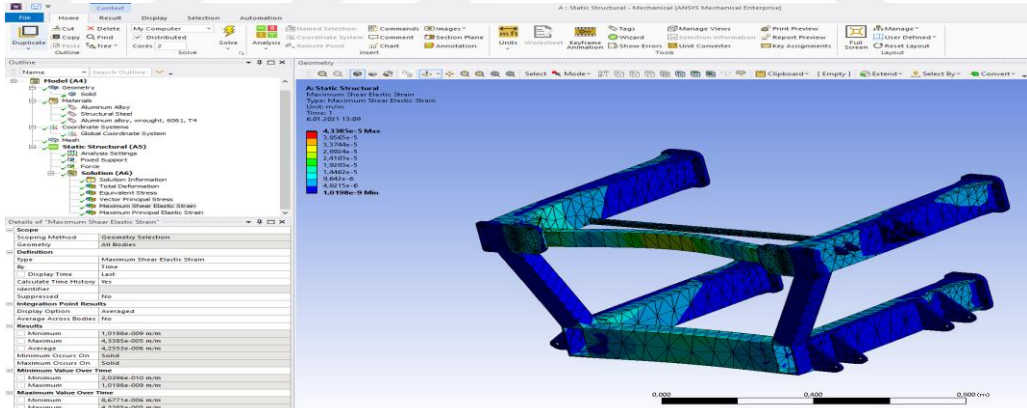
Şekil 4.28: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Eşdeğer Gerilme Analizi

Şekil 4.28'de kuvvet tipi şasi modelinin ön yürüyen aksam ve motor bağlantı kısmının eşdeğer gerilme analizinin mesh görüntüsü gösterilmiştir. Eşdeğer Stres (Equivalent Stress) testinde ise, parçanın önden tek bir noktadan değil öndeki bütün yüzeylerden uygulanan 1500 Newton'luk kuvvete karşı gösterdiği direnç Şekil 4.28'de gösterilmektedir. Buradaki bağlantı noktalarında tehlike sayılmayacak ama önlem alınması gereken bir nokta vardır. Üst bağlantı civatalarında bir miktar basınç görülmektedir. Bu basıncı minimuma indirmek gereklidir.

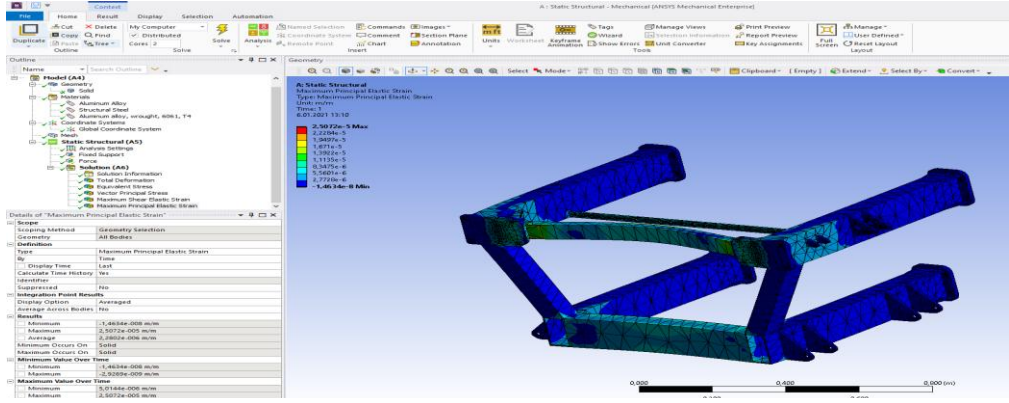


Şekil 4.29: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Başlıca Vektörel Gerilme Analizi

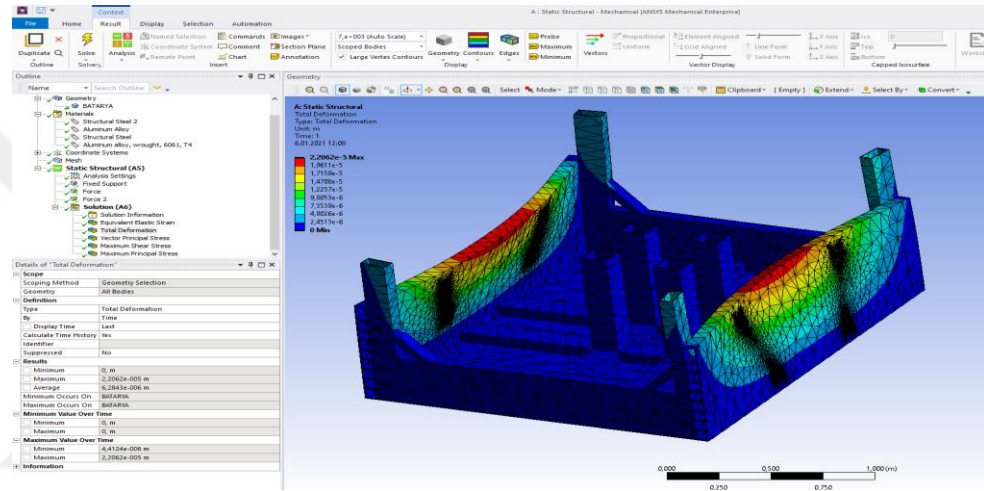
Şekil 4.29’da ise kuvvet tipi şasi modelinin ön yürüyen aksam ve motor bağlantı kısmının vektör gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir. Vektör Ana Gerilme (Vector Principal Stress) ise parça üzerinde oluşan gerilme stresleri vektörel olarak gösterilmektedir. Bu teste aynı şekilde toplam deformasyondaki gibi verilerle birebir eşleşmektedir, bu gerilmeler vektörel olarak Şekil 4.29, 4.30 ve 4.31’de gösterilmektedir.



Şekil 4.30: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Maksimum Kayma Gerilme Analizi

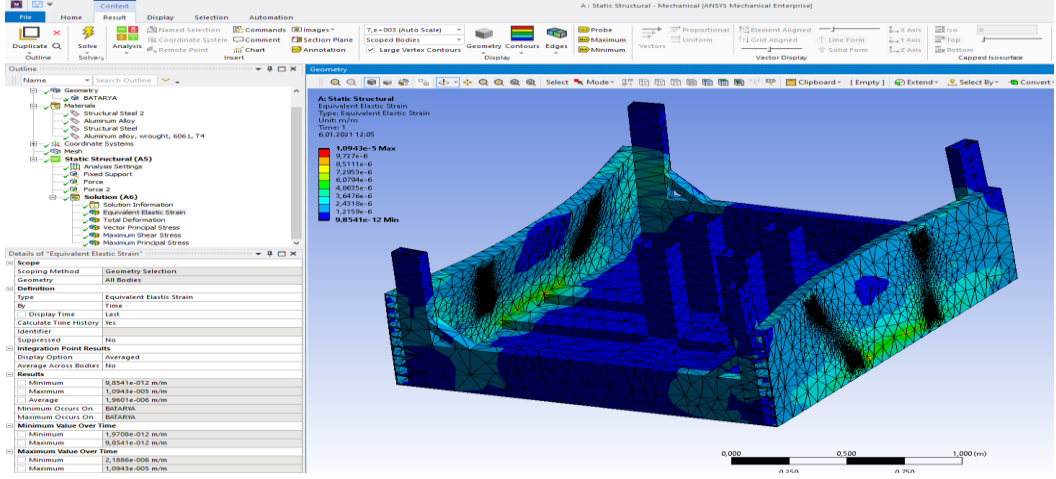


Şekil 4.31: Ön Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Maksimum Ana Gerilme Analizi



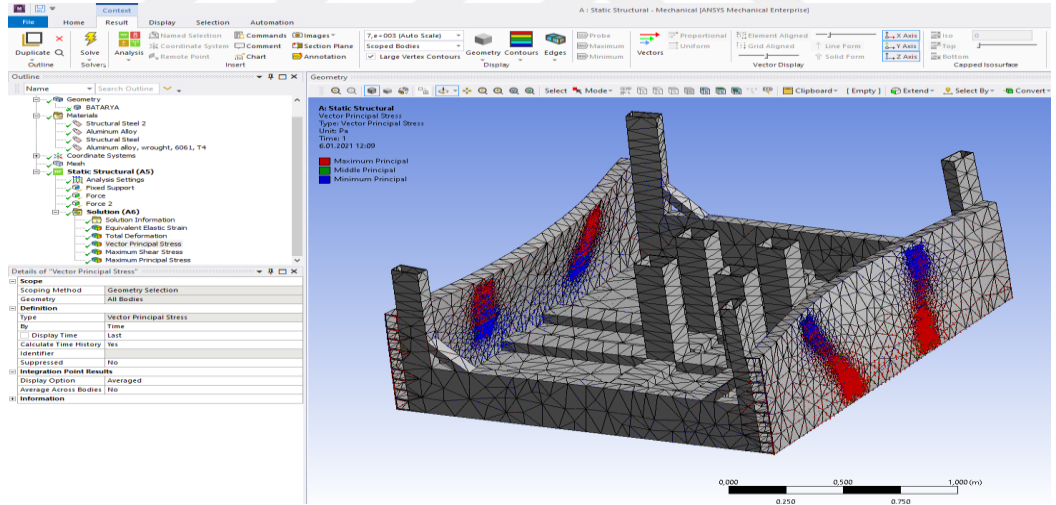
Şekil 4.32: Batarya Havuzu Toplam Deformasyon Analizi

Toplam Deformasyon (Total Deformation) batarya havuzu için çok büyük önem taşıyan bir testtir. Şekil 4.32’de aracın kaza sırasında batarya havuzunun nasıl bir deformasyona uğrayacağı görülmektedir. Batarya havuzuna ön ve arka aksamların bağlantı yapıldığı yüzeylerden 1500 Newton’luk bir kuvvet uygulanmıştır. Bu kuvvet sonucunda oluşan deformasyon maksimum 2.2 mm minimum ise 0 mm olarak çıkmıştır. Bunun sebebi ise havuz zemininin demir bir levha ile kapatılması olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 4.33’de kuvvet tipi şasi modelinin batarya havuz kısmının eşdeğer gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir.



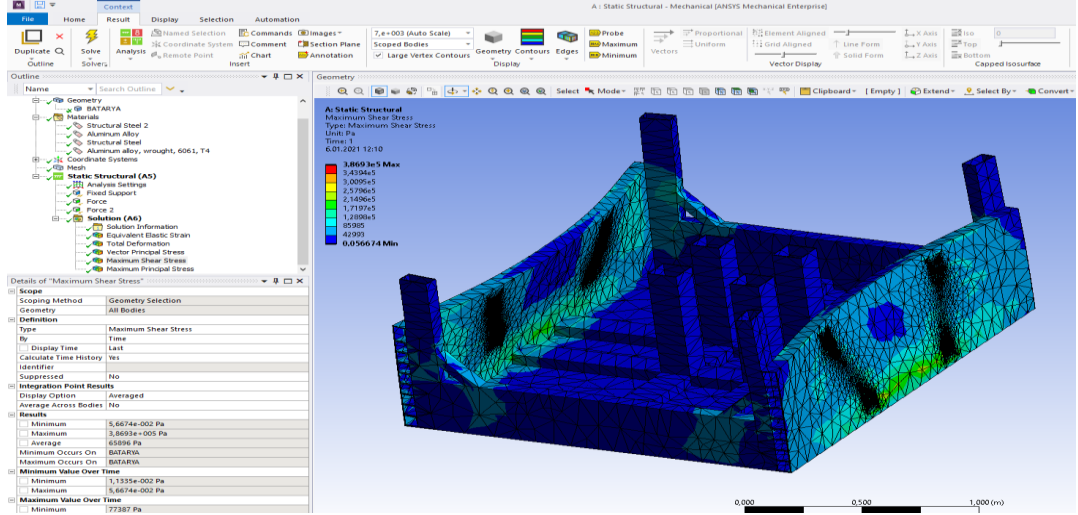
Şekil 4.33: Batarya Havuzu Eşdeğer Elastik Gerilme Analizi

Eşdeğer Temel, Elastik Gerilim (EQUIVALENT PRINCIPAL ELASTIC STRAIN) parçanın elastik gerilim analizinin testinden bahseden bir simülasyondur. Toplam deformasyonda olduğu gibi aynı sonuçları vermektedir, fakat burada gerilmenin ve yırtılmanın maksimum olacağı yerleri belirtmektedir. Şekil 4.33'te görüleceği üzere bu parçada herhangi bir yırtılma oluşmamıştır.

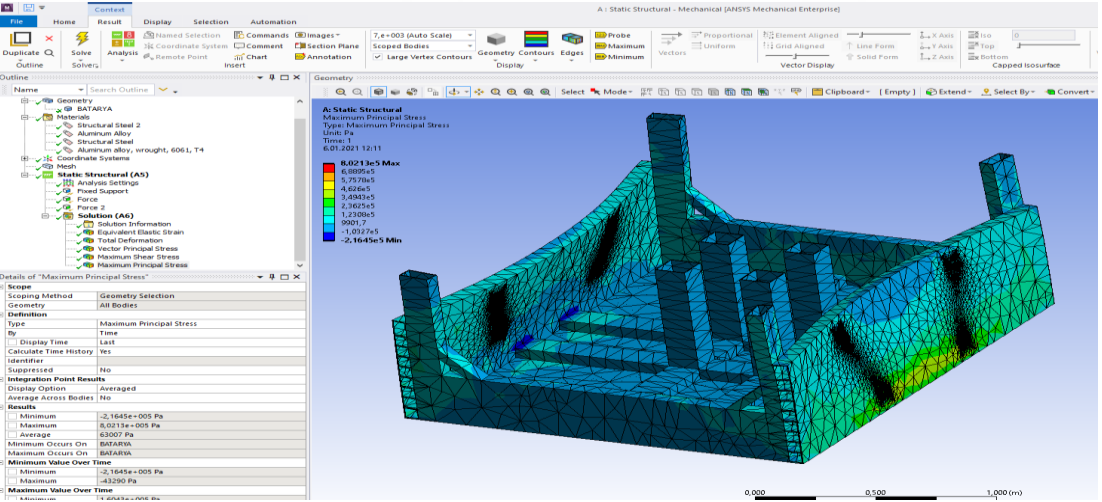


Şekil 4.34: Batarya Havuzu Başlıca Vektör Gerilme Analizleri

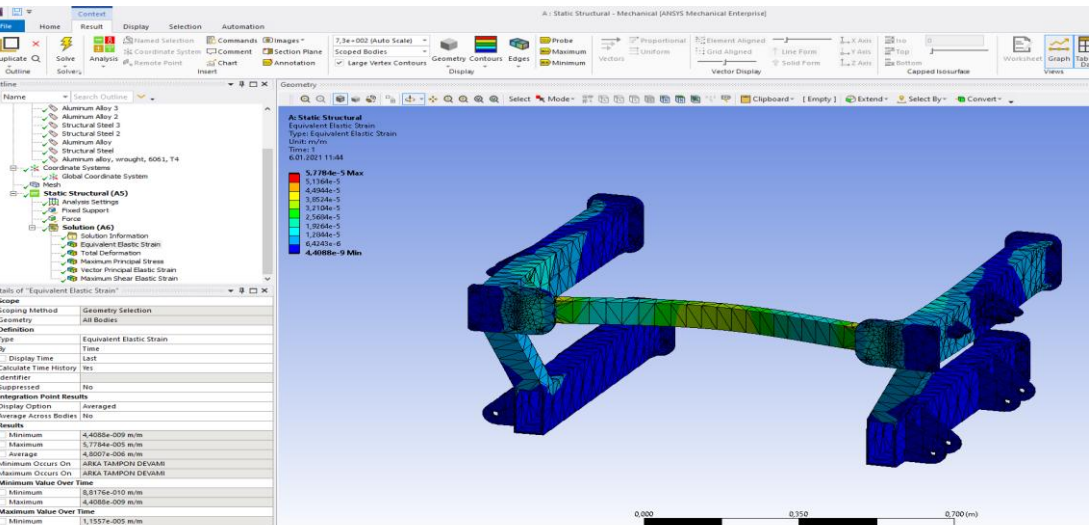
Şekil 4.34'de kuvvet tipi şasi modelinin batarya havuz kısmının vektör gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir. Vektör Ana Gerilme (Vector Principal Stress) ise parça üzerinde oluşan gerilme stresleri vektörel olarak göstermektedir. Bu da toplam deformasyondaki verilerle birebir eşleşmektedir, bu gerilmeler vektörel olarak gösterilmektedir. Burada Şekil 4.34'te görüldüğü gibi sadece vektörel gerilmeler bağlantı noktalarında gözükmektedir. Şekil 4.35'de ise kuvvet tipi şasi modelinin batarya havuz kısmının kayma elastik gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 4.35: Batarya Havuzu Maksimum Kayma Elastik Gerilme Analizi

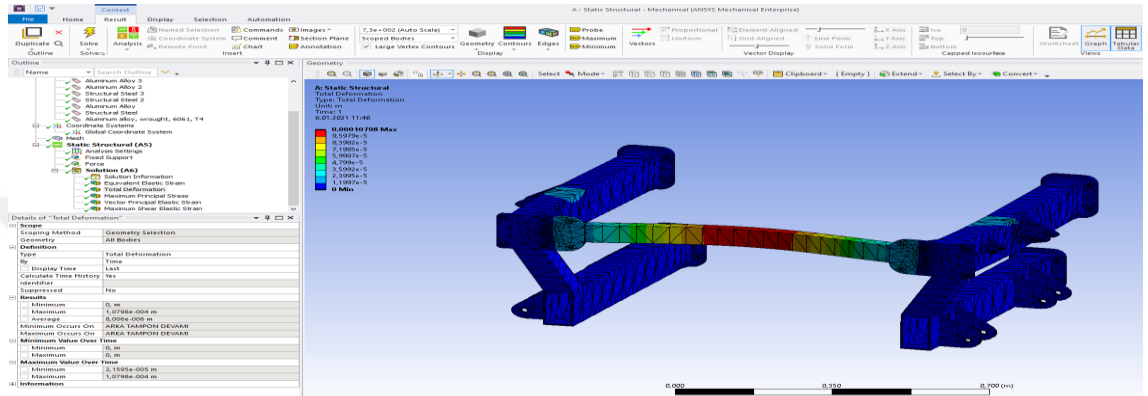


Şekil 4.36: Batarya Havuzu Maksimum Ana Gerilme Analizi



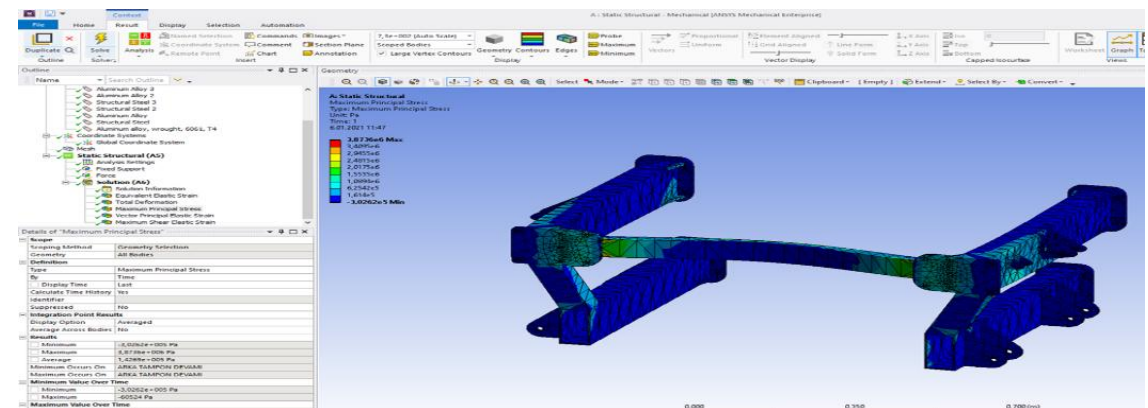
Şekil 4.37: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Eşdeğer Elastik Gerilme Analizi

Şekil 4.36'da kuvvet tipi şasi modelinin batarya havuz kısmının maksimum ana gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir. Eşdeğer Elastik Stres (Eşdeğer Elastik Stres) testinde ise parçanın önden tek bir noktadan değil öndeki bütün yüzeylerden uygulanan 1500 Newton'luk kuvvete karşı gösterdiği direnç Şekil 4.37'de gösterilmiştir. Burada bağlantı noktalarında tehlike sayılmayacak ama önlem alınması gereken bir nokta vardır. Üst kısımda bazı gerilmeler gözlenmektedir, bunları engellemek için bağlantı elemanlarını artırmak gerekmektedir.

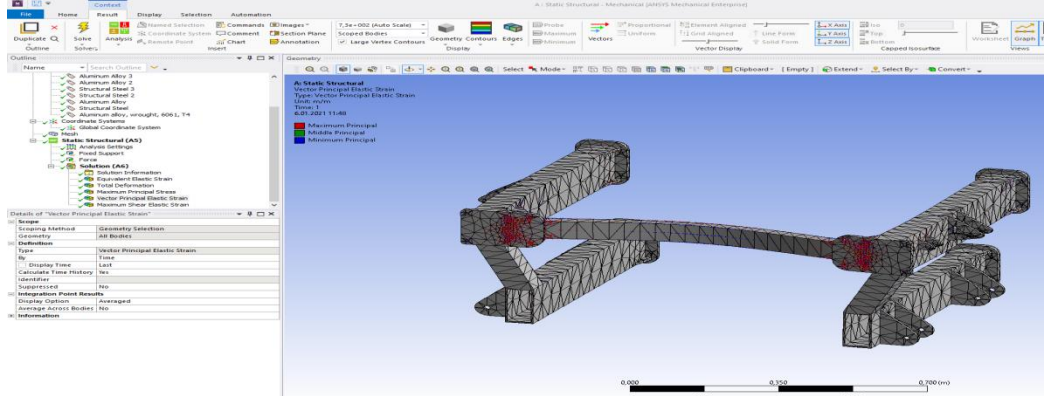


Şekil 4.38: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Toplam Deformasyon Analizi

Toplam Deformasyon (Total Deformation), arka yürüyen aksamın tampon bağlantı yüzeylerinde uygulanan 1500 Newton'luk bir kuvvet ile oluşan deformasyon Şekil 4.38'de gösterilmiştir. Üst profilde büyük bir deformasyon görülmektedir. Bu deformasyonu engelleyebilmek için üst kısma destek elemanları ile ek kuvvetlendirmek gereklidir.

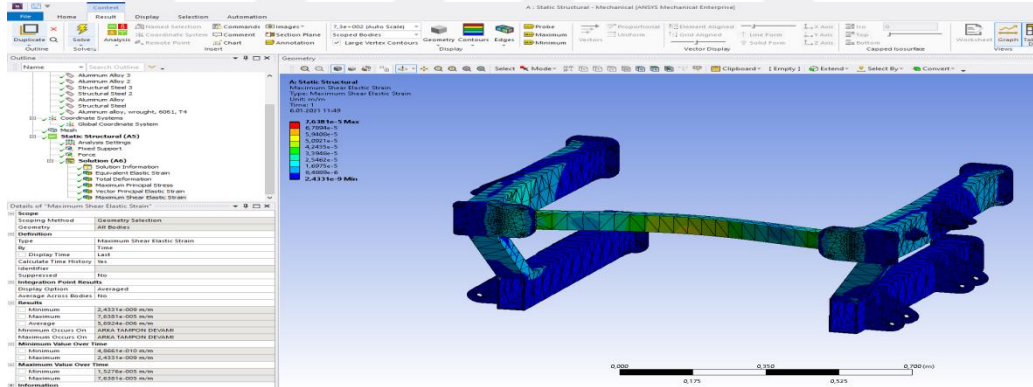


Şekil 4.39: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Maksimum Ana Gerilme Analizi

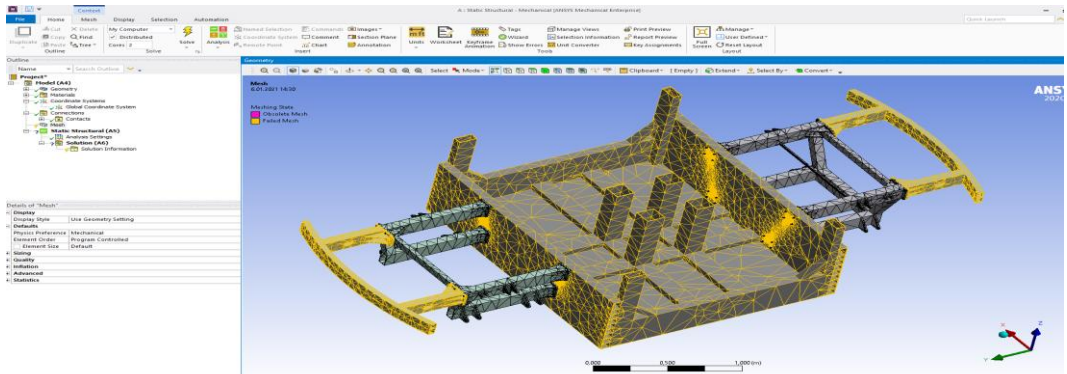


Şekil 4.40: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Vektör Temel Elastik Gerilme Analizi

Şekil 4.40’da kuvvet tipi şasi modelinin arka yürüyen aksamın ve motorun bağlantı kısmının vektör temel elastik gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir. Vektör Ana Gerilme (Vector Principal Stress) ise parça üzerinde oluşan gerilme stresleri vektörel olarak göstermektedir. Bu da toplam deformasyondaki verilerle birebir eşleşmektedir, bu gerilmeler vektörel olarak gösterilmektedir. Burada Şekil 4.40’ta görüldüğü gibi sadece vektörel gerilmeler bağlantı noktalarında gözükmektedir.



Şekil 4.41: Arka Yürüyen Aksamın ve Motorun Bağlandığı Kısımın Maksimum Kayma Elastik Gerilme Analizi

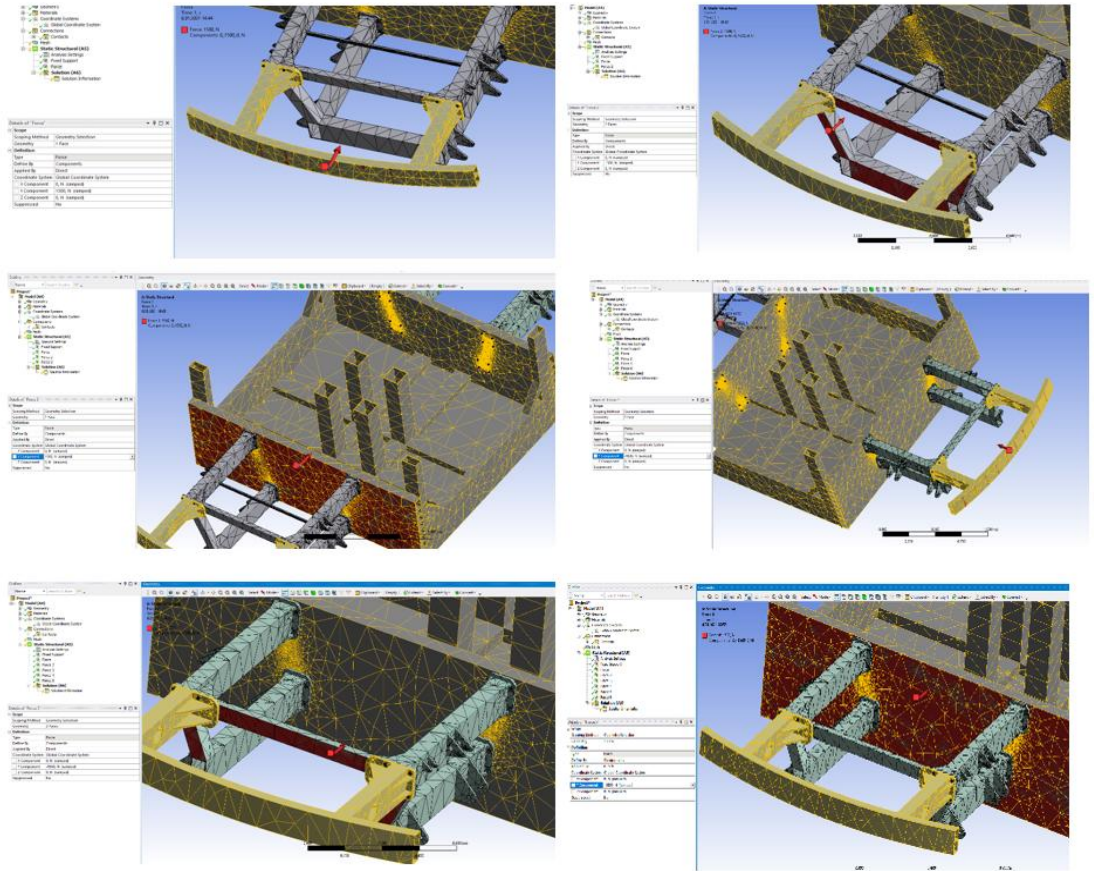


Şekil 4.42: Kuvvet Tipi Şasi Mesh Görünümü

Şekil 4.41’de küvet tipi şasi modelinin arka yürüyen aksamın ve motorun bağlantı kısmının kayma elastik gerilme analizi mesh görüntüsü gösterilmiştir. Şekil 4.42’de ise küvet tipi şasi modelinin mesh görüntüsü gösterilmiştir. FEA (Finite Elemanlar Metodu) sonlu elemanlar metoduna göre problemlerinin çözülmesinde en önemli aşamalardan bir tanesi meshlemedir. Meshlemeyi modelleri boyutları belirlenmiş elementler ile çok küçük alanlara bölme işlemi olarak tanımlayabiliriz. Aşağıda verilen montajı yapılmış şasinin FEA modeli oluşturulacaktır. Birim alana düşen gerilimi belirlemek için toplam alan elementleri ile çok küçük alanlara bölünmüştür. Tüm elementleri oluşan gerilimler çeşitli fonksiyonlar ile birleştirilip toplam gerilme belirlenecektir (Ovalı ve Esen, 2019).

Meshleme hassasiyeti arttıkça daha net sonuçlar elde edilir. Meshleme arttıkça problemi çözme süresi artar. Gereksiz derecede meshleme süresini artırır ve problem çözüm süresinde artar.

Aşağıdaki Şekil 4.43’te bölgesel olarak uygulanan kuvvetler kırmızı okla belirlenmiş ve bölgesel olarak çizimlerin mesh görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 4.43: Küvet Tipi Şasi Bölge Bölge Mesh Görüntüleri ve Kuvvet Uygulanan Noktalar

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde yapılan araştırmalarda elektrikli araçların en büyük sıkıntılarında bir tanesi bataryaların tam dolunda kat ettikleri mesafedir, çünkü bataryaların boş olduklarında dolun süreleri 45 dakika ile 90 dakika arasında bulunmaktadır. Şu anda tek dolunda en uzun mesafeyi kat eden araçların içinde 525 km ile Tesla model S Long Range araç bulunmaktadır. Normalde içten yanmalı motorları düşünöldüğünde, benzinli araçlar maksimum 600-750 km arasında, dizel araçlar ise 650-850 km civarında yol yapabilmektedirler. Bu yüzden elektrikli araçlarda enerji çok büyük önem arz etmektedir. Enerjinin olabildiğince az harcanması ve harcanan enerjiyi geri kazanmak da çok önemlidir. Elektrikli araçlardan bir örnek vermek gerekirse, elektrikli araçlarda frene bastıkça enerji depolanır, bu da enerjinin elektrikli taşıtlar için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Enerjiyi daha az harcamak için bir çok yöntem bulunmaktadır, bunlardan bir tanesi taşıt ağırlığıdır. Taşıt ağırlığın büyük bir bölümü aracın şasi bölümü oluşmaktadır. Bu da şasi yapısı ve hammadde seçiminden geçmektedir. Taşıt ağırlıkları incelenirken büyük bölümü de batarya kısmı da oluşmaktadır. Yapılan bu çalışmada batarya yapılarının da incelenmiş olup, en dayanıklı olan batarya tiplerinin şimdilik lityum-iyon tipleri olduğu anlaşılmaktadır. Bu tip bataryalar oldukça dayanıklı ve depolama konusunda iyidir, fakat tek dezavantajı ağırlıklarıdır. Genelde elektrikli taşıtlarda kullanılan bataryalar arka bagajda ya da aracın tabanına batarya haznesi olarak yerleştirilerek kullanılmaktadır. Taşıtın ağırlığını eşitlemek için en iyi tercih bataryayı araç tabanının tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilmesi gerekir. Bundan dolayı elektrikli taşıtlar iç donanımsal ve mekaniksel olarak iyi bir şekilde tasarlanmalıdır.

Bu tezde yapılan araştırmada elektrikli taşıtların bütünsel olarak incelemesi yapılmaktadır ve taşıtın tasarımı yapılırken küvet tipi şasi modelinin üzerine de analizler yapılmaktadır. En uygun şasi model seçimi için kullanılan ham madde seçimi irdelenmektedir. Malzeme seçiminde şasinin büyük bir bölümünün alüminyum 7079 alaşımli profiller ve levhalar oluşturduğu kabul edilmektedir. Bu

profillerin ve levhalarının montajları için civatalar kullanılmıştır. Bu civataların yapısında ise, daha mukavemetli ve paslanmaz olan galvaniz çelik hammadde kullanılmaktadır. Elektrikli taşıtlarda tercih edilen şasi tipi, batarya haznesi, araç güvenliği ve batarya konumu dikkate alınarak en avantajlı olan küvet tipi şasi tercih edilmektedir. Bu tasarımın standartta üretilen araçların ölçüsünde ve boyutundaki araçlarla benzerlik göstermektedir. Bu yapılan seçimlerin ve tasarlanan şasi modellerinin doğruluğu şu analizler doğrulunun analizi için Ansys programı kullanılmaktadır. Programın statik analiz modülü kullanılarak toplam deformasyon, vektör temel elastik gerilim, eşdeğer elastik gerilme, maksimum ana gerilme ve vektörel gerilme gibi analizler yapılmıştır. Statik analizde parçaların toplam deformasyonlarını ayrıntılı inceleye bilmek için her parça yüzeyine 1500 newton yük uygulanmış olup ve parçalarda sonuç olarak çok büyük bir deforme gözlenmemektedir. Yapılan statik analizde; şasi bölümlerinden ön tampona uygulanan 1500 Newton'luk kuvvet karşısında maksimum 9 mm deformasyona uğradığı gözlenmektedir. İçten yanmalı motorlu taşıtlarda yaygın olarak kullanılan çelik ve metal hammaddesinden yapılmış aynı tip şasi yapısına ise aynı kuvvet uygulandığında şaside maksimum 6.9 mm deformasyon meydana geldiği hesaplanmaktadır. Aynı yükler altında iki farklı malzemede belirlenen deformasyon verilerinde belirgin derecede büyük bir fark bulunmamaktadır. Oysa şasi ağırlıkları karşılaştırıldığında, aynı tip yapı için Alüminyum 7079 alışımlı malzemesinden tasarlanan şasi ağırlığı 408 kg gelmesine karşılık metal ve çelik şasi ağırlığı ise 1.136 kg gelmektedir. Dolayısı ile elektrikli taşıtlar için ağırlık çok önemli bir kriter olduğundan oluşan deformasyon farkının oldukça küçük olması dikkate alındığında küvet tipi şasilerde Alüminyum 7079 serisinin tercih edilmesi gerektiği aşıkardır. Alüminyum 7079 alışımlı ile yapılan küvet tipi şasi modelinin elektrikli taşıtlar için oldukça hafif ve mukavemetli olduğu gözlemlenmektedir.

KAYNAKLAR

- Automation** (ty). *Otomotiv Sektöründe Malzeme Talebi ve Kodlama Teknolojisi*, Alındığı tarih: 18.03.202, adres: <<http://www.automationtr.com/otomotiv-sektorunde-hafif-malzeme-talebi-ve-kodlama-teknolojileri.html>>
- afdc** (ty). *How Do All Electric Cars Work*, Alındığı tarih: 21.02.2021, adres: <<https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>>
- Aykanat, B.** (2016). *Finite Elements of Trucks Chassis Analysis By Method*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Bendall, C. A. and Peterson, W. A.** (1996). *An EV on-board battery charger*. Proceedings of Applied Power Electronics Conference. APEC'96. Vol. 1. IEEE,.
- Birer, G. C.**, (2020), “Elektrikli Araçlar”, *Bilim Teknik Dergisi*, Nisan Sayısı, ss.30-42. alındığı tarih: 02.12.2020, adres: https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/28_elektrikli.pdf
- Birikim Pilleri**, (ty). Kurşun Asit Akü Nasıl Çalışır, Alındığı tarih: 13.02.2021, adres: <<https://birikimpilleri.net/blog/kursun-asit-aku-nasil-calisir>>
- Cinali, Y. B.**_(2012), *The Strength And Medal Analysis of the Chassis of HU-GO Ultra Light Vehicle Using Finite Element Method*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Courses** (ty). *Elektrik Motorların Tarihçesi*, Alındığı tarih: 08.03.2021, adres: <http://courses.me.metu.edu.tr/courses/me466/k%c2%a6-sa_EA_tarihi.pdf>
- current-news** (2015). *Nissan to recycle electric vehicle batteries for commercial energy storage products*, Peter Bennett, (Ed.), Alındığı tarih: 17.02.2021 <<https://www.current-news.co.uk/news/nissan-to-recycle-electric-vehicle-batteries-for-commercial-energy-storage>>
- Dhameja, S.** (2001), *Electric Vehicle Battery Systems*. Elsevier. 1st Edition, Cilt: 220, Sayı:49
- enerjiportali** (2020), *Kurulu Güç Raporunu Yayınla*, Alındığı tarih: 08.01.2021, adres: <https://www.enerjiportali.com/teias-ekim-2020-kurulu-guc-raporunu-yayimladi/>
- Güven, F. & Rende, H.** (2017). “Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi”. *Mühendis ve Makina*, Cild:58, Sayı:(689), ss:81-95.
- Hedef Filo** (ty). Elektrikli Araç Tarihçesi, Alındığı tarih: 18.03.2021, adres: <<https://ev.hedef filo.com/elektrikli-arac-tarihcesi>>

- İncitaş (ty).** *Akü ve Jant*, Alındığı tarih: 13.02.2021, adres: <<https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/elektrikli-araclarhakkinda-bilmeniz-gerekenler>>
- İnovatifimyadergisi (ty).** *Otomotiv Endüstrisinde Kompozit Malzemeler*, Alındığı tarih: 13.02.2021, adres: <https://inovatifkimyadergisi.com/otomotiv-endustrisinde-kompozit-malzemeler_>
- Karakaş, İ. & Pekcan, M.,** (2014). *Elektrikli Taşıt Tasarımı*, Yayınlanmamış Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Ankara Alındığı tarih: 02.01.2021. adres: <http://www.teknikbelgeler.com/dokuman/belge/ismetkarakasmustafapekcan-antez.pdf>
- Karaoğlan, M. U., Turnalı, Ö. Y., & Kuralay, N. S.,** (2016). Light-Duty Vehicle Chassis Analysis and Optimization. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, *Mühendislik Fakültesi Dergisi*,. Cilt:18, Sayı:54, ss: 502-512.
- Kerem, A.,** (2014). Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (1), ss: 1-13.
- Kocabey, S.,** (2018). Elektrikli Otomobillerin Dünü, Bugünü ve Geleceği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, Cilt:1, Sayı:1, ss:16-23. Alındığı tarih: 03.02.2021, adres: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jitsa/issue/35759/396912>
- Malzeme Bilimi, (ty.)** *Şarj Edilebilir Lityum Pillerin Özellikleri*, Alındığı tarih: 17.02.2021, adres: <<https://malzemebilimi.net/sarj-edilebilir-lityum-pillerin-genel-ozellikleri.html>>
- Messomatig, (ty).** *Elektrikli arabalar nasıl çalışır? Çeşitleri nelerdir?* Alındığı tarih: 13.02.2021, adres: <<https://www.messmatic.com/elektrikli-arabalar-nasil-calisir-cesitleri-nelerdir/>>
- Ovalı, İ., & Esen, C.** (2019). Ansys Workbench. Kodlab Yayın Dağıtım Yazılım Ltd. Şti, İstanbul.
- Özarlan, H., Yavuz, H. & Darıcık, F.,** (2018). Elektrikli Araç Uygulamaları İçin Hafif Kompozit Şase Tasarımı ve Geliştirilmesi, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt:36, Sayı:7ss:9-16.
- Satılmış, O. & Meşe, E.,** (2011). Elektrikli ve Hibritli Elektrikli Araçlar İçin Batarya Şarj Cihazları. Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Alındığı tarih: 07.03.2021, adres: <http://web.firat.edu.tr/feeb/kitap/C12/83.pdf>
- Soyözen, T.,** (2014). *Design and Manufacturing of the Body of An M1 Category Sport Electric Vehicle*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tıng, N. S., Aksoy, İ. & Şahin, Y.,** (2017). *Elektrikli Araçların Batarya Şarjında Kullanılan Güç Faktörü Düzeltmeli Klasik ve Interleaved Yükseltici Türü Dönüştürücülerin Karşılaştırılması*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi – Elektrik Mühendisliği Bölümü, Alındığı tarih: 06.02.2021, adres: https://www.emo.org.tr/ekler/bc8f657d1ed18ab_ek.pdf

- Tremblay O., Dessaint L. A., & Dekkiche A. I.,** (2007). A Generic Battery Model For The Dynamic Simulation of Hybrid Electric Vehicles. Vehicle Power and Propulsion Conference. doi: 10.1109/VPPC.2007.4544139
- TÜBİTAK** (2003). *Elektrikli Araçlar*, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu; Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Gebze, Kocaeli.
- TÜİK** (2020). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018*, Haber Bülteni, Sayı: 33624, Alındığı tarih: 08.03.2021, adres: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2018-33624>
- UKIP** (2009). Electric & Hybrid Vehicle Technology International, Annual 2009, Surrey, UK, pp:99
- USCAR** (2015). Otomotiv Araştırma LLC Amerika Birleşik Devletleri Konseyi, *Amerika Birleşik Devletleri Gelişmiş Pil Konsorsiyumu Batarya Test Kılavuzu Elektrikli, Araçlar için*, INL / EXT-15-34184, Alındığı tarih: 18.12.3020, adres: http://www.uscar.org/guest/article_view.php?articles_id=659
- Ustabaş, A.** (2014). Mikro ve Makro Etkileri Yönünde Elektrikli Otomobiller, Marmara Üniversitesi, *İ.İ.B. Dergisi*, Cilt:36, Sayı:1, ss:269-291, Alındığı tarih: 12.12.2020, adres: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3798>
- Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O., Uçarol, H., Özsu, E., Yazar, A.,... Tırıs, M.,** (2003). Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü Gebze, Alındığı tarih: 18.03.2021, adres: <https://docplayer.biz.tr/2533736-Enerji-sistemleri-ve-cevre-arastirma-enstitusu-gebze-2003.html>
- Wikipedia** (2021). *Elektrikli otomobil*, Alındığı tarih: 18.03.2021, adres: https://tr.wikipedia.org/wiki/Elektrikli_otomobil
- Yenişafak** (2017). *BMW'den Elektrikli Araçlar İçin Kablosuz Şarj Cihazı*, Alındığı tarih: 23.02.2021, adres: <https://www.yenisafak.com/teknoloji/bmwden-elektrikli-araclar-icin-kablosuz-sarj-cihazı-2797742>
- Yücesu, H. S., Solmaz, H.,** (2019). *Gövde Tasarımı ve İmalatı: Şasi Tasarımı ve Analizi*, Gazi Üniversitesi, Otomotiv Mühendisliği, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans : 2019, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
- Yüksek Lisans : 2019, İstanbul Gedik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı Öğrencisi

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2017 yılında 4 ay yaz stajı VERVO Gelişmiş Paketleme Teknolojileri
- 2018 yılında 2 ay yaz stajı Gürçelik Makina Endüstriyel Otomasyon Sist. San. ve Tic. A.Ş.
- 2019 yılında 5 ay dönem stajı Nidec Leroy-Somer Elektromekanik A.Ş.
- 2019 yılında 13 ay satış mühendisi olarak Nidec Leroy-Somer Elektromekanik A.Ş. çalıştım.
- 2020 yılından itibaren proje ve planlama mühendisi olarak Özkurt Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de çalışmaktayım.