

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ELEKTRİKLİ ARAÇ YANGINLARINDA MÜDAHALEDE,  
İTFAİYE EKİPLERİNE DESTEK OLACAK FAYDALI  
TASARIM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Doğan KAZAK**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**HAZİRAN 2024  
İSTANBUL**

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ELEKTRİKLİ ARAÇ YANGINLARINDA MÜDAHALEDE,  
İTFAİYE EKİPLERİNE DESTEK OLACAK FAYDALI  
TASARIM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Doğan KAZAK**  
(231212009)  
(Orcid ID: 0009-0007-2508-991X)

**İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL**

**İstanbul 2024**



**T.C.**  
**İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ**  
**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü**

**Jüri Tez Onay Formu**

07.06.2024

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**

Bu çalışma 07.06 2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği (Tezli Yüksek Lisans) Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**TEZ JÜRİSİ**

**Dr. Öğr. Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL**

Danışman

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI**

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Taner KARASOY**

Üye (İmza)

İstanbul Okan Üniversitesi

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Elektrikli Araç Yangınlarında Müdahalede, İtfaiye Ekiplerine Destek Olacak Faydalı Tasarım” 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 (07/06/2024)

Doğan KAZAK

## ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması sürecinin her aşamasında bana değerli görüşlerini sunarak bu çalışmanın kalitesini artıran ve desteklerini esirgemeyen değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL'e yönlendirmeleri, rehberliği ve destekleri için minnettarım. Bununla birlikte aileme, arkadaşlarıma ve sevdiklerime de teşekkür etmek isterim. Sizlerin desteği ve anlayışı sayesinde bu tezi tamamlamak daha kolay oldu.

Haziran 2024

Doğan KAZAK

---

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	iv
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	v
<b>KISALTMALAR</b> .....	vi
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	vii
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	viii
<b>ÖZET</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR</b> .....	5
2.1 Hibrit Elektrikli Araçlar .....	6
2.2 Hafif Hibrit Elektrikli Araçlar .....	10
2.3 Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araçlar .....	11
2.4 Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar .....	12
2.5 Tamamen Elektrikli Araçlar .....	13
<b>3. BATARYA SİSTEMİ</b> .....	17
3.1 Batarya Çeşitleri .....	20
3.1.1 Şarj edilemez bataryalar .....	21
3.1.2 Şarj edilebilir bataryalar .....	22
3.2 Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Çeşitleri .....	24
<b>4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA ELEKTRİK TEHLİKESİ</b> .....	31
<b>5. ELEKTRİKLİ ARAÇ YANGINLARI</b> .....	40
5.1 İtfaiye Ekiplerinin Elektrikli Araç Yangınlarına Müdahalesi .....	46
<b>6. İTFAİYE EKİPLERİNE DESTEK OLACAK FAYDALI TASARIM</b> .....	54
<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	59
<b>KAYNAKLAR</b> .....	61
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	68

## KISALTMALAR

<b>EA</b>	: Elektrikli Araç
<b>HEA</b>	: Hibrit Elektrikli Araç
<b>HHEA</b>	: Hafif Hibrit Elektrikli Araç
<b>KKD</b>	: Kişisel Koruyucu Donanım
<b>SVD</b>	: Sulu Vermikülit Dağılımı
<b>ŞEHEA</b>	: Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araç
<b>TEA</b>	: Tamamen Elektrikli Araç
<b>THSC</b>	: Temiz Hava Solunum Cihazı
<b>YHEA</b>	: Yakıt Hücreli Elektrikli Araç

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 3.1:</b> Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Teknolojileri ve Özellikleri ...	18
<b>Çizelge 3.2:</b> Şarj Edilemez Bataryaların Bilgileri.....	22
<b>Çizelge 3.3:</b> Şarj Edilebilir Bataryaların Bilgileri.....	23
<b>Çizelge 3.4:</b> Elektrikli Araçların Batarya Özellikleri.....	29



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Elektrikli Araç Sınıflandırılması .....	6
Şekil 2.2: Hibrit Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri.....	7
Şekil 2.3: Hafif Hibrit Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri .....	11
Şekil 2.4: Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri .....	12
Şekil 2.5: Yakıt Hücreli Hibrit Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri.....	13
Şekil 2.6: Tamamen Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri .....	14
Şekil 2.7: 2019-2023 Arası Elektrikli Araç Satış Sayıları.....	16
Şekil 3.1: Lityum İyon Batarya Hücre Bileşenleri.....	19
Şekil 3.2: Farklı Batarya Çeşitlerinin Enerji Yoğunluğu Bilgileri.....	25
Şekil 3.3: Lityum İyon Bataryalarda Deşarj ve Şarj .....	26
Şekil 3.4: Yıllık Lityum İyon Batarya Talebi .....	27
Şekil 3.5: Lityum İyon Batarya Satışları .....	28
Şekil 3.6: Batarya Yönetim Sistemi Şeması .....	28
Şekil 3.7: Tamamen Elektrikli Araçta Bulunan Batarya .....	30
Şekil 4.1: Şarj Tipleri ve Seviyeleri .....	32
Şekil 4.2: Elektrik Araç Yüksek Voltaj Kablolari.....	33
Şekil 4.3: Tesla Model X Elektrikli Araç Bileşenleri .....	34
Şekil 4.4: Elektrikli Araçta EV Yazısı .....	35
Şekil 4.5: Servis Bağlantı Kesme Tapası.....	37
Şekil 4.6: İtfaiye Bağlantı Kesme Kablosu.....	37
Şekil 4.7: Tesla Model X Güvenli Sabitleme ve Kaldırma Alanı.....	38
Şekil 5.1: Lityum İyon Batarya Sıcaklık ve Güç Orantısı .....	41
Şekil 5.2: Lityum İyon Batarya Yanmasına Sebep Olan Etkenler .....	42
Şekil 5.3: Lityum İyon Bataryalarda Süregelen Termal Kaçak .....	43
Şekil 5.4: Dikkat Yüksek Voltaj Levhası .....	47
Şekil 5.5: Su Dolu Araç Daldırma Kabı.....	48
Şekil 5.6: Yangın Battaniyesi.....	49

<b>Şekil 5.7:</b> Sulu Vermikülit Dağılımı Yangın Söndürme Cihazı Kullanım Aşaması..	50
<b>Şekil 5.8:</b> İtfaiye Personelinin Elektrikli Araç Yangınlarında Kullandığı Başlıca Kişisel Koruyucu Donanım ve Ekipmanlar.....	51
<b>Şekil 5.9:</b> Tamamen Elektrikli Araçlarda Zararlılık ve Kişisel Koruyucu Donanım İşaretleri.....	53
<b>Şekil 6.1:</b> İtfaiye Ekiplerine Destek Olacak Faydalı Tasarım.....	55
<b>Şekil 6.2:</b> Tasarımın Farklı Açılardan Görüntüsü .....	56
<b>Şekil 6.3:</b> EA Portatif Lans ile Tamamen Elektrikli Araç Yangınlarına Müdahale Şekli .....	57



## ELEKTRİKLİ ARAÇ YANGINLARINDA MÜDAHALEDE, İTFAİYE EKİPLERİNE DESTEK OLACAK FAYDALI TASARIM

### ÖZET

Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte, yangın riskleri de artmaktadır ve bu durum itfaiye ekiplerinin müdahale stratejilerini değiştirmektedir. Özellikle, lityum iyon bataryaların kullanımıyla ilgili yangın riski, itfaiyeciler için yeni zorluklar doğurmaktadır. Bu tez, elektrikli araç yangınlarına müdahaleyi kolaylaştırmak için yenilikçi tasarımı ele almaktadır.

Elektrikli araç yangınlarıyla mücadele, özel ekipmanlar ve teknikler gerektirir. Bu tür yangınlara müdahalede standart yangın söndürme prosedürlerinden farklı yaklaşımlar gerekebilir. Bu tez, yangın söndürme yöntemleri, özel ekipmanlar ve araç tasarımları gibi konuları detaylı bir şekilde ele alarak itfaiye ekiplerine kılavuzluk etmektedir.

Ayrıca, lityum iyon bataryaların yangın davranışlarına ilişkin detaylı analizler sunulmakta ve bu tür yangınlara müdahale edilirken karşılaşılabilecek zorluklar ve bunların üstesinden gelme yöntemleri tartışılmaktadır. Elektrikli araç yangınları sırasında ortaya çıkabilecek zehirli gazlarla nasıl başa çıkılacağı, güvenlik protokollerinin nasıl oluşturulacağı ve itfaiye ekiplerinin risklerini nasıl azaltacakları gibi konular da incelenmektedir.

Tezin ana hedefi, itfaiye ekiplerine tamamen elektrikli araç yangınlarına daha güvenli, hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmeleri için gerekli bilgi ve faydalı tasarım sunmaktır. Bu tasarımlar sayesinde, elektrikli araç yangınlarının kontrol altına alınması ve olası zararların en aza indirilmesi sağlanacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** *Elektrikli Araç, Elektrikli Araç Yangınları, İtfaiye Birimi, İtfaiye Personeli*

# USEFUL DESIGN TO SUPPORT FIRE TEAMS IN INTERVENTION IN ELECTRIC VEHICLE FIRES

## ABSTRACT

With the proliferation of electric vehicles, the risks of fires have also increased, necessitating a change in firefighting strategies. Particularly, the risk of fires associated with the use of lithium-ion batteries poses new challenges for firefighters. This thesis focuses on innovative design to facilitate intervention in electric vehicle fires.

Combatting electric vehicle fires requires specialized equipment and techniques, often differing from standard firefighting procedures. This thesis provides comprehensive insights into firefighting methods, specialized equipment, and vehicle designs to guide firefighting teams.

Furthermore, detailed analyses of the fire behavior of lithium-ion batteries are provided, along with discussions on the challenges encountered during intervention in such fires and methods to overcome them. Topics such as handling toxic gases emitted during electric vehicle fires, establishing safety protocols, and reducing risks for firefighting teams are also examined.

The primary aim of the thesis is to provide firefighting teams with the necessary knowledge and useful designs to intervene in electric vehicle fires safely, quickly, and effectively. Through these designs, the control of electric vehicle fires and the minimization of potential damages will be ensured.

**Keywords:** *Electric Vehicle, Electric Vehicle Fires, Fire Department, Fire Department Personnel*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, her gün yeni teknolojik gelişmelerle karşılaşmaya devam ediyoruz. Dünya genelinde sağlıklı enerji kullanımı konusunda büyük çabalar harcanmakta ve bu çabaların en önemli ürünlerinden biri de elektrikli araçlardır. Elektrikli Araç (EA) üretimi yapan firmaların sayısı hızla artmakta ve yeni üretici firmaların kurulmasıyla sektör genişlemektedir (Özbay vd., 2020). EA üretiminin bu hızlı artışının temel nedeni, fosil yakıtlı araçların atmosfere saldığı gazların yol açtığı sera etkisinin, gelecekte yaşam koşullarını zorlaştıracakđının anlaşılması ve bilimsel olarak açıklanmasıdır. Zararlı gaz emisyonlarını azaltmak veya engellemek amacıyla EA üretimine büyük önem verilmektedir (Kerem, 2014). Tarihi kronoloji incelendiğinde, ilk EA'nın tasarımının Thomas Davenport tarafından 1835 yılında yapıldığı görülmektedir (Sandal, 2022). Bu dönemde, benzer çabalarla EA üretimleri denenmiş olsa da farklı sorunlar ve yüksek maliyetler nedeniyle bu tür üretimlerin yaygınlaşması desteklenmemiştir. Karbon salınımı riskleri henüz bilinmemekte ve benzin fiyatları uzun bir süre yüksek seyretmemekteydi, bu nedenle EA üretimi sadece araştırma düzeyinde kalmıştır. Ayrıca, o dönemde üretilen araçların uzun mesafe gidememesi, düşük güç çıkışı ve fosil yakıtlara daha kolay erişilebilir olması gibi birçok neden, bu araçların tercih edilmemesine yol açmıştır. 1960'larda, Avrupa ve Amerika'da fosil yakıtlı ve içten yanmalı motorlu araçların atmosfere yaydığı zararlı gazların, dünyayı hava kirliliği sorunuyla yüzleştirdiği anlaşılmaya başlanmıştır. 1970'lerde, EA'ların çevre dostu olduğu konusu tekrar gündeme gelmiş ve 1973'te OPEC Petrol Krizi'nin patlak vermesiyle benzin fiyatlarında artış gözlenmiştir. Bunun sonucunda, fosil yakıtlı araçlara alternatif olabilecek EA üretimi konusu yeniden gündeme gelmiştir. 1976'da Amerika başta olmak üzere birçok ülkede hibrit ve EA'lar konusunda araştırma yapılması öngörülmüş ve ülkeler bu alanda çalışma yapanlara teşvik vermeye başlamışlardır. Ancak, ne kadar teşvik verilirse verilsin, EA'ların uzun mesafe gidememesi, güç çıkışının düşüklüğü ve fosil yakıtlara ulaşmanın daha kolay olması EA üretimini kısıtlamaya devam etmiştir. 1990'larda, Temiz Hava Yasası Değişikliği ve Enerji Politikası Kanunu'nun

yürürlüğe girmesiyle EA'lar tekrar gündeme gelmiş ve önem kazanmıştır. (Hedef Filo, 2022). 1997 yılında, Toyota firması, otomotiv endüstrisinde önemli bir dönüm noktası olan Hibrit Elektrikli Araç (HEA) Prius'u üretmiştir. Prius, benzinli motorla çalışan ve elektrik motoruyla desteklenen bir hibrit sistemle donatılmış ilk ticari başarıya ulaşan araçlardan biridir. Bu araç, sürdürülebilirlik ve çevre dostu taşımacılık alanında önemli bir adımı temsil etmektedir. Prius'un piyasaya sürülmesi, otomotiv endüstrisinde bir dönüşümü tetiklemiştir. Diğer otomobil üreticileri de benzer HEA modelleri geliştirmeye ve piyasaya sürmeye başlamıştır. Bu durum, çevre dostu araçların ve alternatif enerji kaynaklarının otomotiv sektöründeki önemini artırmıştır (TOYOTA, 2023). 2006 yılında, Tesla'nın EA üretimi piyasaya sürülerek otomotiv endüstrisinde bir devrim niteliği taşımıştır. Tesla'nın önceki EA'lardan farkı, daha uzun mesafe gidebilme, yüksek beygir gücü ve tek seferde şarj edilebilme gibi önemli özellikler taşımasıdır. Bu özellikler, Tesla'nın rakiplerinden ayrılmasını sağlayan temel unsurlardır. Tesla'nın başarısı, EA teknolojisinin potansiyelini göstermiş ve endüstride dönüşümü hızlandırmıştır. Tesla'nın öncülüğünde, EA'lar daha rekabetçi hale gelmiş, kullanım alanları genişlemiş ve popülerlik kazanmıştır. Tesla'nın EA'ları, daha uzun menzil sunarak, sürücülere günlük ihtiyaçlarını karşılama konusunda daha fazla özgürlük sağlamıştır. Ayrıca, yüksek beygir gücü ile performans açısından da iddialı bir konuma gelmişlerdir. Tek seferde şarj edilebilme özelliği ise, kullanıcıların araçlarını daha pratik ve kullanışlı bir şekilde kullanmalarını sağlamıştır. Tesla'nın bu başarısından sonra, geleneksel fosil yakıtlı araç üreticileri de EA üretimine yönelmiş ve bu alanda yatırımlarını artırmışlardır. Bu durum, endüstride EA'ların daha geniş bir kabul görmesine ve kullanımının yaygınlaşmasına yol açmıştır. EA'ların şarj süreleri ve motor yapıları her geçen gün geliştirilmekte ve iyileştirilmektedir. Bu da EA'ların kullanımını daha da kolaylaştırarak, yaygınlaşmalarına ve daha fazla tercih edilmelerine olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, Tesla'nın EA'ları, endüstride önemli bir dönüm noktası olmuş ve EA teknolojisini yaygınlaşmasını hızlandırmıştır. Bu başarı, çevre dostu taşımacılık ve sürdürülebilir enerji kullanımı konularında önemli bir adımı temsil etmektedir (Investing, 2023).

EA'ların üretimi ve kullanımının artmasının karbon salınımı açısından olumlu etkileri olduğu kanıtlanmıştır. Ancak, bu araçların olumsuz yönleri arasında yangın tehlikesi ve yüksek voltaj etkisi bulunmaktadır. Günümüzde genellikle Lityum İyon

(Li-ion) bataryaları kullanılan elektrikli EA’larda, kullanım süreleri uzadıkça veya hasar görmeleri sonucu yaşanan yangınlar, mühendislik veya üretim hataları nedeniyle meydana gelebilmektedir. Dünya genelinde EA üretimi ve kullanımının artmasıyla birlikte araç yangınlarının da arttığı gözlemlenmektedir (Cabacı, 2021). Gündeme bakıldığında, ilginç bir şekilde EA yangınları meydana geldiğinde, sözlü ve yazılı basında büyük tepkiler almakta ve geniş manşetlerle kamuoyunu etkilemektedir. Bunun tek nedeni, EA’ların çok sayıda olumlu yönüne rağmen, yüksek voltaj ve yangın gibi tehlikelerin ortaya çıkmasıdır (Alyar, 2022).

Gelişen teknolojiyle birlikte dünyada EA yangınları üzerine birçok araştırma yapılmış ve hala yapılmaktadır. EA yangınlarıyla mücadele için birçok söndürme maddesi ve ekipman üretilmiştir. Ancak şu anda en etkili söndürme maddesinin su olduğu belirlenmiştir (Cabacı, 2021). Yangın raporları ve haberlerden anlaşıldığı kadarıyla, itfaiye ekiplerinin EA yangınlarını söndürmek için su kullandığı bilinmektedir. Elde edilen deneyimler doğrultusunda, EA yangınlarına müdahalenin sadece itfaiye ekipleri tarafından yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. EA yangınlarının temel nedeni genellikle Li-ion bataryalardır. Li-ion bataryaların söndürülmesi üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Alyar, 2022). Bu tür bataryalar sadece EA’larda değil, aynı zamanda elektrikli ev aletleri, şarj cihazları, kesintisiz güç kaynakları, telefonlar ve bilgisayarlar gibi birçok teknolojiye kullanılmaktadır (Çetin vd., 2021). Bu bataryaların geniş kullanım alanları göz önüne alındığında, yangın riskinin ne kadar önemli olduğu bilinmektedir. Dünya genelinde Li-ion batarya yangınları ve EA yangınları için birçok araştırma ve buluş gerçekleştirilmiştir. Bu buluşlardan bazıları, Sulu Vermikülit Dağılımı (SVD) söndürme maddesine sahip portatif yangın söndürme cihazı, yangın battaniyesi, su dolu araç daldırma kabı gibi etkili ekipmanlar olarak öne çıkmaktadır (Kazak ve Öncel, 2024).

EA yangınlarına müdahalede en etkili yöntemler arasında, günümüzde suyun kullanıldığı uygulama öne çıkmaktadır. EA’lar yangın çıkardığında, yangının hızla kontrol altına alınması ve söndürülmesi büyük önem taşır. Bu bağlamda, suyun kullanılması yangın müdahalesinde etkili bir çözüm olarak kabul edilmektedir (Hedef Filo, 2022).

Diğer söndürme ekipmanlarının etkili olduğu kabul edilsede, büyük ölçekli EA yangınlarında portatif yangın söndürme cihazlarının yetersiz kalabileceği

düşünülmektedir. En etkili yangın söndürme yöntemi doğrudan su kullanımımıdır. Bu amaçla su dolu araç daldırma kapları veya özel olarak tasarlanmış yangın battaniyeleri gibi ekipmanlar kullanılabilir. Ancak, bu tür müdahalelerin sadece eğitimli itfaiye ekipleri tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Seber, 2023).

EA yangınlarına müdahalede en zorlayıcı alan genellikle batarya bölgesidir. Çünkü batarya genellikle aracın taban kısmında bulunmaktadır. Bu konum nedeniyle, suyla müdahalede batarya bölgesine erişimde zorluklar yaşanabilir ve yangının tamamen söndürülmemesi durumunda alevler yeniden yükselme riski mevcuttur. Bu nedenle, itfaiye ekiplerinin güvenli, hızlı ve etkili bir müdahale için özel tasarımlara ihtiyacı vardır (Aslan, 2021).

Bu ihtiyaç doğrultusunda, faydalı bir tasarımın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu tasarım, suyun tüm batarya alanına etkili bir şekilde püskürtülmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu amaçla, bir nozul gibi düşünülebilecek ancak nozuldan farklı olarak yatay düzlemde dikdörtgen şeklinde olan bir cihaz düşünülebilir. Bu cihaz, suyun çok sayıda noktadan püskürtülerek batarya alanının tamamının ıslanmasını sağlayacaktır.

İtfaiye ekipleri, bu tasarımı kullanarak itfaiye aracının pompa sistemiyle bağlantılı olan hortumu tasarımın alt kısmına yerleştirerek suyun bataryaya doğrudan yönlendirilmesini sağlayabilirler. Bu tasarım, itfaiye ekiplerine Tamamen Elektrikli Araç (TEA) yangınlarına daha güvenli, hızlı ve etkili bir müdahale imkânı sağlayacaktır. Ayrıca, suyun daha verimli kullanılmasını sağlayarak yangın söndürme sürecini optimize edecektir.

Bu tasarımın TEA için özel olarak geliştirildiği ve itfaiye ekipleri için faydalı bir araç olduğu düşünülmektedir. Bu tasarımın TEA yangınlarına müdahalede daha etkili bir şekilde kullanılabilmesi için geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması önemlidir.

## 2. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

Elektrik enerjisi kullanılarak hareket enerjisi elde eden araçlara genel olarak EA denir. Elektrik enerjisi hem birincil enerji kaynağı olarak hem de ikincil enerji kaynağı olarak kullanılabilir. İkincil enerji kaynağı olarak kullanılan araçlarda genellikle EA'lar olarak adlandırılır. EA'lar, kullanım şekline, sıklığına, boyutuna, rengine ve kapasitesine bağlı olarak çeşitli tiplere ayrılır. Dünya genelinde, sadece binek araçlarda değil, aynı zamanda deniz, hava ve uzay araçlarında da EA sistemleri kullanılmaktadır. (İpek, 2022).

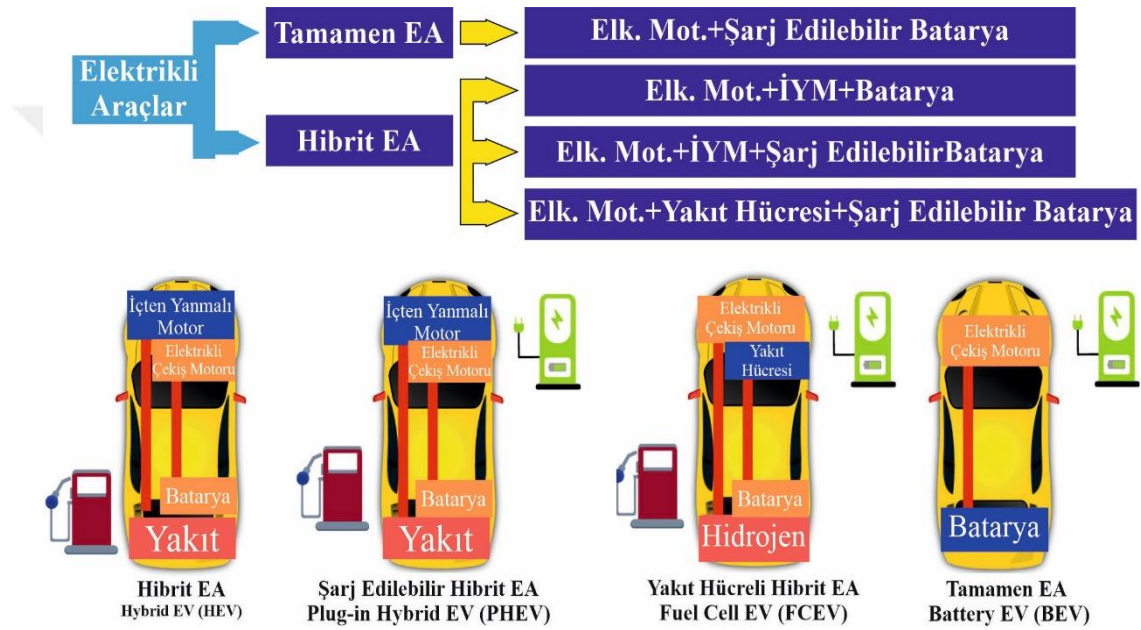
EA'ların, diğer içten yanmalı motorlu araçlarla karşılaştırıldığında en önemli farklarından biri, elektrik motorunun varlığıdır. EA'larda, güç sağlamak için büyük bir batarya bulunur. Bu batarya, elektrik güç kaynağına bağlanarak şarj edilir. Tamamen elektrikle çalışan araçlar, egzoz gazı üretmez ve yakıt pompası, yakıt hattı veya yakıt deposu gibi parçalara sahip değildir. Bu nedenle, TEA'lar İçten yanmalı motorlu araçlara göre genellikle daha maliyetlidir (Enerji Efficiency ve Renewable Energy, 2022).

EA'lar kendi içinde tasarımlarına göre farklı sınıflandırmalara sahiptir. Bu sınıflandırmalar şunlardır:

- Hibrit Elektrikli Araçlar (HEA)
- Hafif Hibrit Elektrikli Araçlar (HHEA)
- Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araçlar (ŞEHEA)
- Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar (YHEA)
- Tamamen Elektrikli Araçlar (TEA) (Tragger, 2023).

EA'ların sürekli olarak geliştiği açıkça görülmektedir. Her geçen gün, yeni bir teknoloji keşfedilerek, gelişme hızı artmaktadır. EA'lar, kullanıcının her talebini karşılamak için birçok farklı teknoloji modele sahiptir. Bu modeller, kullanıcılara çeşitli seçenekler sunarak ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilmektedir (Kerem, 2014).

Kullanıcılar, içten yanmalı motorlu araçlara daha fazla güven duyduklarında, ikili kullanıma olanak sağlayan HEA'lar devreye girer. HEA'lar, içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla daha iyi performans ve yakıt tasarrufu sağlarlar. Ancak, içten yanmalı motorlu araçlardan uzaklaşmak isteyenler için, doğrudan TEA'lar veya YHEA'lar tam olarak isteklerine cevap verebilir. TEA'lar, kullanıcıların sessiz ve keyifli bir sürüş deneyimi yaşamalarını sağlar; sürüş sırasında herhangi bir motor sesi duyulmaz. Bu nedenle, TEA'ların geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından benimsenmesinin uzun sürmeyeceği düşünülmektedir (Gürbüz ve Kulaksız, 2016). EA'ların sınıflandırılması Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Elektrikli Araç Sınıflandırılması

## 2.1 Hibrit Elektrikli Araçlar

HEA'ların çalışma prensibi, bataryalarda depolanan enerjiyi kullanan içten yanmalı bir motor ve bir veya daha fazla elektrik motoruyla birlikte çalışmalarını içerir. Bu sayede, HEA'lar yüksek yakıt ekonomisi ve düşük egzoz emisyonlarının avantajlarını, içten yanmalı motorlu araçların gücü ve menziliyle birleştirirler. HEA'larda şarj portu bulunmamaktadır; batarya, şarj portunun yerine rejeneratif frenleme (Enerji Geri Kazanım Mekanizması) ve içten yanmalı motor sayesinde şarj edilir. Bu sayede, HEA'lar hem elektrikle çalışmanın temiz ve verimli avantajlarını hem de içten yanmalı motorun gücünü kullanma imkânı sunarlar (Enerji Efficiency ve Renewable Energy, 2023).



şarj edilmesi için önemlidir. Bu sayede, aracın günlük kullanımında ihtiyaç duyulan enerji gereksinimleri güvenilir bir şekilde karşılanır.

**Elektrik jeneratörü:** Fren yaparken dönen tekerleklerden elektrik üreten ve bu enerjiyi batarya takımına geri aktaran bir sistem kullanılır. Bazı araçlarda hem sürüş hem de rejenerasyon işlevlerini yerine getiren motor jeneratörleri bulunur. Bu sayede, araç hareket halindeyken oluşan kinetik enerjinin bir kısmı yeniden kullanılarak bataryaların şarj edilmesi sağlanır. Bu sistem, enerji verimliliğini artırır ve aracın menzilini uzatırken aynı zamanda frenleme sırasında oluşan atık enerjinin geri kazanılmasını sağlar.

**Elektrikli çekiş motoru:** Elektrikli çekiş motoru, batarya grubundan gelen gücü kullanan bir motordur ve aracın tekerleklerini hareket ettirir. Bu motor, bataryadan aldığı elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürerek tekerleklerin dönmesini sağlar. Elektrikli çekiş motorları, içten yanmalı motorlara kıyasla daha sessiz ve düşük maliyetli olmalarıyla öne çıkar. Ayrıca, elektrikli çekiş motorları, daha yüksek tork ve daha hızlı hızlanma sağlayabilirler, bu da sürüş deneyimini iyileştirir ve performansı artırır.

**Egzoz sistemi:** Egzoz sistemi, motordan çıkan egzoz gazlarını egzoz borusu aracılığıyla dışarıya atar. Bu sistemde, motor çıkış emisyonlarını azaltmak için üç yollu bir katalizör bulunur. Bu katalizör, egzoz gazlarındaki zararlı bileşenleri (örneğin karbon monoksit, hidrokarbonlar, azot oksitler) kimyasal olarak dönüştürerek daha temiz bir egzoz çıkışı sağlar. Bu sayede, aracın çevreye olan olumsuz etkisi en aza indirgenir ve daha temiz bir hava kalitesi sağlanır.

**Yakıt doldurucu:** Yakıt doldurucu, akaryakıt istasyonlarında bulunan ve araca yakıt doldurmak için kullanılan bir cihazdır. Bu doldurucu, akaryakıt pompasıyla birlikte çalışarak aracın yakıt deposuna akaryakıtı aktarır. Sürücüler, araçlarını yakıt istasyonuna getirdiklerinde yakıt doldurucuyu kullanarak araçlarının yakıt tankını doldururlar. Bu işlem, aracın yakıt ihtiyacını karşılamak için temel bir adımdır ve sürücülere yakıt seviyelerini kontrol etme ve dolum yapma imkânı sağlar.

**Yakıt deposu:** Yakıt deposu, aracın motorunun ihtiyaç duyduğu yakıtı depolayan bir tanktır. Bu depo, aracın çalışması için gerekli olan yakıtın saklandığı ve motorun ihtiyaç duyduğunda yakıtın kullanıldığı bir alanı ifade eder. Yakıt deposu, aracın günlük kullanımında ve uzun mesafeli yolculuklarda yakıtın güvenli

ve verimli bir şekilde saklanmasını sağlar. Bu depo, aracın alt kısmında genellikle metal veya plastikten yapılmış bir tank olarak bulunur ve aracın yakıt ihtiyacını karşılamak için önemli bir bileşendir.

**İçten yanmalı motor:** İçten yanmalı motorlarda, yakıt ya emme manifolduna ya da yanma odasına enjekte edilir. Burada, enjekte edilen yakıt hava ile birleştirilir ve bu hava/yakıt karışımı, bujiden çıkan kıvılcım ile ateşlenir. Bu işlem, içten yanmalı motorun çalışması için gerekli olan yanma sürecini başlatır. Yanma odasında meydana gelen patlama, pistonun hareket etmesine ve motorun güç üretmesine neden olur. Bu şekilde, içten yanmalı motorlar, yakıtın yanması sonucu oluşan enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek aracın hareket etmesini sağlar. Bu süreç, motorun doğru çalışması için hayati bir öneme sahiptir.

**Güç elektroniği destekleyici:** Güç elektroniği destekleyici, batarya tarafından sağlanan elektrik enerjisi akışını yöneterek elektrikli çekiş motorunun hızını ve ürettiği torku kontrol eder. Bu ünite, elektrikli motorun performansını optimize etmek ve aracın güç taleplerine uygun olarak enerji dağıtımını yönetmek için tasarlanmıştır. Elektrikli çekiş motorunun hızını ve torkunu kontrol etmek, aracın sürüş dinamiğini iyileştirmek ve enerji verimliliğini artırmak için önemlidir. Güç elektroniği destekleyici, aracın elektrikli tahrik sistemini etkin bir şekilde yöneterek daha güvenli ve verimli bir sürüş deneyimi sağlar.

**Termal sistem (Soğutma):** Termal sistem, motorun, elektrik motorunun, güç elektroniğinin ve diğer bileşenlerin uygun çalışma sıcaklığı aralığını korumak için tasarlanmıştır. Bu sistem, aracın içindeki veya üzerindeki bileşenlerin aşırı ısınmasını önlemek ve optimal performansı sağlamak için önemlidir. Motor ve elektrikli sistemler, çalışma sıcaklıklarını kontrol altında tutmak için düzenli olarak soğutulmalıdır. Bu nedenle, termal sistemin etkili bir şekilde çalışması, aracın güvenliği ve dayanıklılığı için kritik bir unsurdur. Bu sistem, araçtaki sıcaklık dengesini sağlamak için radyatörler, fanlar, termostatlar ve soğutucu sıvılar gibi bileşenlerden oluşur.

**Batarya:** Batarya, elektrikli çekiş motoru tarafından kullanılmak üzere elektriği depolayan bir enerji depolama birimidir. Bu depo, elektrikli çekiş motoruna güç sağlamak için gerekli olan elektriği depolar ve gerektiğinde motorun ihtiyacı olan enerjiyi sağlar. Bataryalar genellikle Li-ion veya nikel-metal hidrit gibi malzemelerden yapılmıştır ve yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları nedeniyle

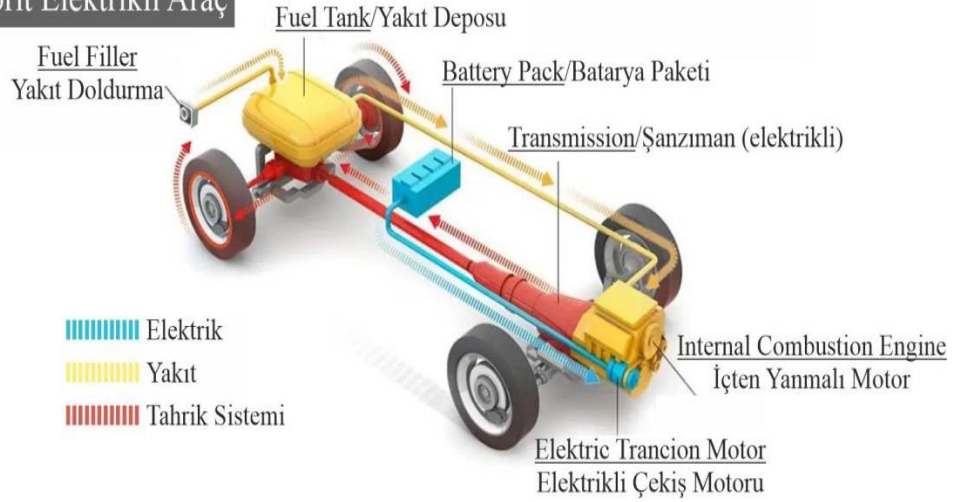
EA'larda sıkça kullanılırlar. Bataryalar, aracın elektrikli motoru tarafından kullanılmak üzere depolanan enerjiyi sağlayarak aracın hareket etmesini sağlar. Bu sayede, EA'lar yakıt kullanmadan sıfır emisyonlu bir şekilde çalışabilirler.

**Şanzıman:** Şanzıman, aracın tekerleklerini tahrik etmek için motor ve/veya elektrikli çekiş motorundan mekanik güç aktarma işlemini gerçekleştiren bir bileşendir. Bu sistem, motorun ürettiği gücü tekerleklerle uygun bir şekilde iletmek için tasarlanmıştır. Şanzıman, aracın hızını ve torkunu kontrol etmek için farklı dişli oranlarına sahip dişli kutularından oluşur. Bu sayede, aracın farklı hızlarda ve koşullarda etkin bir şekilde hareket etmesi sağlanır. Şanzımanın görevi, motorun ürettiği gücü tekerleklere aktararak aracın hızını ve performansını optimize etmektir. Bu şekilde, şanzıman aracın verimliliğini artırırken aynı zamanda sürüş deneyimini iyileştirir (Enerji Efficiecy ve Renawable Energy, 2023).

## 2.2 Hafif Hibrit Elektrikli Araçlar

HHEA'larda bulunan elektrikli çekiş motoru, fosil yakıtlara destek olmak amacıyla kullanılır. Ancak sadece elektrikli çekiş motoruyla tek başına sürüş yapılması imkansızdır. HHEA'larda batarya, marş motoru işlevi görürken araç kalkışlarında benzinli veya dizel motorlar devreye girer. Bu tür araçlarda genellikle sadece bir adet elektrik çekişli motor bulunur ve hem otomatik hem de manuel versiyonları mevcuttur. HHEA'ların dizel versiyonları, benzinli versiyonlarına göre 14 kat daha fazla azot oksit ve karbondioksit gazı üretirler. Ayrıca, HHEA'larda gaz pedalına basılmadığı sürece benzinli veya dizel motor devre dışı kalır; ancak gaz pedalına basıldığında benzinli veya dizel motor devreye girer (TOYOTA, 2023). Şekil 2.3'te HHEA'larda bulunan temel bileşenler gösterilmiştir.

## Hafif Hibrit Elektrikli Araç



**Şekil 2.3:** Hafif Hibrit Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri

**Kaynak:** (BMW, 2023)

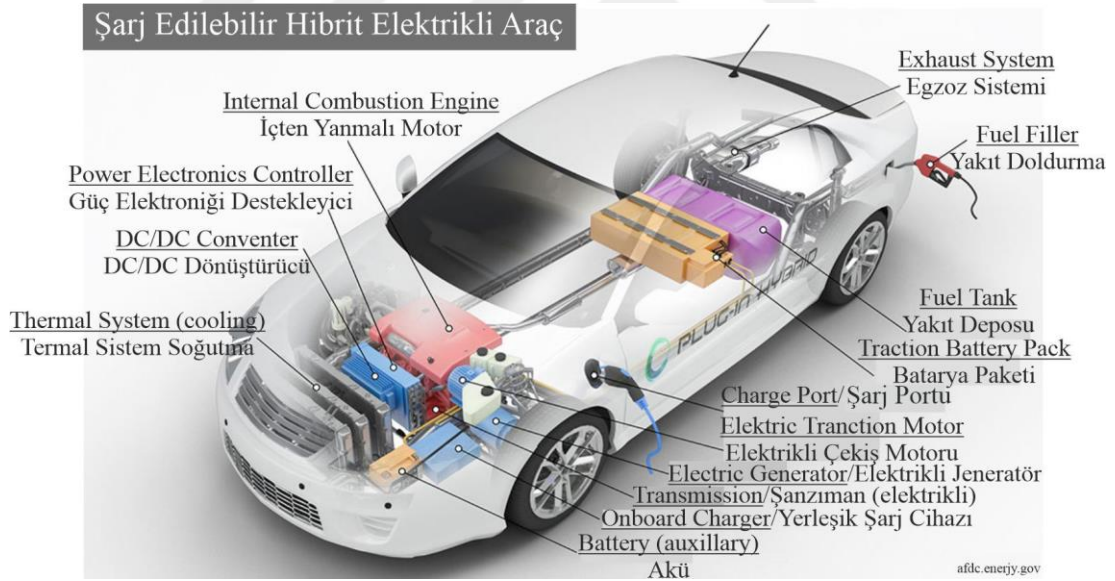
HHEA'nın en bariz avantajları arasında yakıt tüketimi dikkat çekmektedir. Diğer avantajlarına bakıldığında benzin veya dizel gibi fosil yakıtlara ulaşımın kolay olması da bu araçları avantajlı hale getirir (BMW, 2023).

### 2.3 Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araçlar

ŞEHEA'lar, modern ulaşımın çevresel etkilerini azaltma amacıyla geliştirilmiş yenilikçi araçlardır. Bu araçlar, içten yanmalı motor ve elektrikli motor sistemlerini birleştirerek, daha verimli bir sürüş deneyimi sunarlar. Geleneksel HEA'lara ek olarak, dışarıdan şarj edilebilme özelliğine sahiptirler. Bu özellik, araçların şarj edilebilir bataryalarını harici bir güç kaynağından şarj etmelerine olanak tanır. Bu sayede, ŞEHEA'lar kısa mesafelerde tamamen elektrikli modda çalışabilirler, böylece sıfır emisyonlu bir sürüş deneyimi sunarlar. Bu özellik, TEA'lar gibi çevre dostu bir kullanım sağlar (Gaton, 2018).

ŞEHEA'ların en belirgin özelliklerinden biri, büyük kapasiteli bataryalar sayesinde sağladıkları geniş elektrikli sürüş menzildir. Bu özellik, araçları şehir içi kısa ve orta mesafelerde elektrik enerjisiyle hareket ettirenken, daha uzun yolculuklarda içten yanmalı motorun devreye girmesi ile menzilin artırılmasını mümkün kılar. Bu çift güç kaynağı, araç sahiplerine yakıt tasarrufu ve düşük karbon emisyonu avantajları sunarken, çevre dostu bir ulaşım alternatifi olarak öne çıkar. Ancak, ŞEHEA'ların sunduğu bu avantajlar, yüksek üretim ve bakım maliyetleri ile dengelenmektedir. Araçların büyük ve yüksek kapasiteli bataryaları, başlangıç

maliyetlerini artırırken, bu karmaşık sistemlerin bakımı uzmanlık gerektiren ve maliyetli işlemlerdir. Araçlardaki şarj portu ve yerleşik şarj cihazı, elektrik enerjisiyle şarj edilme işlevselliğini kolaylaştırır. Şarj portu, aracın bataryasının dışarıdan elektrik istasyonları üzerinden şarj edilmesini sağlayan bir bağlantı noktasıdır. Yerleşik şarj cihazı ise, şarj portu aracılığıyla araca verilen Alternatif Akım (AC) elektriğini, bataryayı şarj etmek için gerekli olan DC gücüne dönüştürür. Bu sistemler aynı zamanda, şarj işlemi sırasında batarya yönetim sistemine kritik verileri sağlayarak, bataryanın sağlığı ve güvenliği için gerekli kontrolleri yapar. ŞEHEA'ların içten yanmalı motorlara sahip olmaları, onları tamamen temiz yakıtlı araç kategorisine sokmamakla birlikte, şarj edilebilir özellikleri ve elektrikli sürüş kapasiteleri ile önemli bir çevre dostu ulaşım seçeneği olarak kalmalarını sağlar. ŞEHEA'ların hem çevresel avantajları hem de başlangıç ve işletme maliyetleri göz önünde bulundurularak, sürdürülebilir ulaşımın geleceği için önemli bir rol oynadıkları görülmektedir (Enerji Efficiency ve Renewable Energy, 2023). Şekil 2.4'te ŞEHEA'larda yer alan temel bileşenler verilmiştir.



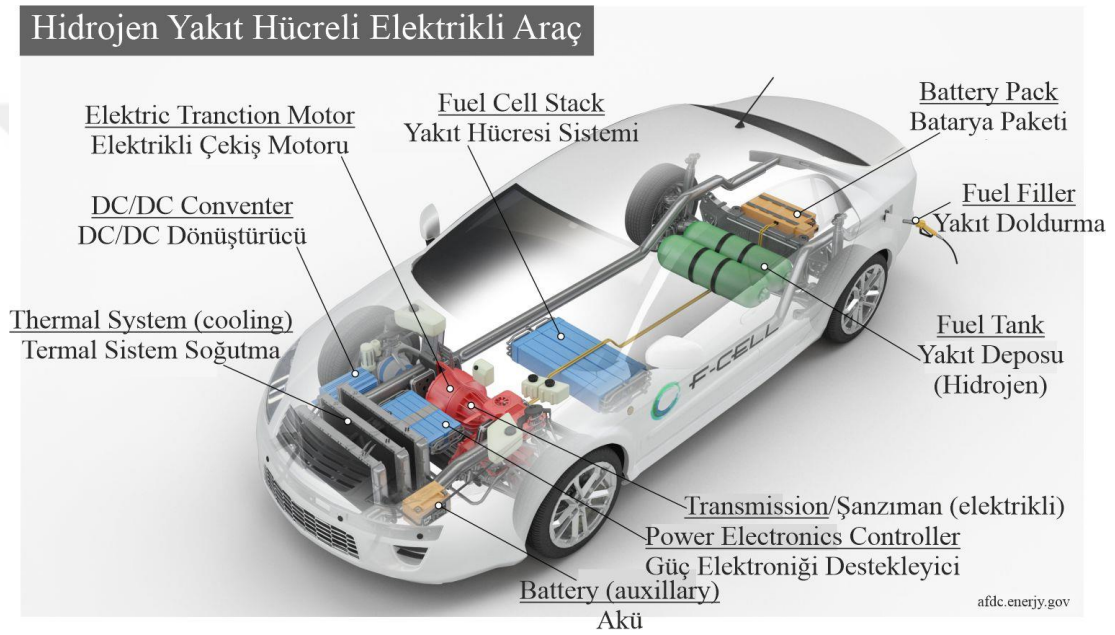
**Şekil 2.4:** Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri

**Kaynak:** (Enerji Efficiency ve Renewable Energy, 2023).

## 2.4 Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar

YHEA'lar, hidrojen enerjisi kullanarak çalışır. Bu araçlar, yüksek verimlilik ve en düşük emisyon seviyeleriyle dikkat çekerler. Hidrojen, fosil yakıtların en iyi alternatiflerinden biridir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak öne çıkar (Veziroğlu ve Macario, 2011).

YHEA'lar, elektrikli çekiş motoruna güç sağlamak üzere tasarlanmıştır, bu nedenle bir TEA gibi işlev görürler. Yakıt hücresi, hidrojeni enerjiye dönüştürdüğü için HEA'lara benzer özellikler sergilerler. Diğer fosil yakıtlı araçlarla karşılaştırıldığında, egzoz emisyonları bulunmazlar. YHEA'larda, içten yanmalı motorlu araçlarda olduğu gibi yaklaşık 5 dakikalık kısa bir sürede yakıt ikmali yapılabilir. Ayrıca, frenleme sırasında kaybolan enerjiyi yakalayan ve bir bataryada depolayan rejeneratif fren sistemleri gibi ileri teknolojiler kullanılarak verimlilik artırılır (Enerji Efficiency ve Renewable Energy, 2023). Şekil 2.5'te YHEA'larda yer alan temel bileşenler verilmiştir.



**Şekil 2.5:** Yakıt Hücreli Hibrit Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri

**Kaynak:** (Enerji Efficiency ve Renewable Energy, 2023).

YHEA'lar incelendiğinde, ŞEHEA'lardan farklı olarak, yakıt hücresi sistemi ve hidrojen yakıt deposuna sahiptirler. Yakıt hücresi sistemi, elektrik üretmek için hidrojen ve oksijen kullanan ayrı membran elektrotlarından oluşan bir düzeneğe sahiptir (Enerji Efficiency ve Renewable Energy, 2023).

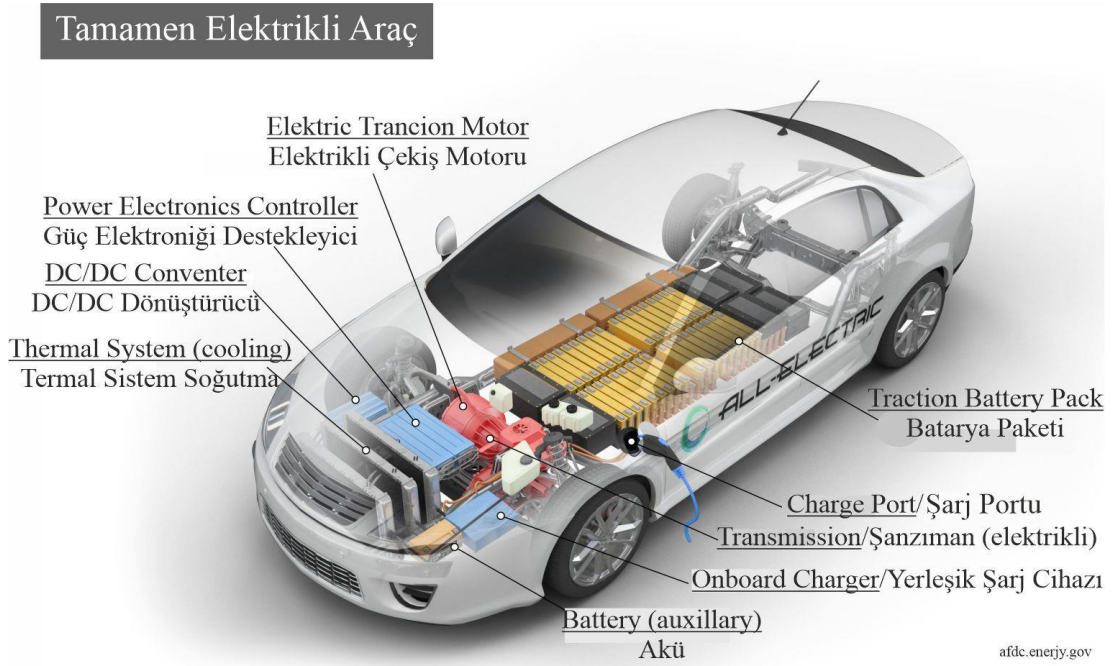
## 2.5 Tamamen Elektrikli Araçlar

TEA'lar, elektrikli çekiş motorunu çalıştırmak için batarya sistemi üzerine kurulmuş araçlardır. Geleneksel içten yanmalı motor bulunmadığı için TEA'lar fosil yakıt kullanmaz ve tamamen sessiz bir şekilde çalışır. Araçtaki sistemler, sürüş verimliliği ve enerji yönetimi göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Çevreye

duyarlı olmaları, TEA'ları tercih edilir kılan en önemli özelliklerden biridir. Ancak, batarya maliyeti ve şarj süreleri bu araçlar için olumsuz etkiler oluşturabilir (Tarlak ve İşen, 2018).

TEA'ların küresel pazarda sunulması, otomotiv endüstrisinde köklü değişikliklere yol açmıştır. TEA'ların çalışma prensibi, içten yanmalı motorlu araçlardan önemli ölçüde farklıdır ve bu, yeni özelliklerin, araç menzilin ve güvenliğinin de dahil olduğu yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (König vd., 2021).

TEA'nın talep görmesinin en büyük nedenlerinden biri, yenilenebilir enerjinin araçlara entegre edilmesidir. TEA'ların sistemleri, aracın menzilin belirlemek için batarya durumu gibi bilgiler sağlar. TEA'lar, tek bir enerji kaynağına sahip olmaları nedeniyle, ŞEHEA'lara göre öne çıkar. Ancak, menzil endişesi bu araçların yaygınlaşmasını engelleyen bir faktördür. Kullanıcılar, içten yanmalı motorlu araçlara olan erişimin daha kolay ve hızlı olması nedeniyle genellikle fosil yakıtlı araçları tercih etmektedirler. Ayrıca, TEA'ların kullandığı bataryaların diğer araçlara göre daha büyük kapasiteye sahip olması, araçların daha pahalı olmasına neden olmaktadır (Xiao vd., 2019). Şekil 2.6'da TEA'larda yer alan temel bileşenler verilmiştir.



**Şekil 2.6:** Tamamen Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri

**Kaynak:** (Enerji Efficiency ve Renawable Energy, 2022).

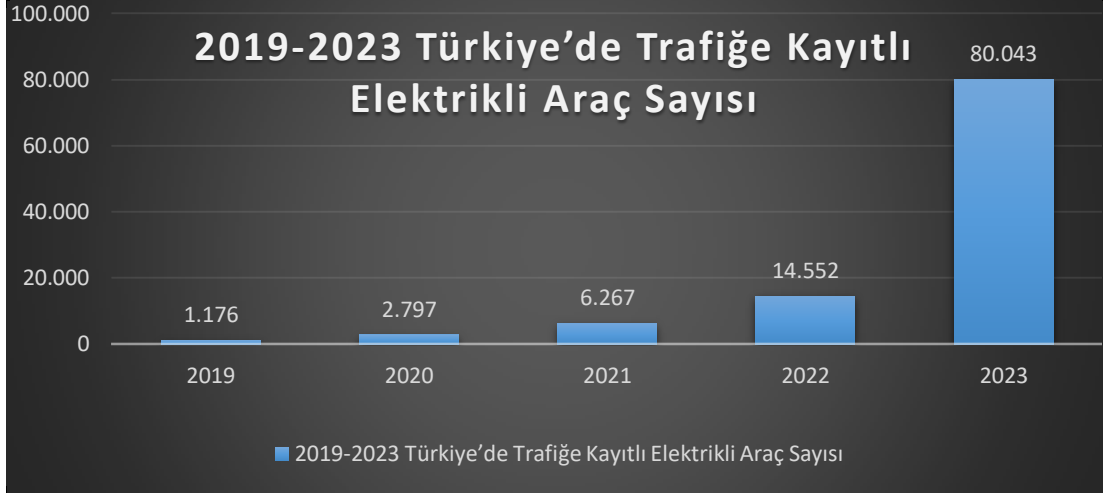
TEA bileşenleri incelendiğinde diğer EA'lardan en büyük farkı, içten yanmalı bir motorun bulunmamasıdır. Çalışma prensibi elektrikli çekiş motoru ve batarya üzerine kurgulanmıştır. TEA'da yakıt yerine genellikle Li-ion batarya kullanılır. Bu özellikler, TEA'nın çevre dostu ve sessiz bir şekilde çalışmasını sağlar (Gürbüz ve Kulaksız, 2016).

TEA, bir elektrikli çekiş motoruyla çalışır ve güç sağlayan tek kaynak bataryalardır. Bataryalar genellikle fişli şarj cihazlarıyla şarj edilebilir. Diğer EA'larla karşılaştırıldığında, TEA'da bulunan batarya sisteminin daha güçlü ve büyük olduğu için daha uzun saf elektrikli sürüş menziline sahiptirler (Li vd., 2017).

TEA'lar incelendiğinde, çevreye duyarlı, karbon salınımı olmayan, en güvenli ve sağlıklı araç tipleri olarak dikkat çekerler. Dünya genelinde EA'lara olan talebin oldukça yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Ancak, TEA'ları tercih edecek kullanıcılar, elektrik şarjı için altyapının tam olarak sağlanmadığı endişesiyle ön yargılı bir yaklaşım sergilemektedirler (Mucuk, 2022).

TEA'lara olan talebin artmasının nedenleri arasında son derece çevreye duyarlı olmaları, sessiz çalışmaları, düşük maliyetli bakımları, düşük yakıt maliyeti sağlamaları, keyifli ve güvenli bir sürüş deneyimi sunmaları gibi etkenler bulunmaktadır. Ancak, TEA'ların dezavantajlarına bakıldığında yüksek satış fiyatları, belirsiz piyasa şartları ve uzun sürelerde şarj edilmesi gibi faktörler öne çıkmaktadır (Arabam, 2021).

Türkiye'de EA'lara olan ilgi son yıllarda hızla artmaktadır. Çevre dostu ve sürdürülebilir bir ulaşım çözümü olarak görülen EA'lar, giderek daha fazla tüketici tarafından tercih edilmektedir (Kocagöz ve İğde, 2022). Bu artış trendi, 2019 ile 2023 yılları arasında satılan araçların verilerini içeren Şekil 2.7'de de belirgin bir şekilde görülmektedir.



**Şekil 2.7:** 2019-2023 Arası Elektrikli Araç Satış Sayıları

**Kaynak:** (Hedef Filo, 2024)

Türkiye'de EA'ların artışı, değişim grafiği incelendiğinde açıkça görülmektedir ve bu artışın zamanla daha da ivme kazanacağı anlaşılmaktadır. Bu artışlar bir dizi olumlu etkiye sahip olsada, EA'ların lityum tabanlı bataryalarının potansiyel tehlikeleri de göz ardı edilmemelidir. Bu bataryaların yüksek voltajı ve herhangi bir sebepten dolayı alev alması durumunda yangının söndürülmesi oldukça zordur. İçten yanmalı motorlu araç tiplerine kıyasla, EA'lardaki yangınların söndürülmesi daha zor olabilir. Lityum tabanlı bataryalar hızlı bir şekilde ısınma eğilimindedir ve bu durum, aracın tamamını alevlerin sarmasına neden olabilecek aniden yükselen bir yangın riskini artırır. Bu nedenle, bu potansiyel tehlikelere dikkat etmek son derece önemlidir (TEHAD, 2022).

### 3. BATARYA SİSTEMİ

Batarya, elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürebilen ve uygulandığında elektrik enerjisi sağlayabilen bir enerji depolama cihazıdır. Günümüzde bataryalar, sadece araçları çalıştırmak için değil, aynı zamanda tamamen elektrikle çalışan araçlarda da bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Wikipedia, 2021).

Dünya genelinde içten yanmalı motorlu araçların artması, fosil yakıtların kullanımında azalmaya ve çevre kirliliğinde artışa neden olmuştur. Bu nedenle, daha çevreci yakıt sistemlerini temsil eden çeşitli batarya tipleri geliştirilmiştir. Bu batarya çeşitleri, çevre dostu alternatifler sunarak, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmayı ve çevresel etkileri en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Can Güven ve Gedik, 2019).

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte ulaşım ihtiyaçları da artmaktadır. Bu artış, içten yanmalı motorlu araçlarda yakıt fiyatlarının yükselmesine, sınırlı olan fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesine, çevre kirliliğinin ve sera gazı emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Bu zararların önlenmesi ve bertaraf edilmesi amacıyla temiz enerji kaynaklarına yönelik çözümler geliştirilmektedir (Tie ve Tan, 2013).

Türkiye'deki ulaşım sisteminde kullanılan enerjinin %99'u fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. İçten yanmalı motorlu araçlar, günümüzde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtları tükettiği için çevreye zarar vermektedir. Ancak, temiz enerji teknolojileri geliştirilmiş ve hala geliştirilmeye devam etmektedir (Can Güven ve Gedik, 2019).

EA bataryaları, içerdikleri malzemelere bağlı olarak farklı ömürlere sahiptir. Yapılan araştırmalar, bazı bataryaların yaklaşık olarak yirmi yıl boyunca dayanabileceğini göstermektedir, ancak üretici firmalar genellikle bu ömrün sekiz ila on yıl arasında olduğunu belirtmektedir. Batarya sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar, kullanıcılar için daha uygun ve uzun ömürlü batarya hücrelerinin geliştirilmesi yönünde devam etmektedir (Hedef Filo, 2023).

Günümüzde, batarya sistemlerinde birçok farklı batarya çeşidi bulunmaktadır. Zaman içinde, batarya sistemlerinde önemli gelişmeler kaydedilmektedir. EA'larda kullanılan batarya çeşitleri hakkında bilgiler Çizelge 3.1'de yer almaktadır (Muratoğlu ve Akkaya, 2016).

**Çizelge 3.1:** Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Teknolojileri ve Özellikleri

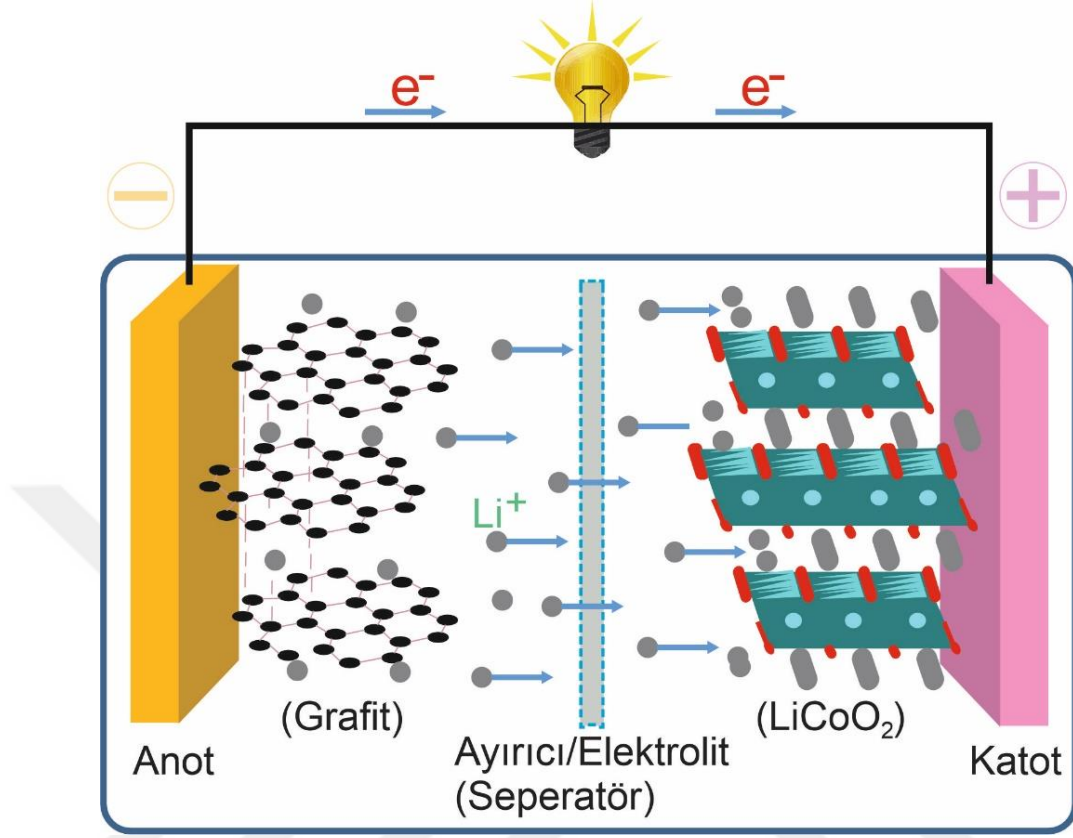
Batarya Çeşitleri	Nominal Voltaj	Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	Çevrim Ömrü (#)	Hafıza Etkisi	Çalışma Sıcaklığı
Pb-acid	2	35	1000	Yok	-15, +50
NiCd	1.2	50-80	2000	Var	-20, +50
NiMH	1.2	70-95	<3000	Nadir	-20, +60
Zebra	2.6	90-120	>1200	Yok	+245, +350
Li-on	3.6	118-250	2000	Yok	-20, +60
LiPo	3.7	130-225	>1200	Yok	-20, +60
LiFePO <sub>4</sub>	3.2	120	>2000	Yok	-45, +70
Zn-air	1.65	460	200	Yok	-10, +55
Li-S	2.5	350-650	300	Yok	-60, +60
Li-air	2.9	1300-2500	100	Yok	-10, +70

**Kaynak:** (Muratoğlu ve Akkaya, 2016)

Yukarıdaki tabloya göz atıldığında, birçok farklı batarya çeşidinin kullanıldığı açıkça görülmektedir. İncelemelerde, lityum tabanlı batarya çeşitlerinin diğerlerine kıyasla daha baskın olduğu belirlenmiştir. Lityum tabanlı bataryalar, diğer batarya tiplerine göre daha güçlüdür, daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir ve geniş bir çalışma sıcaklığı aralığına sahiptir. Şu anda, EA'ların daha uzun menzil yapabilmesi için en iyi teknolojinin lityum tabanlı bataryalar içinde yer alan Li-ion bataryalar olduğu tespit edilmiştir. Bu avantajlar nedeniyle, EA üreticileri araçlarında genellikle Li-ion bataryaları tercih etmektedir (Abdulvahitoğlu vd., 2022). Li-ion bataryalarını diğer batarya çeşitlerinden ayıran bir diğer özellik, yanmaya başladığında söndürülmesinin zor olmasıdır (Alyar, 2022).

Yüksek performans, düşük maliyet ve kolay ulaşılabilirlik hedeflenerek batarya çeşitleri üzerinde sürekli gelişmeler kaydedilmektedir. Batarya sistemlerinde kullanılan en yaygın batarya çeşitleri arasında nikel kadmiyum, nikel metal hidrit,

kurşun asit (akü), alkali ve Li-ion batarya bulunmaktadır. Şekil 3.1'de Li-ion batarya hücresinin bileşenleri detaylı olarak gösterilmiştir (Parlak, 2011).



Şekil 3.1: Lityum İyon Batarya Hücre Bileşenleri

Kaynak: (Kazak, 2024)

Aşağıda batarya hücresi bileşenleri verilmiştir. Batarya hücresi, bir bataryanın temel yapı taşı olan ve elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştüren birimdir. Bu bileşenler, genellikle bir pozitif elektrot (anot), bir negatif elektrot (katot), elektrolit ve bir ayırıcı (seperatör) içerir (Efe ve Güngör, 2021).

**Anot:** Anot, bir bataryanın negatif kutbunu oluşturan ve elektriksel akımın oluşmasını sağlayan önemli bir bileşendir. Genellikle deşarj sırasında azalabilme özelliğine sahiptir ve aktif bir madde içerir. Anot, bataryanın çalışması için gerekli kimyasal reaksiyonlarda rol oynar ve bu sayede elektronların hareketini teşvik eder. Anotlar genellikle oksit, sülfid veya benzer moleküllerden yapılmıştır. Elektrolit içinde bulunan iyonlarla etkileşime girerek elektrik akımını üretirler. Bu sayede bataryanın elektrik enerjisi depolaması ve salınması mümkün olur.

**Katot:** Katot, bir bataryanın pozitif kutbunu oluşturan ve elektriksel akımın oluşmasını sağlayan önemli bir bileşendir. Deşarj sırasında, genellikle oksitlenebilir

metal veya alaşımlardan oluşur ve bu süreçte elektron üretimini sağlar. Negatif elektrot olarak hareket eder, yani bataryanın deşarj halindeyken elektronları dış devreye sağlar. Katotlar, bataryanın içinde bulunan elektrotlardan biridir ve genellikle kurşun, kadmiyum gibi maddelerden yapılmıştır. Negatif elektrotlar genellikle katı halde bulunur ve batarya hücresinde belirli bir konumda yer alırlar. Katotlar, elektrotlar arasındaki kimyasal reaksiyonlarla elektrik akımının oluşmasını sağlar ve bu sayede bataryanın enerji depolama ve salınma süreci gerçekleşir.

**Elektrolit:** Elektrolit, bir bataryada elektriksel akımın iletilmesini sağlayan ve içerisinde hareketli yüklü parçacıklar bulunan bir solüsyondur. Elektrolitler genellikle sıvı, jel veya katı formda olabilirler. Bataryanın türüne bağlı olarak, elektrolitler asidik veya alkalın özelliklere sahip olabilirler. Geleneksel bataryalarda bulunan elektrolitler genellikle sıvı halde bulunur, örneğin kurşun asit ( $PbSO_4$ ) veya nikel oksit hidroksit ( $NiOOH$ ) gibi. Ancak, bazı modern batarya tiplerinde elektrolitler katı halde de bulunabilir. Örneğin, lityum polimer bataryalar katı elektrolite sahiptir. Elektrolitler, bataryanın içindeki iki elektrot arasında iyonların hareket etmesine izin vererek elektrik akımının oluşmasını sağlar. Bu sayede batarya enerji depolar ve serbest bırakır.

**Seperatör:** Seperatör, bir bataryadaki farklı kutuplarda bulunan elektrotları birbirinden ayıran ve izole eden bir sistemdir. Bu elektrotları izole etmek, bataryanın içindeki elektrotlar arasında doğrudan teması önler ve kısa devre olasılığını azaltır. Seperatörler genellikle ince bir polimer film veya seramik malzemeden yapılmıştır. Görevleri arasında elektrolitin serbest dolaşımını sağlamak, iyonların geçişini kolaylaştırmak ve bataryanın performansını artırmak da bulunur. Seperatörler aynı zamanda bataryanın mekanik stabilitesini koruyarak fiziksel zararlara karşı da koruma sağlar (Parlak, 2011).

### 3.1 Batarya Çeşitleri

Batarya çeşitleri genellikle birincil bataryalar (şarj edilemez) ve ikincil bataryalar (şarj edilebilir) olarak iki ana kategoride sınıflandırılır. Birincil bataryalar, şarj edilemez ve tek kullanımlıdır; yani kullanıldıktan sonra yeniden şarj edilemezler. Bu tür bataryalar genellikle tek seferlik cihazlarda kullanılır ve kullanıldıktan sonra atılır. Öte yandan, ikincil bataryalar, yani şarj edilebilir bataryalar, tekrar tekrar şarj edilebilir ve kullanılabilir. Bu bataryalar, şarj edildikten

sonra tekrar kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Batarya üreticileri, kullanım amacına ve gereksinimlere bağlı olarak farklı bataryalar tercih ederler (Çetin vd., 2021).

### 3.1.1 Şarj edilemez bataryalar

Şarj edilemeyen bataryalar, enerjilerini harcadıktan sonra tekrar doldurulamayan bir batarya türüdür. Bu tür bataryalar, enerji tükendikten sonra atılır ve tekrar kullanılmazlar. Genellikle hafif ve küçük boyutludurlar, bu da kullanım ve taşıma kolaylığı sağlar. Günlük hayatta hızlı bir enerji kaynağı olarak kullanılırlar. Kullanılmadıkları sürece enerji harcamazlar, bu da bataryaların raf ömrünün uzun olduğu anlamına gelir. Kullanıldıktan sonra güvenli bir şekilde atık pil kutularına konurlar ve yerlerine yeni bir batarya alınır. Tekrar şarj edilememeleri nedeniyle çevreye zararlı olabilirler ve yeniden kullanılabilirlik açısından şarj edilebilir bataryalara göre daha az sürdürülebilir bir seçenektir. Uzun vadeli kullanımlar için pek uygun değildirler (HDA Enerji, 2023).

Şarj edilemeyen bataryalar, genellikle askeri teçhizatlar, el fenerleri ve kumandalar gibi cihazlarda sıkça kullanılır. Bu tür cihazlar, uzun süre sağlıklı kalabilmesi için yüksek güce ihtiyaç duymayan, düşük güç tüketen yapıya sahiptir. Örneğin, alkalın bataryalar, yaygın bir şekilde kullanılan şarj edilemeyen bataryalara bir örnektir. Bu tür bataryalar, düşük güç tüketen cihazlar için idealdir ve genellikle tek seferlik kullanım amacıyla tasarlanmıştır (Alman, 2022).

Şarj edilemeyen bataryalar, EA'larda kullanılmaz çünkü bu bataryaların tekrar şarj edilebilme özelliği yoktur. EA'lar, sürekli olarak tekrar şarj edilebilir bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar çünkü uzun mesafelerde ve sürekli kullanımda bulunurlar. Şarj edilemeyen bataryalar ise, kullanıldıktan sonra enerjilerini tükettiğinde tekrar şarj edilemezler; bu nedenle, bu bataryalar kullan-at sistemine sahiptir. EA'lar için ise, sürdürülebilir bir enerji kaynağı gereklidir ve bu nedenle şarj edilebilir bataryalar kullanılır. Bu bataryalar, kullanıldıktan sonra tekrar şarj edilebilir ve uzun süreli kullanım için uygun hale gelir. Dolayısıyla, EA'lar için uygun bir seçenek olmayan şarj edilemeyen bataryalar, kullan-at sistemi nedeniyle EA'larda tercih edilmez (Menak vd., 2021).

Şarj edilemeyen bataryaların enerji yoğunluk kapasitesi şarj edilebilir bataryalara göre oldukça azdır. EA'larda hedeflenen amaç batarya sayesinde araçla uzun menzil yapılabilmesidir. Bu olanağa sahip olmayan şarj edilemeyen bataryalar,

EA'lerde kullanılmazlar. EA bataryalarında en sağlıklı ve doğru kullanılan batarya çeşitleri şarj edilebilir bataryalardır. Şarj edilemeyen bataryaların güçlü olması ve yeterli enerji sağlayamaması nedeniyle EA bataryalarında kullanılması çokta fayda sağlamayacağı ve kullanılan bataryanın tükenmesi sonrası değişiminin mühendislik ve teknik bilim açısından zor olacağı düşünülür (Çetin vd., 2021). Çizelge 3.2'de dünyada en çok kullanılan şarj edilemeyen batarya bilgileri yer almaktadır.

**Çizelge 3.2: Şarj Edilemez Bataryaların Bilgileri**

<b>Ticari İsmi</b>	<b>Nominal Voltaj</b>	<b>Anot</b>	<b>Katot</b>	<b>Elektrolit</b>
Karbon-Çinko	1.5	Çinko folyo	MnO	ZnCl <sub>2</sub> -NH <sub>4</sub> Cl
Çinko klorür	1.5	Çinko folyo	Elektrolitik MnO <sub>2</sub>	Sıvı ZnCl <sub>2</sub>
Alkali	1.5	Çinko tozu	Elektrolitik MnO <sub>2</sub>	Sıvı KOH
Çinko-hava	1.2	Çinko tozu	Karbon	Sıvı KOH
Gümüş çinko	1.6	Çinko tozu	Ag <sub>2</sub> O	Sıvı KOH
Lityum-magnezyum dioksit	3	Lityum folyo	MnO <sub>2</sub>	LiCF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> /LiClO <sub>4</sub>
Lityum-karbon monoflorür	3	Lityum folyo	CF <sub>x</sub>	LiCF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> /LiClO <sub>4</sub>
Lityum-demir sülfat	1.6	Lityum folyo	FeS <sub>2</sub>	LiCF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> /LiClO <sub>4</sub>

**Kaynak:** (Parlak, 2011)

### 3.1.2 Şarj edilebilir bataryalar

Şarj edilebilir bataryaların tekrar şarj edilme özelliği, bu bataryaları şarj edilemez bataryalardan daha doğru ve kullanışlı hale getirir. Tekrar şarj edilebilme özelliği, bataryaların kullanım ömrünü uzatır ve daha ekonomik bir seçenek sunar. Bu özellik, EA'lar ve taşınabilir cihazlar gibi birçok alanda tercih edilmesini sağlar. Ayrıca, Li-ion bataryalar gibi modern batarya teknolojileri, yüksek enerji depolama kapasiteleri ve hafif yapılarıyla dikkat çeker. Bu özellikleri sayesinde, Li-ion bataryalar birçok alanda hızla kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, yüksek çalışma voltajına sahip olmaları da avantaj sağlar ve daha yüksek performans sunar.

Dolayısıyla, şarj edilebilir bataryaların tekrar şarj edilebilme özelliği, kullanıcılar için pratik ve ekonomik bir seçenek sunar ve modern teknolojinin bir simgesi haline gelmiştir (Özçelik ve Özkan, 2006).

Şarj edilebilir bataryalar, kendi içinde iki ana gruba ayrılır. İlk olarak, enerji depolamak ve depolanan enerjiyi kullanmak amacıyla üretilen şarj edilebilir bataryalar bulunmaktadır. Bataryalar otomotiv, uçak ve uzay endüstrisi gibi büyük sistemli araçlarda sıklıkla kullanılmaktadırlar. Bu bataryalar genellikle yüksek kapasiteli ve güçlüdür, bu da uzun mesafelerde ve yoğun enerji gereksinimi olan sistemlerde tercih edilmelerini sağlar. İkinci olarak, bataryaların kütle ve hacim olarak daha kullanışlı olması büyük bir avantajdır ve bu nedenle daha küçük cihazlarda kullanılırlar. Bu tür bataryalar genellikle cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, telsizler gibi taşınabilir elektronik cihazlarda kullanılır. Küçük boyutları ve hafif yapıları, bu cihazların taşınabilirliğini artırırken, şarj edilebilir özellikleri sayesinde kullanıcıların cihazlarını sürekli olarak şarj etmelerine olanak tanır. Buda, kullanıcıların bu cihazları uzun süre kullanmalarını sağlar ve tek kullanımlık bataryalara göre daha ekonomik bir seçenek sunar (Parlak, 2011).

Şarj edilebilir bataryaların tercih edilmesinin ana nedeni, yüksek enerji ihtiyacını karşılayabilme yetenekleridir. Bu bataryalar, yoğun enerji gerektiren cihazları destekleme kabiliyetleriyle öne çıkar. Şarj edilemeyen bataryalara kıyasla genellikle daha pahalı olmalarına rağmen, uzun süreli kullanım ve tekrar şarj edilebilme özellikleri göz önüne alındığında daha ekonomik oldukları anlaşılır. Şarj edilebilir batarya çeşitleri, Çizelge 3.3'te listelenmiştir. Bu çeşitler, genellikle kullanıcıların farklı ihtiyaçlarına ve cihazlarının güç gereksinimlerine uyum sağlamak için seçilir ve kullanılır (Alman, 2022).

**Çizelge 3.3:** Şarj Edilebilir Bataryaların Bilgileri

<b>Ticari İsmi</b>	<b>Nominal Voltaj</b>	<b>Anot</b>	<b>Katot</b>	<b>Elektrolit</b>
Kurşun-asit	2.0	Kurşun	PbO <sub>2</sub>	Sıvı H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Nikel-kadmiyum	1.2	Kadmiyum	NiOOH	Sıvı KOH
Nikel-metal hidrat	1.2	MH	NiOOH	Sıvı KOH
Lityum iyon	4.0	Li(4)	LiCoO <sub>2</sub>	LiPF <sub>6</sub>

**Kaynak:** (Parlak, 2011)

Şarj edilebilir bataryalar incelendiğinde neden EA bataryalarında kullanıldığı açıkça anlaşılmaktadır. Bu bataryalar, yüksek enerji depolama kapasiteleri ve tekrar şarj edilebilme özellikleri sayesinde EA'lar için ideal bir seçenek sunarlar. Verilen bilgilere bakıldığında genel olarak EA bataryalarında en çok Li-ion bataryaların tercih edildiği görülmektedir. Bu bataryalar, yüksek enerji yoğunluğu, hafiflik ve uzun ömür gibi avantajlarıyla EA'ların performansını ve menzilin artırmak için ideal bir seçenek olarak öne çıkar (Şen vd., 2011).

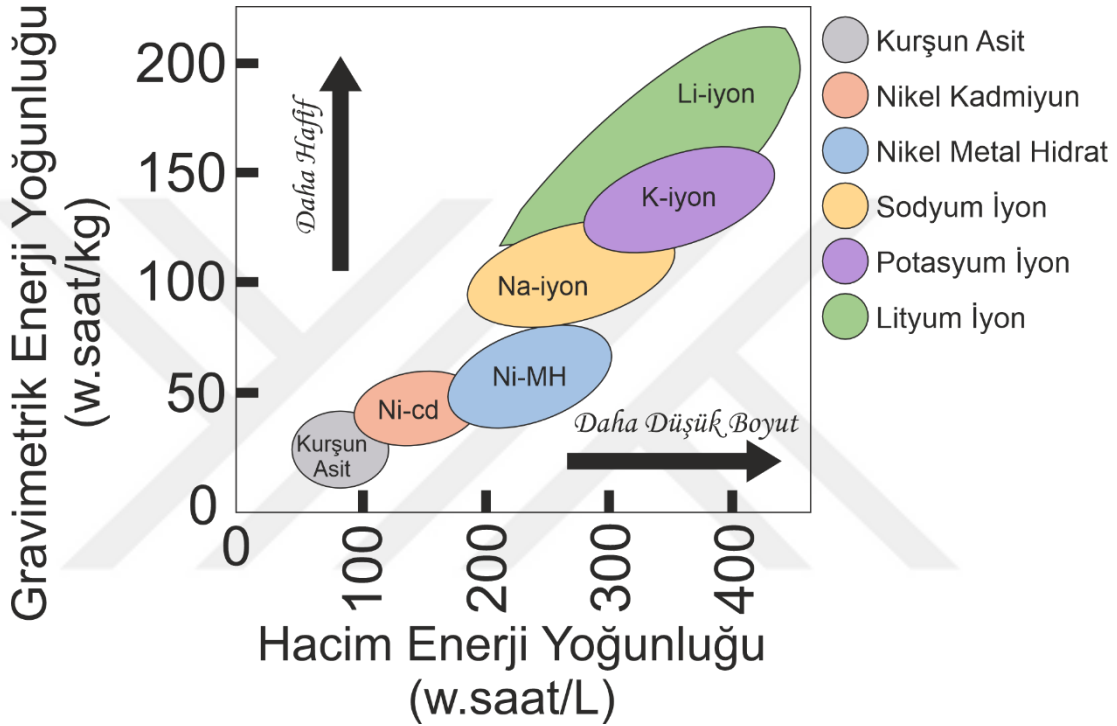
### 3.2 Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Çeşitleri

Dünya genelinde üretilen EA'larda yaygın olarak Li-ion bataryaların kullanılması, enerji yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle tercih edilmelerinden kaynaklanmaktadır. EA'larda menzil mesafesi oldukça önemlidir ve bu mesafeyi etkileyen en önemli faktörlerden biri kullanılan batarya teknolojisidir. Bu bağlamda, Li-ion bataryalar, yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmalarıyla öne çıkarlar. Bu da EA'ların daha uzun menzil yapmasını sağlar. Dolayısıyla, EA'larda kullanılan Li-ion bataryalar, en uzun menzil sağlayan batarya çeşitleri arasında yer alır (Akkuş ve Işık, 2023).

Li-ion bataryaların tercih edilme nedeni, yüksek enerji depolama kapasitelerine ve daha uygun maliyete sahip olmalarıdır. Bu bataryaların nominal voltajı diğer batarya türlerine göre daha yüksektir. Lityum iyon polimer (LiPo) bataryaları da Li-ion bataryalarıyla aynı özelliklere sahiptir. Ancak, aralarındaki en belirgin fark, Li-ion bataryalarının daha hızlı ve uygun fiyatlarla üretilebilmesidir. Lityum demir fosfat ( $\text{LiFePO}_4$ ) bataryaları incelendiğinde, yüksek enerji depolama kapasitesine sahip oldukları görülür. Ancak, Li-ion bataryalarıyla karşılaştırıldığında enerji yoğunluğu konusunda biraz daha geride oldukları bilinmektedir. Lityum sülfür bataryaları da Li-ion bataryaları gibi oldukça yüksek enerji yoğunluğuna sahiptirler. Bu farklı batarya türleri, farklı uygulama alanlarına ve gereksinimlere göre tercih edilmektedir (Muratoğlu ve Akkaya, 2016). Batarya içindeki hücreler seri veya paralel bağlantılarla bir araya getirildiğinde farklı sonuçlar elde edilir. Seri bağlantıda, hücrelerin pozitif ucu birbirine, negatif ucu ise diğer hücrenin pozitif ucuna bağlanır. Bu şekilde, hücrelerin voltajları toplanır ve bataryanın toplam voltajı artar. Öte yandan, paralel bağlantıda, hücrelerin pozitif uçları birbirine, negatif uçları ise diğer hücrenin negatif ucuna bağlanır. Bu durumda, her hücrenin kapasitesi

birleştirilir ve bataryanın toplam kapasitesi artar. Dolayısıyla, seri bağlantı voltajı artırırken, paralel bağlantı kapasiteyi artırır (Birikim Piller, 2022).

Li-ion bataryalar, kurşun asit, nikel kadmiyum, nikel metal hidrür gibi tekrar şarj olabilen bataryalara kıyasla daha yüksek enerji sağlar. Şekil 3.2'de yer alan bilgilere göre, Li-ion bataryaların enerji yoğunluğu diğer batarya tiplerine göre daha fazladır. Bu özellikleri sayesinde Li-ion bataryalar, daha uzun menzil ve daha yüksek performans sağlamaktadır (Nazri ve Pistoia, 2008).



Şekil 3.2: Farklı Batarya Çeşitlerinin Enerji Yoğunluğu Bilgileri

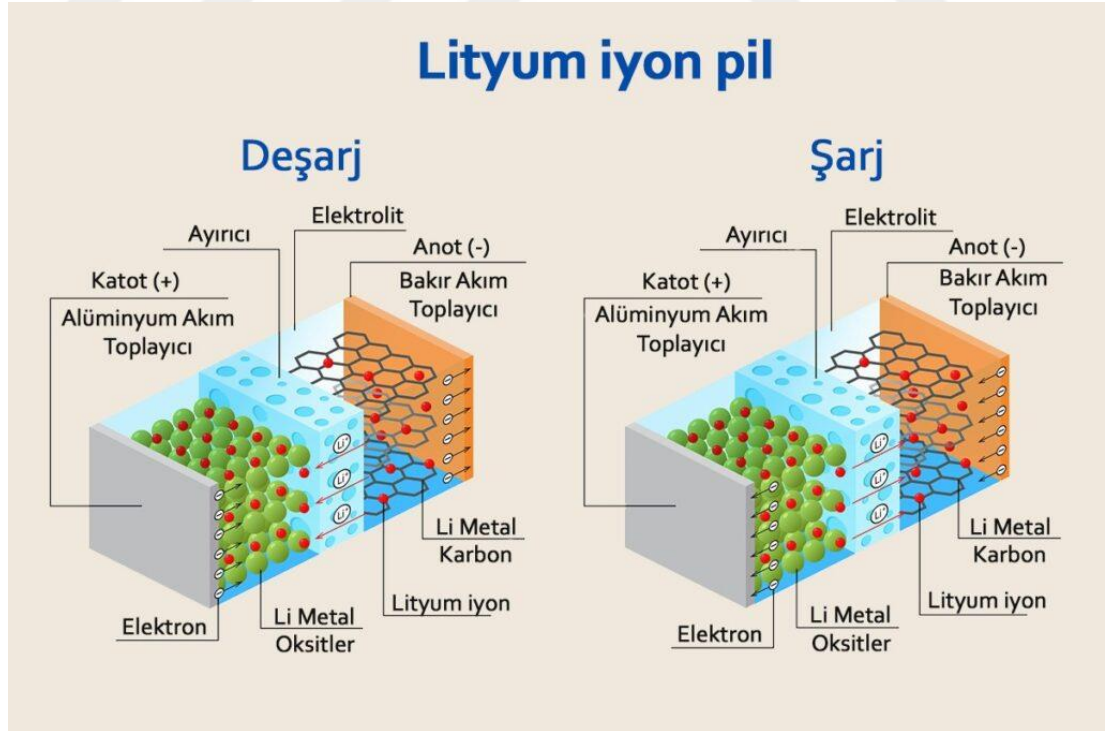
Kaynak: (Özsin, 2021)

Verilen grafikte görüldüğü üzere, Li-ion bataryaların diğer batarya türlerine kıyasla çok daha fazla enerji yoğunluğuna sahip oldukları açıkça ortaya konmuştur. Bu durum, üretici firmaların neden Li-ion bataryaları tercih ettiklerini anlamak için önemli bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü yüksek enerji yoğunluğu, lityum tabanlı bataryaların EA'larda daha uzun menzil sağlamasını ve daha yüksek performans sergilemesini mümkün kılar. Bu nedenle, üretici firmaların Li-ion bataryaları tercih etmeleri oldukça doğal bir tercih olarak karşımıza çıkmaktadır.

Teknolojinin ilerlemesiyle, lityum tabanlı bataryalar içinde en önemli gelişmelerden biri lityum hava (Li-air) bataryalarında görülmektedir. Li-air bataryaları, diğer lityum tabanlı bataryalara kıyasla daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmalarıyla öne çıkarlar. Bu durumun başlıca sebeplerinden biri, daha hafif bir

katot ile oksijenin çevrede rahatlıkla bulunabilmesi ve bataryada depolanmasının gerekmemesi olarak gösterilebilir. Li-air bataryalarının bu özellikleri, daha fazla enerji yoğunluğuna sahip olmalarını sağlar ve bu da EA’larda daha uzun menzil avantajı sağlar. Bu nedenle, Li-air bataryaları, gelecekte EA teknolojisinin gelişiminde önemli bir rol oynayabilir. Şu an için Li-ion bataryaları yerine gelebilecek en mantıklı batarya türü olarak değerlendirilmektedir. (Wikipedia, 2015).

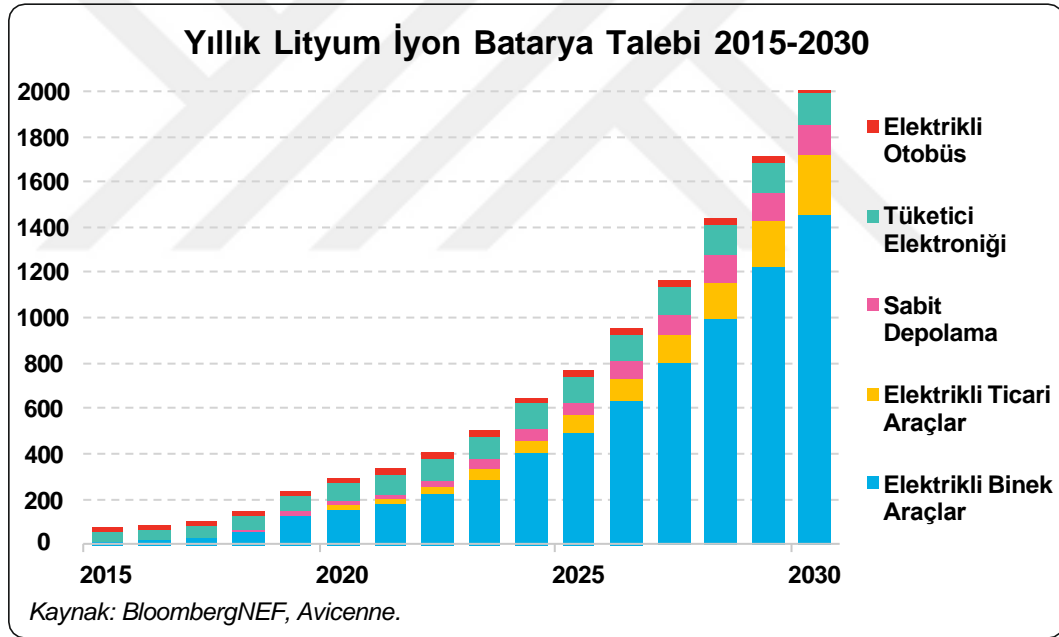
Li-ion bataryalar, elektrik akımı uygulandığında lityum iyonlarının bir elektrottan diğerine taşınmasıyla çalışır. Şarj işlemi sırasında, dış bir kaynaktan gelen elektrik akımı, lityum iyonları katot üzerinde biriktirir. Bu sırada anot üzerinde lityum iyonları depolanır. Deşarj işlemi ise tam tersi şekilde gerçekleşir. Elektrik enerjisi kullanıldığında, lityum iyonları anotun içinden katota doğru hareket eder ve bu sırada dış devreye elektrik akımı sağlanır. Bu şarj-deşarj süreci, lityum iyonların elektrotlar arasında hareket etmesiyle gerçekleşir. Li-ion bataryalar genellikle şarj edilebilir bataryalar olarak kullanılır çünkü bu süreç, bataryanın tekrar tekrar kullanılmasını sağlar. Bu süreçte lityum iyonlarının katot ve anot arasında hareket etmesi, bataryanın şarj ve deşarj olma kabiliyetini sağlar (Wei vd., 2022). Li-ion bataryaların şarj ve deşarj durumu Şekil 3.3’de yer almaktadır.



**Şekil 3.3:** Lityum İyon Bataryalarda Deşarj ve Şarj

**Kaynak:** (Alpkunt, 2021)

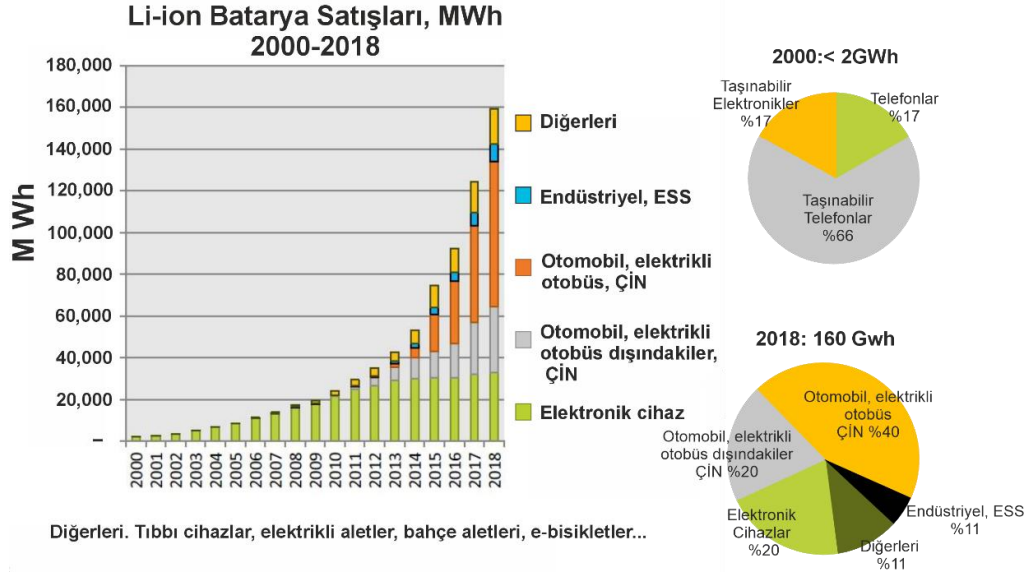
Li-ion bataryalar, üretildikleri andan itibaren büyük bir talep görmüşlerdir. Şekil 3.3'deki veriler, bu talebin ne kadar hızlı bir şekilde arttığını göstermektedir. Bu büyük talep, Li-ion bataryaların birçok farklı endüstride yaygın olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Mobil cihazlar, EA'lar, taşınabilir bilgisayarlar, güneş panelleri ve daha birçok uygulama, Li-ion bataryaların kullanım alanları arasındadır. Ancak, Li-ion bataryaların yoğun talebi, bazı zorlukları da beraberinde getirir. Özellikle, lityumun sınırlı doğal kaynakları ve bataryaların üretimi sırasında çevresel etkiler gibi konular dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm gibi konular Li-ion bataryaların kullanımında önemli bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, Li-ion bataryaların geniş bir kullanım alanı ve hızlı talep artışı, bu teknolojinin sürekli olarak geliştirilmesine ve iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu da gelecekte daha verimli ve çevre dostu batarya çözümlerinin ortaya çıkmasına katkı sağlayacaktır (Dalkıran ve Kaya, 2022).



**Şekil 3.4:** Yıllık Lityum İyon Batarya Talebi

**Kaynak:** (Avcı vd., 2020)

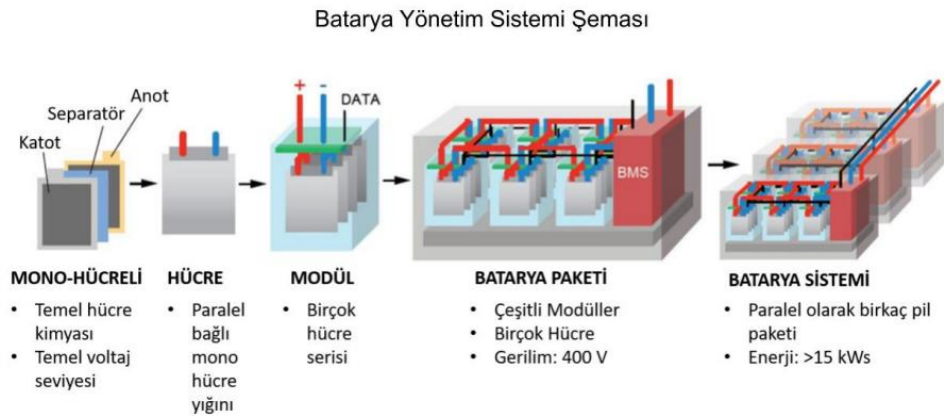
Li-ion batarya satışları her geçen gün artmaktadır. Şekil 3.4, 2000 ile 2018 yılları arasındaki dönemde Li-ion bataryalarının satış grafiğini göstermektedir. Bu grafik, Li-ion bataryalarının popülerliğinin ve talebin sürekli olarak arttığını göstermektedir. Bu artış eğilimi, Li-ion bataryalarının gelecekte de giderek daha yaygın ve önemli bir enerji depolama çözümü olmaya devam edeceğini işaret etmektedir (Avcı vd., 2020)



**Şekil 3.5:** Lityum İyon Batarya Satışları

**Kaynak:** (Pelissier , 2021)

Li-ion bataryalar incelendiğinde, genellikle bir sıralama ve hiyerarşik yapı gözlemlenir. Bu yapı şu şekildedir: Mono-hücreli yapılar, bu hücrelerin birleşmesiyle oluşan hücre grupları, hücre gruplarının bir araya gelmesiyle oluşan modüller, modüllerin bir araya gelmesiyle oluşan batarya paketi ve son olarak bu batarya paketlerinin bir araya gelmesiyle batarya sistemi oluşturulur. Şekil 3.5'te, bu hiyerarşik yapıyı gösteren bir batarya yönetim sistemi şeması bulunmaktadır. Bu şemada, bataryaların farklı seviyelerdeki bileşenlerinin nasıl bir araya geldiği ve yönetildiği detaylı olarak gösterilmektedir. Bu hiyerarşik yapı, bataryaların etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayarak performanslarını optimize etmeye yardımcı olur (Kazak ve Öncel, 2024).



**Şekil 3.6:** Batarya Yönetim Sistemi Şeması

**Kaynak:** (Avcı vd., 2020)

EA'lardaki batarya sistemleri, birçok batarya hücresinin bir araya getirilmesiyle oluşur. Örneğin, Tesla Model S gibi araçlarda, binlerce Panasonic marka Li-ion batarya hücresi kullanılarak bir batarya paketi oluşturulur. Tesla Model S'in batarya paketinde 7104 adet Panasonic marka Li-ion batarya hücresi bulunmaktadır. Bu batarya paketinin ağırlığı yaklaşık olarak 540 kilogramdır (Bulut, 2014). Batarya paketlerinin gücü, içerdikleri batarya hücrelerinin gücüne bağlıdır. Dolayısıyla, batarya ne kadar güçlüyse, aracın daha fazla menzil mesafesi kat etmesi beklenir. Bu nedenle, batarya sisteminin gücü ve kapasitesi, aracın performansı ve menzili üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Güçlü bir batarya, daha uzun menzil mesafesi ve daha iyi performans sunabilir. Bu da EA'ların daha çekici ve kullanışlı olmalarını sağlar (Wikipedia, 2022). Çizelge 3.4'te EA'larda kullanılan batarya özellikleri yazmaktadır.

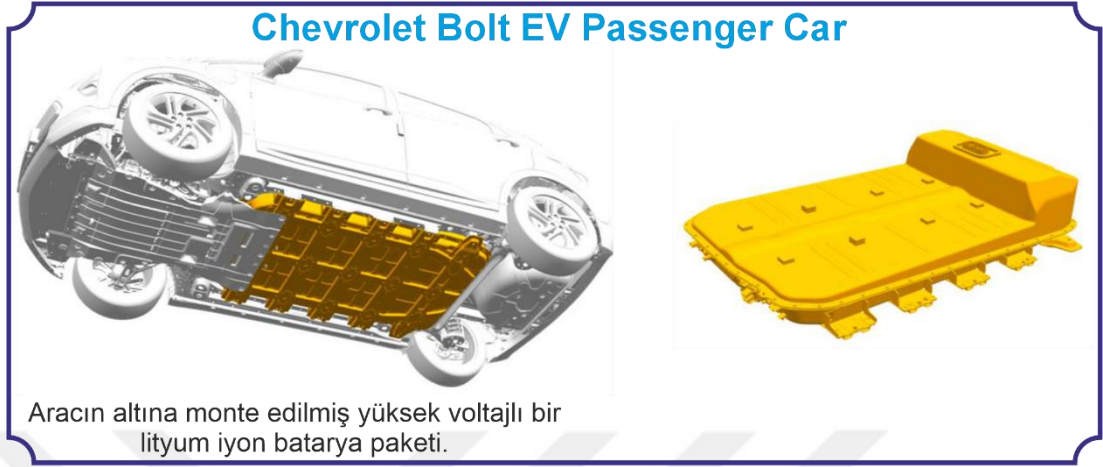
**Çizelge 3.4: Elektrikli Araçların Batarya Özellikleri**

Marka	Model	Batarya (kW)	AC Şarj	DC Şarj	Menzil (km)
Renault	Zoe	44,1	22	50	300
Audi	e-Tron	95	22	150	320
Porsche	Taycan	93,4	22	270	400
Tesla	Model S	75	16,5	100	417
Tesla	Model X	72,5	16,5	150	420
Tesla	Model 3	75	11	145	500
Puegeot	208 EV	46	11	100	340
BMW	i3	42,2	11	49	460
Opel	Corsa EV	46	11	10	330
Mini	Cooper SE	28,9	11	50	232
DS	Crossback	50	11	100	–
BMW	X3	74	11	150	420
Puegeot	2008 EV	46	11	100	310

**Kaynak:** (Uçay Mühendislik, 2022)

TEA'larda batarya genellikle aracın alt kısmına monte edilir. Bataryanın bu konumlandırılması aracın ağırlık dağılımını düzenler ve daha iyi bir denge sağlar. Ayrıca, alt kısımda yer alan batarya, aracın merkez ağırlık noktasını düşürerek daha

iyi bir yol tutuşu ve sürüş deneyimi sunar. Şekil 3.7'de bu konum görsel olarak gösterilmektedir. Bu yerleşim, bataryanın etkin bir şekilde korunmasını ve aracın genel aerodinamik performansını artırmasını sağlar.



**Şekil 3.7:** Tamamen Elektrikli Araçta Bulunan Batarya

Kaynak: (Chevrolet, 2022)

EA üzerinde bulunan bataryaların birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar arasında çevre dostu olmaları, düşük işletme maliyetleri, sessiz çalışmaları ve yüksek performansları sayılabilir. Ancak, batarya sistemlerinde yangın ve yüksek voltaj gibi potansiyel tehlikeler de vardır. Li-ion bataryaların kullanılması, özellikle yangın riskini artırabilir (Karamangil vd., 2023).

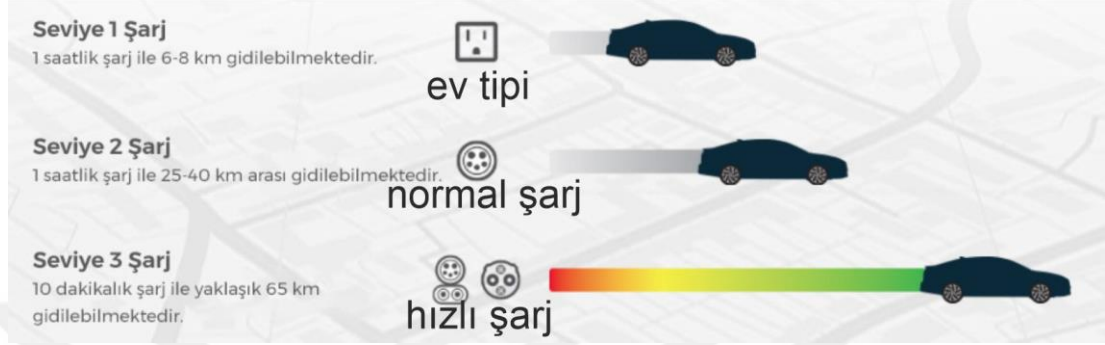
#### 4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA ELEKTRİK TEHLİKESİ

EA'larda kullanılan batarya sistemleri genellikle ortalama 400 voltluk bir gerilime sahiptir. Bu yüksek gerilim, aracın elektrikli çekiş motorunu beslemek için gereken enerjiyi sağlar. Bu gerilim seviyesi, aracın performansını etkileyen ve güç aktarımını sağlayan önemli bir faktördür. EA teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte, bu gerilim seviyesinin daha da artması beklenmektedir. Bu, daha yüksek performans, daha uzun menzil ve daha hızlı şarj imkanlarına olanak tanır (Örücü, 2011). TEA'ların içten yanmalı motorlu araçlardan en temel farkı, fosil yakıtlar yerine batarya ile çalışmalarıdır. Bu araçlar, yüksek voltajlı bataryalardan gelen enerjiyi kullanarak çalışan elektrikli çekiş motoruna güç sağlarlar. Özellikle 400 volt gibi yüksek bir voltajla çalışan bu bataryalar, aracın hareketini sağlamak için gerekli enerjiyi temin ederler. Bu durum, TEA'ların çevre dostu ve sıfır emisyonlu olmalarını sağlar. Ayrıca, içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla daha sessiz bir sürüş deneyimi ve daha düşük işletme maliyetleri sunarlar (Opel, 2023).

EA'ların voltajı, performansı ve menzili üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle EA'lar için doğru ve sağlıklı bir voltaj seçimi, aracın performansını ve batarya ömrünü belirleyen kritik bir faktördür. Örneğin, Tesla modelleri ve Nissan Leaf gibi popüler TEA'lar genellikle 400 volt ile çalışır. EA'larda kullanılan bataryalar, birçok hücreden oluşur ve her bir hücrede belirli bir şarj edilmiş voltaj bulunur. Toplam batarya voltajı, bu hücrelerin sayısına bağlıdır ve aracın gücünü belirler. Piyasada artık 800 volt gibi daha yüksek voltajlı TEA'lar da mevcuttur. Ancak, yüksek voltajın artması genellikle maliyeti artırır, çünkü daha yüksek voltaj daha fazla motor gücü anlamına gelir. EA'ların performansını belirleyen bir diğer faktör de menzildir. Ancak, menzil doğrudan voltajla ilişkili değildir. Bunun yerine, yüksek voltajlı bataryalar, aracın daha hızlı hızlanmasını ve yokuşları daha rahat tırmanmasını sağlar. Bununla birlikte, ne kadar büyük ve güçlü olursa olsun, yüksek voltajlı bataryalar aynı zamanda aracın ağırlığını artırır ve batarya ömrünü kısaltabilir. Örneğin, Tesla Model S gibi 800 voltla çalışan bir araç tek bir şarjla 465 km menzile sahipken, Tesla Model 3 gibi 400 voltla çalışan bir araç tek bir şarjla 500

km menzile sahiptir. Bu da gösteriyor ki, voltaj yüksekliği doğrudan menzili belirlemez; ancak elektrikli çekiş motorunun gücünü etkiler. (Elektrikli Garaj, 2022).

Bataryaları şarj etmenin üç farklı yolu vardır: ev tipi, normal ve hızlı şarj. Bu şarj tipleri, kullanıcının ihtiyacına ve mevcut şarj altyapısına göre farklı avantajlar sunar. Şekil 4.1, bu şarj tiplerinin ve seviyelerinin görsel bir temsilini sunmaktadır.



**Şekil 4.1:** Şarj Tipleri ve Seviyeleri

**Kaynak:** (Hedef Filo, 2023)

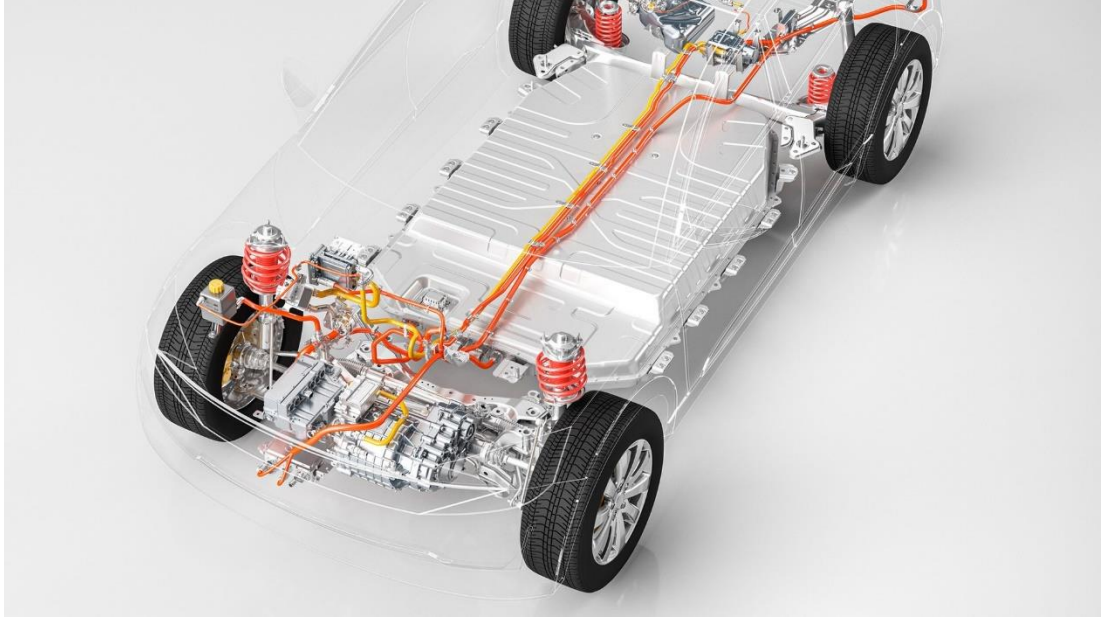
**Ev Tipi Şarj:** Ev tipi şarj, genellikle ev sahiplerinin araçlarını evlerindeki elektrik prizlerine bağlayarak kullandıkları bir şarj yöntemidir. Bu şarj yöntemi genellikle AC güç kaynağı kullanır ve araçları yavaş bir hızda şarj eder. Ev tipi şarj, gece boyunca veya araç uzun süre park edildiğinde kullanılarak aracın günlük ihtiyaçlarını karşılar.

**Normal Şarj:** Normal şarj, genellikle şehir içi noktalarda veya halka açık otoparklarda bulunan AC şarj istasyonlarında gerçekleştirilir. Bu şarj istasyonları, ev tipi şarja göre biraz daha yüksek bir şarj hızına sahiptir. Normal şarj, aracın bataryasını daha hızlı bir şekilde doldurarak kullanıcılara daha fazla esneklik sağlar.

**Hızlı Şarj:** Hızlı şarj, genellikle halka açık hızlı şarj istasyonlarında bulunan DC güç kaynakları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu şarj yöntemi, aracın bataryasını çok daha kısa sürede doldurabilir, bu da uzun mesafe seyahat eden veya acil durumda şarj ihtiyacı olan sürücüler için idealdir. Hızlı şarj, genellikle araç bataryasını yüzde 80 civarına kadar hızlı bir şekilde doldurabilir ve ardından şarj hızı yavaşlayarak bataryanın sağlığını korur. Bu şarj tipleri ve seviyeleri, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre çeşitlilik gösterir ve EA'lar için yaygın olarak kullanılan şarj yöntemleridir (Karapınar ve Daldaban, 2022).

Bataryalarda yüksek elektrik tehlikesi, özellikle olası kazalar veya yangınlar durumunda ortaya çıkabilir. Bu durumlarda, elektrik kaçağı riski artar ve araç içinde

veya çevresinde elektrik kaçakları oluşabilir. Araçların hasar görmesi sonucunda, özellikle yüksek voltajlı bataryaların zarar görmesiyle elektrik kaçaklarına daha sık rastlanabilir. Elektrik kaçağı, öncelikle araçta bulunan kişiler için ciddi bir tehlike oluşturur (Topal, 2023). Ayrıca, yangın veya kaza gibi durumlarda müdahalede bulunacak itfaiye ekipleri için de büyük bir risk oluşturur. Hatalı müdahaleler sonucunda bu ekiplerin elektrik akımına kapılma ihtimali oldukça yüksektir. EA'ların batarya sistemlerindeki yüksek voltajlı kablolar turuncu renkte belirtilir. Bu renk, yüksek voltajlı kabloların diğer kablolar arasında kolayca fark edilmesini sağlar. Müdahale sırasında itfaiye ekipleri ve diğer yardım ekipleri, turuncu renkli kablolarla temas etmekten kaçınarak güvenliklerini sağlamalıdır (Kazak ve Öncel, 2024). Şekil 4.2, turuncu renkli kabloların yüksek voltajlı kablolar olduğunu göstermektedir ve bu bilgi müdahale sürecinde hayati önem taşır.

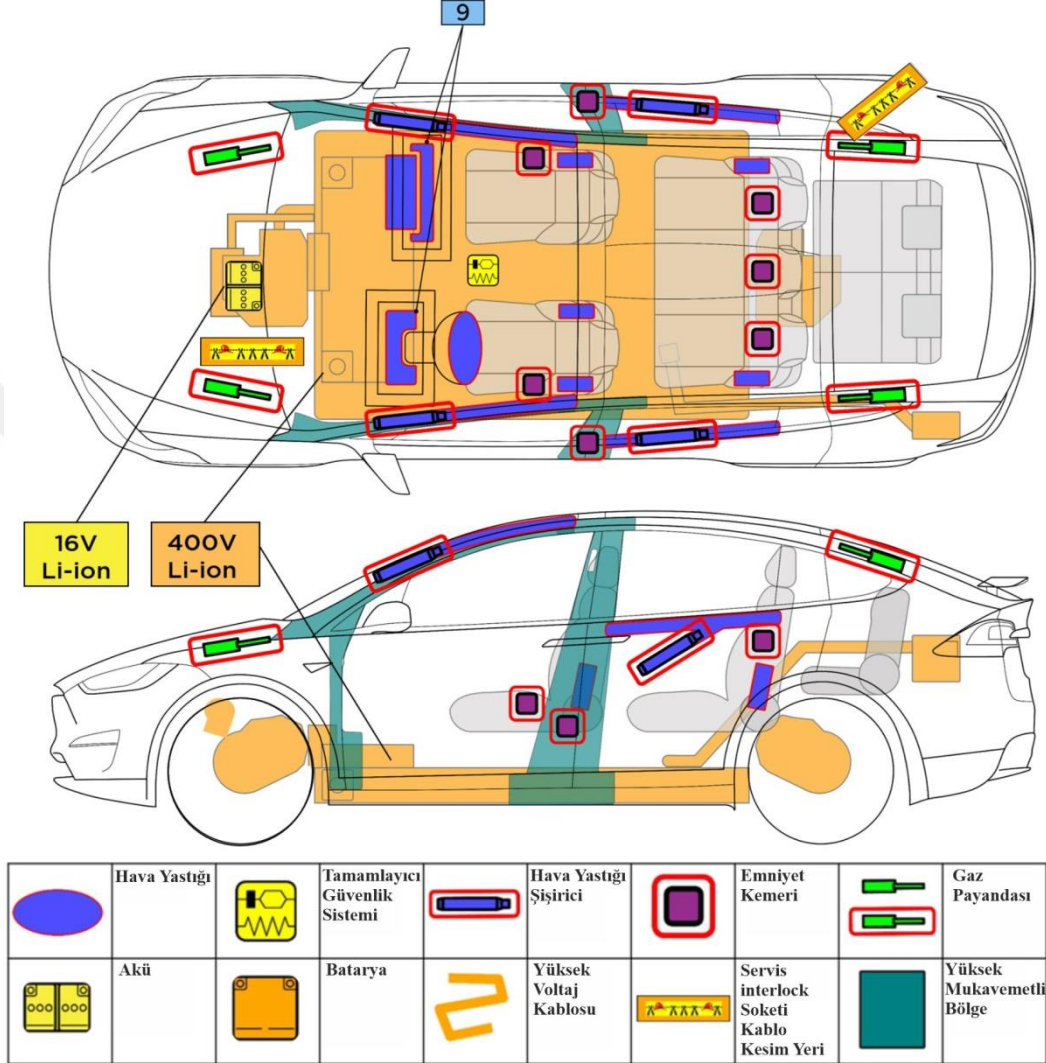


**Şekil 4.2:** Elektrik Araç Yüksek Voltaj Kabloları

TEA'lar, üretici firmalar tarafından çeşitli tasarımlarla üretilmektedir. Her ne kadar farklı tasarımlar olsada, genellikle birçok araçta benzerlikler gözlemlenir. Tesla Model X gibi EA'lar, bileşenleriyle bu benzerlikleri açıkça yansıtır. Şekil 4.3'te, Tesla Model X TEA'nın bileşenlerini gösteren bir görüntü yer almaktadır. Bu bileşenler arasında, batarya paketleri, elektrikli motorlar, güç kontrol üniteleri, hava yastıkları, servis interlock soketi gibi birçok sistem bulunur. Tesla Model X gibi TEA'lar karmaşık elektrikli sistemleriyle bilinir ve bu sistemlerin etkili bir şekilde çalışması, aracın performansı ve güvenliği açısından kritiktir. Şekil 4.3'teki bileşenlerin detaylı incelenmesi, TEA'ların iç yapılarının karmaşıklığını ve elektrikli

sistemlerin nasıl entegre edildiğini daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Bu görüntü, TEA teknolojisinin gelişimi ve gelecekteki tasarımların şekillenmesi açısından önemli bir kaynaktır (Tesla, 2022).

## TESLA MODEL X

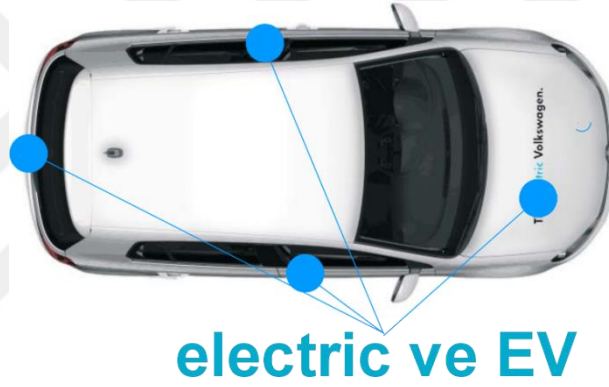


Şekil 4.3: Tesla Model X Elektrikli Araç Bileşenleri

Kaynak: (Tesla, 2022)

İtfaiye ekipleri, araç kazaları veya yangın olaylarına müdahale ederken, karşılarındaki aracın içten yanmalı motorlu araç mı, HEA'mı yoksa TEA'mı olduğunu belirlemek için aracın üzerindeki bagaj kapağı bölgesindeki elektrik veya EV yazısına bakarlar. Eğer araçta bu yazılar kaza veya yangın nedeniyle görünmüyorsa, itfaiye ekipleri aracın motor kısmını kontrol etmek için kaputu açarlar. Motor üzerinde elektrik veya EV yazısı bulunup içten yanmalı motor yoksa, bu aracın TEA olduğunu gösterir (Kazak ve Öncel, 2024). Kaput veya bagaj kapağında aracın türüne dair herhangi bir işaret bulunamadığında, itfaiye ekipleri

araç camında bulunan karekod uygulamasını kullanarak da araç hakkında bilgi alabilirler. Bu karekodlar, aracın üreticisi veya modeli hakkında detaylı bilgiler içerebilir. İtfaiye ekipleri bu kodları tarayarak aracın teknik özellikleri, güç kaynağı ve diğer önemli bilgiler hakkında bilgi sahibi olabilirler. Bu, araç türünü belirleme ve yangın veya kaza durumlarında doğru müdahaleyi gerçekleştirme konusunda ek bir kaynak sağlar. Bu yöntem, araçtaki geleneksel işaretlerin eksik veya okunamaz olduğu durumlarda oldukça faydalı olabilir (Güngör, 2022). Bu bilgi, itfaiye ekiplerinin doğru müdahale stratejilerini belirlemelerine yardımcı olur. Özellikle EA'ların yangın durumlarında riskleri farklıdır ve itfaiye ekipleri bu farklılıklara göre hareket etmelidir (Hyundai, 2021). Şekil 4.4'teki örnek resim, itfaiye ekiplerinin araç türünü belirlemede kullanabilecekleri bir görsel örnektir. Bu tür bilgilendirici işaretler, olay yerinde hızlı ve etkili bir müdahale için hayati öneme sahiptir.



**Şekil 4.4:** Elektrikli Araçta EV Yazısı

**Kaynak:** (Golf, 2012)

12 veya 16 volt aküler, genellikle aracın motor bölümünde yer alır. Bu aküler, aracın radyosu, hava yastıkları ve diğer standart elektrikli cihazları gibi bir dizi elektronik cihaza güç sağlar. Bununla birlikte, elektrikli çekiş motoru gibi ana elektronik sistemlere ve yüksek voltaj bağlantı kutusu gibi diğer önemli bileşenlere iletilen yüksek voltajlı akımı kontrol eden elektrikli güç kontrol ünitesine de enerji sağlarlar (Hyundai, 2021).

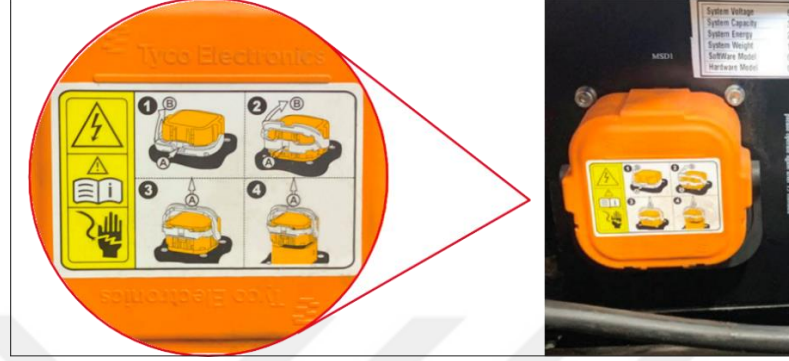
TEA'lar konusunda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, 12 veya 16 volt akülerin yüksek voltajlı bataryalardan ayrı olmasıdır. Bu akülerin, yüksek voltajlı kablolarla karıştırılmaması önemlidir çünkü bu kabloların tamir edilmesi uygun değildir, değiştirilmeleri gerekir. Herhangi bir müdahalenin teknik personel tarafından yapılması daha doğrudur. Ayrıca, araçlara müdahale ederken kullanılan ekipmanların izole edilmiş olması gerekmektedir. Özellikle Amerika'da satılan

EA'larda; itfaiye ekipleri, teknik personel ve kolluk kuvvetlerinin doğru ve güvenli müdahale yapabilmeleri için acil durum müdahale kılavuzu bulunması yasal olarak zorunludur. Bu kılavuzlar, acil durumlarda gereken prosedürleri adım adım belirleyerek tehlikeleri en aza indirmeyi amaçlar. Bu sayede, EA'larla ilgili müdahalelerin etkili ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanır. (Garanti Oto Servis, 2021). İtfaiye ekipleri, EA'larla ilgili bilgi sahibi olmalı ve olası bir müdahale durumunda doğru bir plan yapabilmelidirler. Bu bilgiler arasında aracın modeli ve tipi, batarya kapasitesi, elektrikli sistemlerin konumu ve yapıları gibi teknik detaylar bulunur (Akücüm, 2022).

İtfaiye ekipleri, bu bilgiler ışığında bir müdahale planı hazırlarlar. Bu plan, acil durumun ciddiyetine göre değişiklik gösterebilir. Örneğin, araçta bir yangın durumu söz konusuysa, yangının aküler veya diğer elektrikli sistemlerle nasıl etkileşime girebileceği hakkında bilgi sahibi olmak kritiktir. Buna ek olarak, acil durum müdahale ekipleri, EA'larda güvenli kesme noktalarını ve elektrikli sistemleri devre dışı bırakma prosedürlerini de bilirler. Bilgiye dayalı hazırlıklı olmak, itfaiye ekiplerinin ve diğer acil durum müdahale ekiplerinin EA'larla ilgili herhangi bir acil duruma etkili bir şekilde müdahale etmelerini sağlar ve bu da hem ekiplerin güvenliğini hem de genel halkın güvenliğini sağlamaya yardımcı olur (Topal, 2023).

Yüksek voltaj ile iletilen kablolar, SAE standartlarına göre turuncu renkte olmalıdır. EA'nın batarya sistemi devre dışı bırakılmak istendiğinde, servis bağlantı kesme tapası çıkartılır veya itfaiye bağlantı kesme kablosu kesilir. Ancak, aracın batarya sistemi devre dışı bırakılmadan önce araca dokunulmamalıdır. Dokunma kaçınılmazsa, elektrik çarpması ve dolayısıyla ölüm riski yüksektir. Sensör ve kontrol modülü bileşenleri, 12 veya 16 V akü devre dışı bırakıldıktan sonra 3 dakikaya kadar çalışabilirler. Bu nedenle, akünün eksi kutup başı çıkartıldıktan sonra müdahaleye başlamadan önce en az 3 dakika beklenmelidir. 12 veya 16 V akü devre dışı bırakılmadığı takdirde, hava yastıkları patlayabilir. İtfaiye ekipleri, 12 veya 16 V aküyü kesmeden önce camları indirmeli, kaputu ve arka bagajı açmalıdırlar. Aksi takdirde, güç kontrolleri çalışmayabilir. Akünün devre dışı bırakılmadan önce, aracın aniden yanlışlıkla veya kendi kendine çalıştırılma riskine karşı akıllı anahtar araçtan en az 2 metre uzakta bulunmalıdır. Bataryanın devre dışı bırakılması için servis bağlantı kesme tapası çıkartılmalıdır. Ancak, bu tapa batarya üzerinde bulunduğu için ulaşmak ve çıkarmak tehlikeli ve zor olabilir. Araç modeline göre kolay ulaşımı

olanlarda mevcuttur. Tapanın araçta nerede bulunduğu, kaput içinde yer alan ilk müdahale görevlisi bilgi etiketi sayesinde kolayca tespit edilir. Genel olarak servis tapası, araç bakımında veya batarya değişiminde devre dışı bırakmak için servis tarafından kullanılır. Şekil 4.5'te servis bağlantı kesme tapası görülebilir. Bu tapa, acil durumlarda müdahale için kritik bir öneme sahiptir (Hyundai, 2021).



**Şekil 4.5:** Servis Bağlantı Kesme Tapası

**Kaynak:**(Battle Motors, 2024)

Bataryayı devre dışı bırakmak için servis interlock soketi kablosu (itfaiye bağlantı kesme kablosu) çıkarılır ya da kesilir. Bu işlem, genellikle itfaiye ekibi tarafından gerçekleştirilir. Diğer kişilerin bu tür müdahaleleri yapması uygun değildir ve tehlikeli olabilir. İtfaiye bağlantı kesme kablosu, EA'nın bataryasını devre dışı bırakmak için kullanılan bir önlemdir. Şekil 4.6'da bu kablunun yerini gösteren bir resim bulunmaktadır. Bu tür önlemler, acil durumlarda güvenliğin sağlanması ve EA'nın kontrol altına alınması için hayati öneme sahiptir. Bu nedenle, bu tür müdahalelerin sadece eğitimli ve yetkili itfaiye ekipleri tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir (NFPA, 2022).

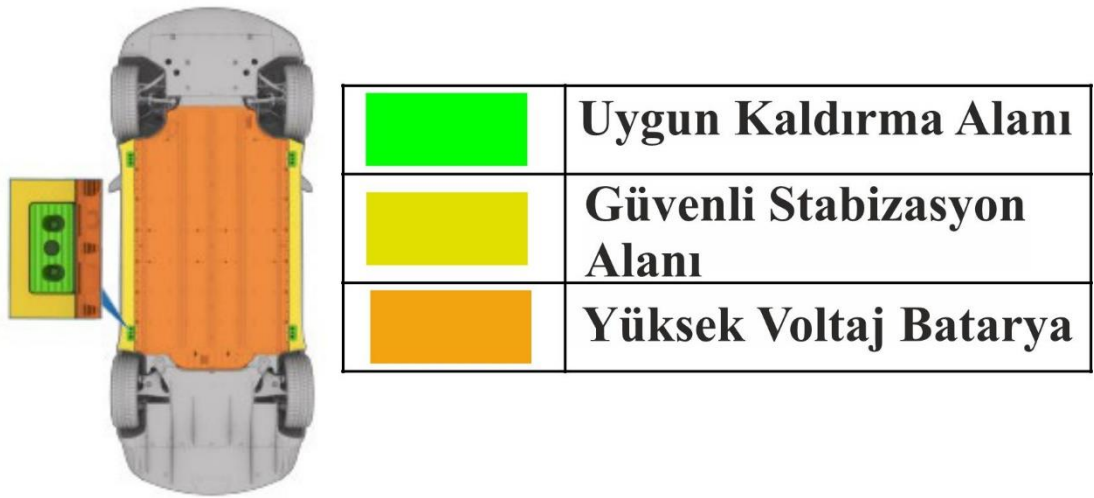
	Yolcu bölümündeki İtfaiye Bağlantı Kesme kablosunu gösterir.
	Motor bölümünde İtfaiye Bağlantı Kesme kablosunu gösterir.
	Araç bagaj bölümünde veya aracın arka kısmında bulunan İtfaiye Bağlantı Kesme Kablosunu gösterir.

**Şekil 4.6:** İtfaiye Bağlantı Kesme Kablosu

**Kaynak:** (Volkswagen, 2021)

İtfaiye bağlantı kesme kablosu, üzerinde itfaiye baret, makas ve kırmızı çizgiler olan bir etiketle belirtilir. Eğer batarya devre dışı bırakılmıyorsa, araçta hala yüksek voltaj olduğu unutulmamalıdır. Bu durumda, aracın batarya sistemi devre dışı kaldıktan sonra elektrik çarpma tehlikesini önlemek için en az 5 dakika yüksek voltaj sistemindeki kapasitörün boşalması beklenmelidir. Kaza veya yangın sonrası kablolar dışarı sarkabilir ve bu kablolarla temas riski oluşabilir. Bu durumda, temas etmekten kaçınılmalıdır çünkü bu kablolar hala yüksek voltaj taşıyabilir ve elektrik çarpması riski taşırlar. EA kazalarında veya yangınlarında kesme işlemi yapılacaksa, itfaiye ekipleri hava yastığı sistemi, yüksek voltaj kabloları ve batarya sistemi üzerinde kesme işlemi yapmamalıdır. Bu bileşenler, yüksek voltajlı ve potansiyel olarak tehlikeli olabilir. Bu nedenle, müdahaleler dikkatli bir şekilde planlanmalı ve gerektiğinde uzman ekipler tarafından gerçekleştirilmelidir (Hyundai, 2021).

TEA'lar sessiz çalıştığı için çalışıp çalışmadığı zor anlaşılabilir. Bu nedenle, aracın çalışıp çalışmadığını belirlemek önemlidir. Eğer araç çalışıyorsa, hemen durdurulmalıdır. TEA'lar sabitlenirken veya kaldırma işlemi yapılırken güvenli alanlardan sabitleme veya kaldırma işlemi yapılmalıdır. Şekil 4.7'de, güvenli kaldırma veya sabitleme alanları belirtilmiştir. Bu alanlar, aracın stabilitesini sağlamak ve herhangi bir olası kaza veya yaralanmayı önlemek için belirlenmiştir. Bu alanlar dikkate alınarak aracın sabitlenmesi veya kaldırılması, güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu sayede, araçta çalışma yapılırken veya bakım yapılırken güvenlik önlemleri en üst düzeyde tutulur (Markel, 2022).



**Şekil 4.7:** Tesla Model X Güvenli Sabitleme ve Kaldırma Alanı

**Kaynak:** (Tesla, 2022)

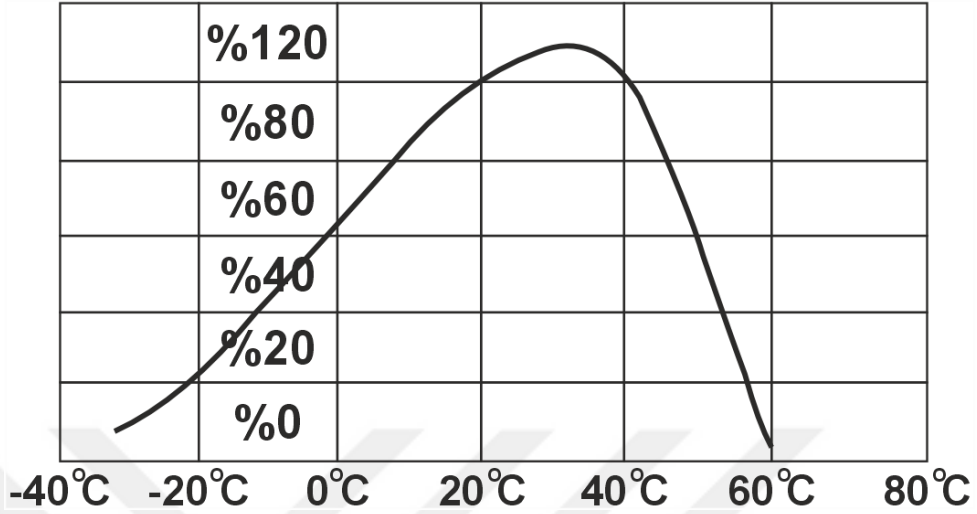
TEA kazalarında veya yangınlarında ortaya çıkabilecek yüksek voltaj tehlikesini unutmamak önemlidir. Müdahale sırasında yüksek voltajın potansiyel risklerini göz önünde bulundurarak kesim çalışmalarını dikkatle yapmak gerekir. Bu, itfaiye ekipleri veya diğer acil müdahale ekipleri için öncelikli bir güvenlik önlemidir. Yüksek voltaj tehlikesi bertaraf edildikten sonra, ikinci bir aşama olarak yangın safhası gelir. TEA yangınları, diğer içten yanmalı motorlu araç türlerine göre çok daha farklıdır ve farklı müdahale yöntemleri gerektirebilir. Bu nedenle, yangın söndürme işlemleri için özel eğitilmiş personel ve uygun ekipmanlar gerekebilir. TEA yangınları, batarya sistemlerinden kaynaklanan özel riskler taşıyabilir ve bu nedenle müdahaleler dikkatle planlanmalı ve uygulanmalıdır. Bu tür yangınların kontrol altına alınması ve söndürülmesi, klasik içten yanmalı motorlu araçlardan farklı stratejilere ve tekniklere ihtiyaç duyabilir. Bu nedenle, acil durum ekipleri bu tür senaryolar için özel olarak eğitilmelidir ve gerektiğinde uygun önlemler alınmalıdır (Kazak ve Öncel, 2024)

## 5. ELEKTRİKLİ ARAÇ YANGINLARI

TEA yangınlarının söndürülmesi, içten yanmalı motorlu araçlara göre daha zor olabilir. Bu, TEA'ların tasarımının içten yanmalı motorlu araçlardan farklılık göstermesinden kaynaklanır. TEA'lar, içten yanmalı motorlu araçlardan farklı tasarım özelliklerine sahiptir. Özellikle Li-ion bataryaların kullanımı, TEA'ların çalışma dinamiklerini etkileyen önemli bir faktördür. Bu bataryaların çalışma sıcaklık parametresi normal seyirde olduğunda, enerji tam alınır ve araç güvenli bir şekilde çalışır. Ancak, sıcaklık parametresi düşük veya yüksek olduğunda, batarya üzerinde olumsuz etkiler görülebilir. Li-ion bataryalarda yaşanacak sıcaklık artışı sonrasında termal kaçaklar meydana gelebilir ve bu da yangınlar veya patlamalarla sonuçlanabilir. Bu tür ısınma genellikle şarj veya deşarj durumlarından kaynaklanır. TEA yangınlarının söndürülmesi, Li-ion bataryaların özel özellikleri ve yangın riskinin daha karmaşık olması nedeniyle içten yanmalı motorlu araçlardan daha zor olabilir. Bu nedenle, TEA'ların yangın risklerine karşı uygun önlemler alınmalı ve yangın söndürme prosedürleri özel olarak planlanmalıdır (Kılınç, 2022).

Li-ion bataryalar, optimal performans ve güvenilirlik için belirli sıcaklık aralıklarında çalışmalıdır. Genellikle, Li-ion bataryalar için güvenli ve sağlıklı çalışma aralığı  $-20^{\circ}\text{C}$  ile  $+60^{\circ}\text{C}$  arasında olmalıdır. Bu sıcaklık aralığı, bataryanın en iyi performansını sağlamak ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için belirlenmiştir. Şekil 5.1'de, Li-ion bataryanın sıcaklık ve güç ilişkisini gösteren veriler sunulmaktadır. Bu veriler, bataryanın farklı sıcaklık seviyelerindeki performansını ve güvenli çalışma sınırlarını göstermektedir. Sıcaklık arttıkça veya azaldıkça, bataryanın çıkış gücü ve performansı üzerinde belirgin değişiklikler olabilir. Bu nedenle, bataryanın çalışma sıcaklığı belirli bir aralıkta tutulmalıdır. Bataryanın aşırı sıcaklık veya soğukta maruz kalması, performansının düşmesine veya hatta zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle, özellikle aşırı sıcaklık veya soğuk hava koşullarında, Li-ion bataryaların performansını ve sağlığını korumak önemlidir. Bu bilgiler, kullanıcıların Li-ion bataryalarını doğru bir şekilde kullanmasını ve depolamasını sağlamak için önemlidir. Belirli sıcaklık aralıklarında

kullanılmayan veya depolanan bataryalar, ömrünü kısaltabilir veya güvenlik riski oluşturabilir. Bu nedenle, bataryaların belirli sıcaklık koşullarına maruz kalmadan korunması ve bu koşullarda kullanılması önemlidir (Özcan vd., 2021).



Şekil 5.1: Lityum İyon Batarya Sıcaklık ve Güç Orantısı

Kaynak: (Kılınç, 2022)

Li-ion bataryalarının yanmasına neden olan etkenlerden biri kısa devredir. Kısa devre, bataryanın içindeki kimyasal reaksiyonlara neden olan anormal bir elektrik akımı döngüsüdür. Kısa devre oluşmasına sebep olan etkenler arasında şunlar bulunur:

**Mekanik hatalar:** Bataryanın iç veya dış kısmında meydana gelen fiziksel hasarlar veya deformasyonlar, kısa devre oluşumuna yol açabilir.

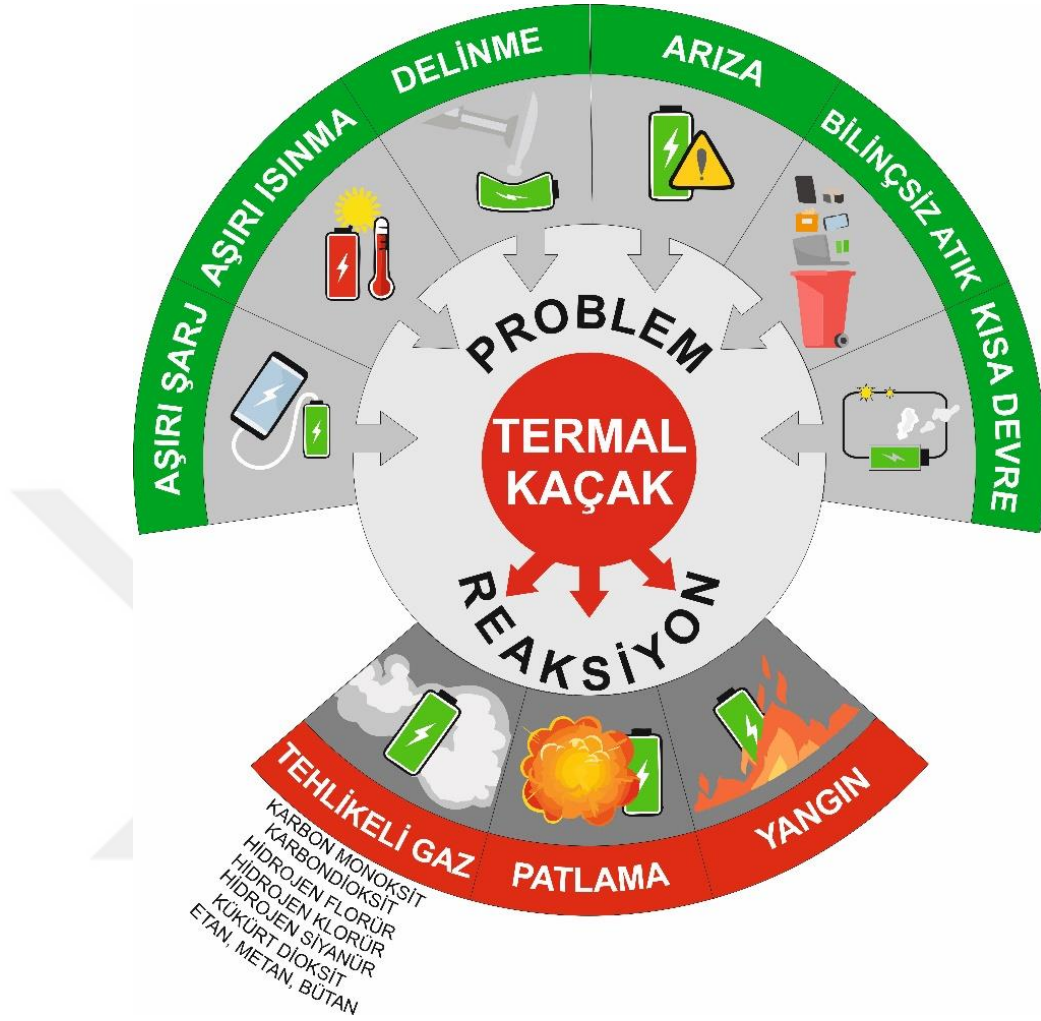
**Darbe alması veya kesilmesi:** Bataryaların darbe alması veya kesilmesi sonucunda iç yapılarında hasarlar meydana gelebilir ve kısa devre riski artar.

**Metal parçalarının batarya kısmına girmesi:** Dışarıdan gelen metal parçaların bataryanın içine girmesi, iç devreler arasında kısa devre oluşturabilir.

**Üretim hataları:** Bataryaların üretim sürecinde yaşanan hatalar, iç devrelerin hasar görmesine ve kısa devre oluşumuna neden olabilir (Kazak, 2024)

Ayrıca, bataryaların aşırı şarj, düşük şarj veya aşırı sıcaklık artışları gibi durumlarda da kısa devre oluşabilir. Bu durumlar, bataryanın içindeki kimyasal reaksiyonların dengesini bozarak kısa devre riskini artırır. Bu sebeplerden dolayı, bataryaların doğru şekilde kullanılması, korunması ve muhafaza edilmesi önemlidir.

Şekil 5.2'de Li-ion batarya yanmasına sebep olan etkenlerin bir görseli bulunmaktadır (Kılınç, 2022).



Şekil 5.2: Lityum İyon Batarya Yanmasına Sebep Olan Etkenler

Kaynak: (Kazak, 2024)

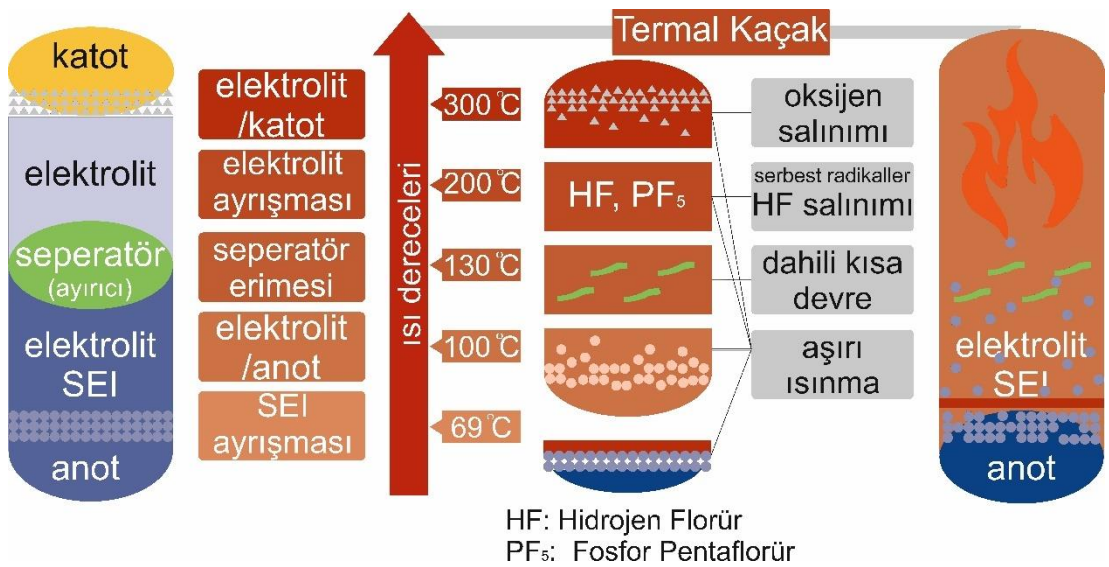
Li-ion bataryaların ısınması sonucunda aşağıdaki olumsuzluklar görülebilir:

- Isınma başlar ve sonrasında sıcaklık artışı hızlı bir şekilde başlar. Bu, bataryanın içindeki kimyasal reaksiyonların hızlanmasıyla gerçekleşir.
- Bataryanın katmanları erimeye başlar. Yüksek sıcaklık, bataryanın yapısal bütünlüğünü bozar ve katmanları eritir.
- Isınan elektrotlar yanabilir ve yanması sonucunda ortama zehirli gazlar çıkabilir. Bu gazlar, insan sağlığı için tehlikeli olabilir ve yangının kontrolünü zorlaştırabilir.

- Katmanlar arasında bulunan seperatör eriyebilir ve kısa devre olma ihtimalini artırabilir. Kısa devreler, bataryanın hızla boşalmasına ve yangın riskinin artmasına neden olabilir.

- Katmanlar içinde bulunan katot erimesi sonrasında oksijen yayabilir. Bu durum, yangının daha hızlı yayılmasına ve kontrol edilmesinin zorlaşmasına yol açabilir (Kılınç, 2022).

Bataryanın normal sıcaklık aralığının dışında artış yaşanması durumunda, yanma riski kaçınılmaz hale gelebilir. Özellikle sıcaklığın 70-90 °C aralığına çıktığında, batarya hücresinde bulunan koruyucu sistemler bozulabilir ve ortama hidrokarbon gazı yayılabilir. Bu gazın açığa çıkması yangına neden olmaz, ancak bataryanın ısınmasına ve potansiyel olarak zarar görmesine yol açabilir. Sıcaklık 180-200 °C'ye ulaştığında, batarya içindeki katot reaksiyona girerek ortama oksijen salabilir. Bu, yangın üçgeninin tamamlanması anlamına gelir. Oksijenin varlığıyla birlikte, yanma süreci başlayabilir. Yanma gerçekleştikten sonra, batarya içerisinde bulunan alüminyum koruyucu eriyerek 600 °C'ye kadar yükselebilir. Ancak, batarya içinde bozulacak başka bir şey olmadığından, sıcaklık genellikle 900 °C'nin üzerine çıkmaz. Bu süreç, Li-ion bataryaların aşırı ısınması sonucu meydana gelen yangın olaylarında görülen tipik bir senaryoyu özetler. Bu nedenle, bataryaların aşırı ısınmasını önlemek için uygun koruyucu önlemler alınmalı ve gerektiğinde yangın söndürme ekipmanları kullanılmalıdır (Kılınç, 2022). Şekil 5.3'te Li-ion bataryalarda termal kaçakların süregelen ilerlemesi görülmektedir.



**Şekil 5.3:** Lityum İyon Bataryalarda Süregelen Termal Kaçak

**Kaynak:** (Gezhi-test, 2022).

Li-ion bataryaların aşırı şarj veya düşük şarj durumlarında istenilen performansı vermemesi ve batarya ömründe azalma meydana gelmesi oldukça yaygın bir sorundur. Ayrıca, EA bataryalarının kaza durumunda delinme ihtimaline karşı aracın alt kısmının güçlendirilmesi önemlidir. Bu önlem, bataryanın fiziksel hasar almasını ve potansiyel yangın riskini azaltmaya yardımcı olur. Li-ion bataryalar, EA'larda en az hasar alabilecek yerlere yerleştirilir ve bu da olası kaza durumlarında bataryanın korunmasına yardımcı olur. Yangın riski sadece aşırı şarj veya düşük şarj gibi batarya içi faktörlerle sınırlı değildir. Şarj kablolarının zarar görmesi, çevrede yanıcı maddelerin bulunması, kundaklama veya elektriksel kısa devre gibi dış faktörler de yangın riskini artırabilir. Bu nedenle, bataryaların güvenli bir şekilde kullanılması ve korunması önemlidir. Ayrıca, olası yangın durumlarında hızlı müdahale ve yangın söndürme ekipmanlarının kullanılması da hayati öneme sahiptir (Kılınç, 2022).

EA'da bulunan bataryada termal kaçak durumda hidrojen ( $H_2$ ), hafniyum (Hf), karbon monoksit (CO), karbondioksit ( $CO_2$ ), etilen ( $C_2H_4$ ), fosforil florür ( $POF_3$ ), fosfor pentaflorür ( $PF_5$ ) ve kükürt dioksit ( $SO_2$ ) gibi zehirli, yanıcı, patlayıcı, parlayıcı gazlar ve kıvılcımlar gibi durumlar görülür (Kazak, 2023). EA yangını sırasında ortaya çıkan gaz salınım hızı, normal gaz üretim hızından düşükse, patlama olasılığı düşüktür. Bu durum, gazların yavaşça dışarı yayıldığı ve yoğun bir birikim olmadığı anlamına gelir. Ancak, normal gaz üretim hızından daha yüksek bir gaz salınımı durumunda, patlama riski artabilir çünkü gazlar hızla birikir ve patlayıcı bir atmosfer oluşturabilirler. Emniyet valfi, termal kaçak sonrası oluşan gazların dışarı atılmasını sağlar. Bu valf, aşırı basınç altında oluşan gazların kontrolsüz bir şekilde birikmesini engeller ve patlama riskini azaltır. Termal kaçak durumunda, bataryadan gazlar salınabilir ve bu gazlar emniyet valfi aracılığıyla kontrollü bir şekilde dışarı atılır. Bu, potansiyel olarak tehlikeli bir durumu önlemeye yardımcı olur ve yangının kontrol altına alınmasına katkı sağlar. Emniyet valfi, EA bataryalarının güvenliği için kritik bir önlem olarak kabul edilir. Bu valf, batarya sisteminin aşırı basınç altında olması durumunda güvenlik sağlayarak patlama riskini en aza indirir. Bu nedenle, EA'lar için tasarlanmış emniyet valfleri, yangın güvenliği açısından hayati öneme sahiptir (Alyar, 2022).

EA yangınları genellikle dört kategoride incelenir:

**Park halinde oluşan yangınlar:** EA'lar park halindeyken, genellikle batarya sistemi veya elektrikli bileşenlerde meydana gelen arızalar sonucunda yangınlar çıkabilir. Bu durumda, araç kullanılmıyor olsa bile yangın riski vardır.

**Şarj sırasında oluşan yangınlar:** EA'lar şarj edilirken, şarj cihazlarında veya batarya sistemlerinde meydana gelebilecek arızalar nedeniyle yangınlar çıkabilir. Bu durum, araç şarjdayken veya şarj işlemi sırasında meydana gelebilir.

**Trafik kazaları gibi olaylar sonucunda oluşan yangınlar:** Trafik kazaları, EA'ların karıştığı diğer araçlarla çarpışması veya çeşitli nedenlerle meydana gelebilir. Bu tür kazalar sonucunda, batarya sistemi veya elektrikli bileşenler hasar görebilir ve yangın riski artabilir.

**Kundaklama veya aracın yakınında çıkan yangın gibi durumlarda oluşan yangınlar:** Bazı durumlarda, EA'lar kundaklanabilir veya araç yakınında bulunan yanıcı maddelerin etkisiyle yangın çıkabilir. Bu tür durumlar dış etkenlerden kaynaklanan yangın risklerini içerir (Alyar, 2022).

Bu dört kategori, EA'ların maruz kalabileceği çeşitli yangın risklerini temsil eder ve yangınların çıkma nedenlerini genel olarak sınıflandırır. Bu nedenle, EA'ların güvenliği için yangın risklerinin her bir kategoride dikkate alınması önemlidir.

Dünyamızda yaşanmış bazı EA yangınları aşağıda verilmiştir;

- 7 Haziran 2008'de Toyota Prius aracı taşıma sırasında kendiliğinden tutuşma yaşandı. Batarya içerisindeki bağlantıların hatalı birleştirilmesi sonucunda çıkmıştır.
- Haziran 2011'de bir Chevrolet araç kazadan 3 hafta sonra kendiliğinden alev aldı.
- 18 Ekim 2011'de Tesla Model S aracı Meksika'da aşırı hız neticesinde alev aldı.
- Mayıs 2012'de Nissan GTR kaza yaptı sonrasında yangın çıktı. Yangının yüksek voltaj kablolarında kısa devre yaşanması sonucunda çıkmıştır.
- 29 Ekim 2012'de Sandy kasırgası sonucunda Toyota Prius araç yanma yaşandı.
- 18 Mart 2013'te Mitsubishi i-MiEV aracı şarj sırasında alev aldı.
- 1 Ekim 2013'te Bir Tesla Model S aracı seyir halindeyken enkaza çarpması sonucu alev aldı.

- 13 Ağustos 2019 Güney Kore’de Kona marka araç şarj esnasında alev aldı (Brzezinska ve Bryant, 2022).

- Temmuz 2023’te Hollanda açıklarında gemi içinde bulunan 3700 araç yanmıştır. 498’i EA olduğu tespit edildi. Yangın EA bataryasından çıktığı saptandı (Özkan, 2023).

- Ekim 2023’te Tuzla’da tır dorsesinde bulunan 6 adet EA alev almıştır (Atak ve Akdağ, 2023).

- Mart 2024’te Kayseri’de TESLA EA, sağanak yağmur sebebiyle yoldan çıkarak orta refüjdeki ağaca çarptı. Çarpmanın etkisiyle alev aldı (Kazak, 2024).

EA yangınları söndürüldükten sonra tekrar alev alma ihtimaline sahiptir. Bu durum, özellikle batarya hücrelerindeki yarı iletken malzemelerin içindeki kimyasal reaksiyonlar nedeniyle olabilir. Yangın söndürme işlemi sırasında, batarya hücrelerinin içindeki ısıyı tamamen ortadan kaldırmak zor olabilir ve bu da bataryanın içindeki hücrelerdeki malzemelerin yeniden alev almasına neden olabilir. Ayrıca, yangının söndürülmesi sırasında bataryaların içinde oluşabilecek hasarlar veya kısa devreler de tekrar alev almayı tetikleyebilir. Özellikle bataryaların içindeki bileşenlerin hasar görmesi durumunda, tekrar alev alması riski artabilir.

### 5.1 İtfaiye Ekiplerinin Elektrikli Araç Yangınlarına Müdahalesi

EA yangınlarının söndürülmesi gerçekten zorlu ve kapsamlı bir müdahale gerektirebilir. Bu tür yangınlarla mücadelede dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalar bulunmaktadır:

**Söndürme için gerekli su miktarı:** EA yangınlarını söndürmek için genellikle büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyulur. Tahmini olarak, 25-60 ton su gerekebilir.

**Söndürme ve soğutma için önerilen akış hızı:** Yangının etkili bir şekilde kontrol altına alınması için suyun belirli bir akış hızıyla püskürtülmesi gerekir. Genellikle önerilen akış hızı, dakikada 200 litre civarındadır.

**Bataryanın bulunduğu zorlu konum:** EA bataryaları genellikle aracın alt kısmında yer alır, bu da müdahaleyi zorlaştırabilir.

**İnert veya kimyasal söndürücülerin kullanımı:** Su dışında, inert veya kimyasal söndürücüler de kullanılabilir. Ancak, bu söndürücülerin yangın sırasında kimyasal reaksiyonları nedeniyle dikkatli kullanılması gerekir.

**Güvenlik mesafeleri:** Yangın sırasında çevredeki yapılar, yanıcı maddeler ve diğer araçlardan en az 15 metre mesafelerde bulunmaları sağlanmalıdır. EA yangını sonrası konumu çevreden en az 300 metre uzakta bulunmalıdır.

**Kapalı alanlarda bulundurulmaması:** EA yangını söndürüldükten sonra tekrar alev alma olasılığı göz önüne alındığında, araç kapalı alanlarda bulundurulmamalıdır.

**Uyarı levhaları:** Yangın sırasında müdahale eden ekip ve çevrede bulunan insanlar için güvenlik amaçlı olarak araçtan 10 metre uzaklıkta uyarı levhaları yerleştirilmelidir (Brzezinska ve Bryant, 2022).

EA yangını söndürüldükten sonra en az 24 saat boyunca termal kameralar kullanılarak sıcaklık takibi yapılması önemlidir. Bu süre boyunca, bataryada oluşabilecek potansiyel ısınma veya termal kaçakları tespit etmek ve gerektiğinde yeniden alev alma riskini önlemek için düzenli olarak kontrol edilir. Bu önlem, yangının tamamen kontrol altına alındığından ve bataryadaki sıcaklık seviyelerinin normale döndüğünden emin olmak için alınır. Şekil 5.4'te dikkat yüksek voltaj levhası yer almaktadır. Bu levha, yakındaki kişilere veya kurtarma ekiplerine, aracın yüksek voltaj sistemine sahip olduğunu ve bu nedenle ekstra dikkat gerektirdiğini belirtmek için kullanılır. Bu levha, güvenlik açısından önemli bir uyarı işaretidir ve yangın müdahalesi sırasında ve sonrasında dikkatlice dikkate alınmalıdır (Tesla, 2022).



**Şekil 5.4:** Dikkat Yüksek Voltaj Levhası

EA yangınları için su dışında kullanılan alternatif söndürme ekipmanları arasında yangın battaniyeleri, su dolu araç daldırma kabı gibi çeşitli araçlar bulunmaktadır. Özellikle araç yangını söndürülürken, aracın vinç ile kaldırılabilir durumdaysa, su dolu araç daldırma kabı içine alınması tercih edilir. Ancak, yangının büyüklüğü nedeniyle bu işlem uygulanamıyorsa, söndürme işlemi gerçekleştirildikten sonra yangının tekrar alev alma riskine karşı, su dolu araç daldırma kabı içine araç konulmalıdır. Bu tür su dolu araç daldırma kaplar, ortamda oluşabilecek patlama veya alev alma riskini azaltmak için tasarlanmıştır. Su dolu araç daldırma kabı, yangını kontrol altına almak ve soğutmak için kullanılır. Bu su dolu araç daldırma kaplar, yangının etkili bir şekilde söndürülmesine yardımcı olurken, çevreye zararlı gazların yayılmasını da önler. Şekil 5.5'te, EA yangınları için su dolu araç daldırma kabının nasıl kullanılabileceğini gösteren bir görüntü bulunmaktadır. Bu su dolu araç daldırma kapları, yangınla mücadelede önemli bir araç olarak kullanılmaktadır ve yangının kontrol altına alınmasına yardımcı olur.



**Şekil 5.5:** Su Dolu Araç Daldırma Kabı

**Kaynak:** (Kılınç, 2022)

EA yangınlarına müdahalede su dışında yangın battaniyeleri de kullanılmaktadır. Yangın battaniyeleri, yangının kontrol altına alınması ve alevlerin yayılmasının önlenmesi için etkili bir şekilde kullanılabilirler. Bu battaniyeler, yanmış bir aracın üzerine örtülerek alevlerin sönmesine yardımcı olur ve yangının daha fazla yayılmasını engeller. Şekil 5.6'da, yanmış bir araca yangın battaniyesi ile müdahale eden bir itfaiye ekibi görülmektedir. Bu görüntü, yangın müdahalesinde yangın battaniyelerinin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Yangın battaniyeleri,

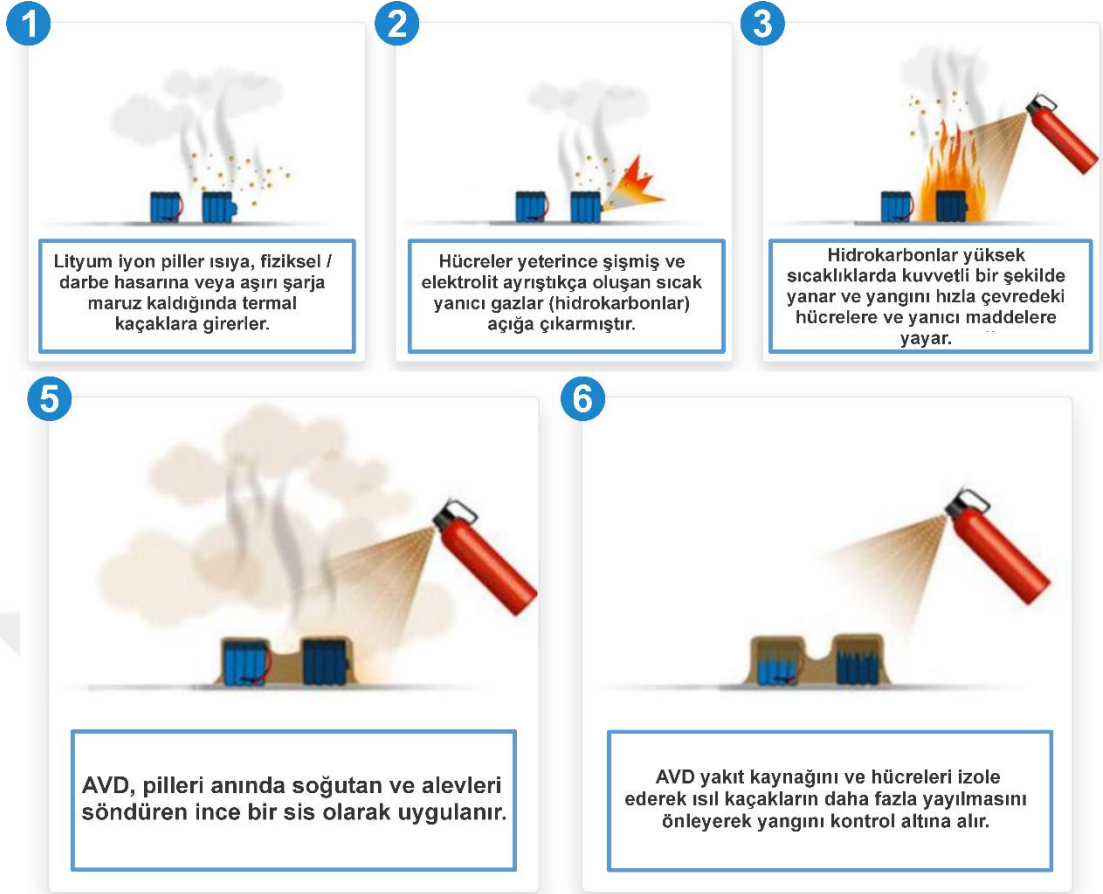
yangın sırasında hızlı bir şekilde kullanılabilir ve yangının kontrol altına alınmasına yardımcı olabilirler. Bu nedenle, itfaiye ekipleri tarafından yangın müdahalesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar.



**Şekil 5.6:** Yangın Battaniyesi

**Kaynak:** (Zarifoglu, 2019)

Li-ion batarya yangınları için özel olarak tasarlanmış bir yangın söndürme cihazı olan SVD, genellikle bilgisayarlar, telefonlar ve telsiz gibi küçük elektronik cihazlardaki küçük batarya yangınları için kullanılmaktadır. Bu cihaz, vermikülit parçacıkları kullanılarak tasarlanmıştır. Vermikülit parçacıkları, yangını söndürmek için kullanılır. Bu parçacıklar, yangının etrafını saran bir kapak oluşturarak oksijenin yangına erişimini engeller. Ayrıca, yangını soğutmak için de etkili bir şekilde kullanılırlar. Vermikülit malzemesi buharlaştıkça, vermikülit trombositleri birikmeye başlar ve yangın kontrol altına alınır. Ancak, SVD yangın söndürme cihazı genellikle küçük batarya yangınları için kullanıldığından, TEA yangınları gibi daha büyük ölçekli yangınlarda etkili olmayabilir. Bu nedenle, daha büyük hacimli tüplerin üretilip EA yangınlarında kullanılması için yeni bir sistem geliştirilmesi gerekebilir. Şekil 5.7'de SVD yangın söndürme cihazının kullanım aşamalarını gösteren bir görsel bulunmaktadır. Bu aşamalar, cihazın nasıl kullanıldığını ve yangının nasıl kontrol altına alındığını göstermektedir. Bu tür özel yangın söndürme cihazlarının geliştirilmesi, Li-ion batarya yangınlarına karşı daha etkili müdahale imkânı sağlayabilir (PROTEK Mühendislik, 2021).









**Şekil 5.7:** Sulu Vermikülit Dağılımı Yangın Söndürme Cihazı Kullanım Aşaması

**Kaynak:** (PROTEK Mühendislik, 2021)

EA yangınlarına müdahalede, yangının söndürülmesi sırasında güvenliği sağlamak için Temiz Hava Solunum Cihazları (THSC) ve Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD'lar) kullanılması önemlidir. Çünkü bu tür yangınlar sırasında ortaya çıkan dumanlar ve gazlar zararlı olabilir ve solunum yoluyla alındığında ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir (Hyundai, 2021). THSC'si itfaiye personeline temiz hava sağlama için kullanılır. KKD'de yangın müdahalesi sırasında vücudu dış etkenlerden korumak için kullanılır. Bu donanımlar arasında alev almaz kıyafetler ve eldivenler, yüz ve göz koruyucuları gibi ekipmanlar bulunur. Bu ekipmanlar, yangın sırasında yangına maruz kalan ekip üyelerini korumak için tasarlanmıştır. Bu ekipmanların kullanımı, yangın söndürme operasyonlarının etkin ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Ayrıca, yangın müdahalesi sırasında ekip üyelerinin sağlığını korur ve olası yaralanma veya hastalıkların önlenmesine yardımcı olur (Kırtaş ve Altundağ, 2022). Bu nedenle, EA yangınlarına müdahalede THSC ve KKD'lerin kullanılması büyük önem taşır.

İtfaiye ekiplerinin EA yangınlarına müdahalesi sırasında güvenliklerini sağlamak için belirli ekipmanlar kullanmaları gerekmektedir. Bu ekipmanlar arasında alev almaz itfaiyeci kıyafetleri, THSC, izole eldiven ve çizmeler, izole ekipmanlar (pense, anahtar takımı vb.) bulunmaktadır. Bu ekipmanların kullanılmasının nedeni, EA'nın elektrik kaçağı riski taşımasıdır. İzole ekipmanlar, elektrik kaçağı durumunda elektriğin vücuda iletilmesini önlemek için kullanılır. Bu ekipmanlar, itfaiye personelinin güvenliğini sağlamak için hayati öneme sahiptir. Örneğin, bataryanın devre dışı bırakılması için izole bir pense kullanılır. Ayrıca, 12 veya 16 V akü kutup başlarının izole anahtar takımı ile devre dışı bırakılması da önemlidir. Müdahale edecek personelin, takı gibi metal parçaların olmamasına özen göstermesi de önemlidir. Metal parçalar, elektrik kaçağı durumunda kişinin elektrik akımına maruz kalmasını sağlayabilir ve ciddi yaralanmalara yol açabilir. Şekil 5.8'de, itfaiye personelinin giymesi ve kullanması gereken ekipmanlar gösterilmektedir. Bu ekipmanlar, personelin güvenliğini sağlamak ve yangına etkili bir şekilde müdahale etmelerini sağlamak için kullanılır.

Ekipmanlar	Spesifikasyon	Amaç
Yalıtkan Eldiven 	En az 1000 Volta Kadar	Yüksek Voltajlı Elektrik Çarpmalarına Karşı Korunma İçin
Yalıtkan Ayakkabı 	—	Yüksek Voltajlı Bileşenler ve Kablolar Etrafında Çalışırken Gözleri Korumak İçin
Güvenlik Vizörü 	—	Yüksek Voltajlı Bileşenler ve Kablolar Etrafında Çalışırken Gözleri Korumak İçin
Güvenlik Gözlüğü 	—	Yüksek Voltajlı Bileşenler ve Kablolar Etrafında Çalışırken Gözleri Korumak İçin
Deri Eldiven 	Bilek Etrafına Sıkı Bir Şekilde Bağlanabilmelidir (İzole Eldivenleri Üzerine Giyilir)	İzole Eldivenleri Korumak İçin
İzole Anahtar Takımı ve Kurbacık 	Boyutu: 10 mm ve başka boyutlar	12 Volt Bataryayı Devre Dışı Bırakmak İçin
Solvente Dayanımlı Koruma Eldivenler ve Ayakkabılar	—	Yüksek Voltajlı Batarya Elektrolit Çözelti Sızıntısı Durumunda Kullanmak İçin
Emici Ped	Aynı Ped İçten Yanmalı Motor Sıvıları içinde Kullanılabilir	Yüksek Voltajlı Batarya Elektrolit Çözelti Sızıntısını Emmek İçin
Standart İtfaiye Ekipmanları	Alev Almaz Kıyafet, Kask, Çizme, THSC, Holigan, Termal Kamera, Su, Köpük, Yangın Battaniyesi vs.	Yangına Müdahale Etmek ve Söndürmek İçin
İzole Bant	İzole	Elektrik Çarpmasını Önlemek İçin Hasar Görmüş Tüm Kabloları Kaplamak Gerekir. Bant, Tüm Açık veya Hasarlı Kabloları Kaplamalıdır

**Şekil 5.8:** İtfaiye Personelinin Elektrikli Araç Yangınlarında Kullandığı Başlıca Kişisel Koruyucu Donanım ve Ekipmanlar

İtfaiye ekiplerinin yangın sırasında kendi güvenliklerini ve mahsur kalan kişilerin güvenliğini sağlamaları için kritik öneme sahiptir. İtfaiye ekipleri için faydalı tasarımların geliştirilmesi de önemlidir. Örneğin, yangına müdahalede kullanılan ekipmanların daha ergonomik ve kullanıcı dostu olması, itfaiye personelinin işini daha etkili bir şekilde yapmasına ve güvenliklerini daha iyi sağlamasına yardımcı olabilir. Ayrıca, yangın söndürme ekipmanlarının taşınması ve kullanılması kolaylaştırılarak zamanında ve etkili bir müdahale sağlanabilir. İtfaiye birimleri için tasarlanmış yeni ekipmanlar ve teknolojiler, yangın söndürme operasyonlarının daha güvenli ve verimli bir şekilde yürütülmesine katkıda bulunabilir. Bu nedenle, sürekli olarak yeni ve gelişmiş ekipmanların tasarlanması ve kullanılması için araştırma ve geliştirme çalışmalarına önem verilmelidir. Bu sayede, itfaiye ekipleri yangın müdahalesi sırasında daha etkili ve güvenli bir şekilde hareket edebilirler.

TEA'ların fiziksel zararlılık, sağlıkla ilgili zararlılık, çevresel zararlılık ve kimyasal, kanserojen, düşük dozda toksik ve zararlı maddelerin işaretleri gibi unsurlar, aracın potansiyel tehlikesini ve zararlı etkilerini göstermektedir. Bu işaretler, TEA'ların güvenli kullanımı ve müdahalesi için önemli bir rehber sağlar. Şekil 5.9'da, TEA'larda zararlılık ve KKD işaretleri verilmiştir. Bu işaretler, aracın tehlike düzeyini ve içerdiği potansiyel zararlı maddeleri belirtir. Fiziksel zararlılık işaretleri, aracın fiziksel olarak tehlikeli özelliklerini gösterirken, sağlıkla ilgili zararlılık işaretleri, insan sağlığı üzerinde olası etkileri vurgular. Çevresel zararlılık işaretleri ise aracın çevreye olan olumsuz etkilerini belirtir. KKD işaretleri ise yangın sırasında kullanılması gereken donanımları gösterir. Kimyasal maddelerin kanserojen, düşük dozda toksik veya diğer zararlı özellikler taşıması durumunda bu işaretler kullanılır. Bu işaretler, TEA'ların güvenli kullanımı, bakımı ve yangın müdahalesi gibi konularda bilinçli hareket etmek için önemli bir rehber sağlar. Bu şekilde, TEA'ların potansiyel tehlikeleriyle etkili bir şekilde başa çıkılabilir ve güvenli bir kullanım ortamı sağlanabilir.

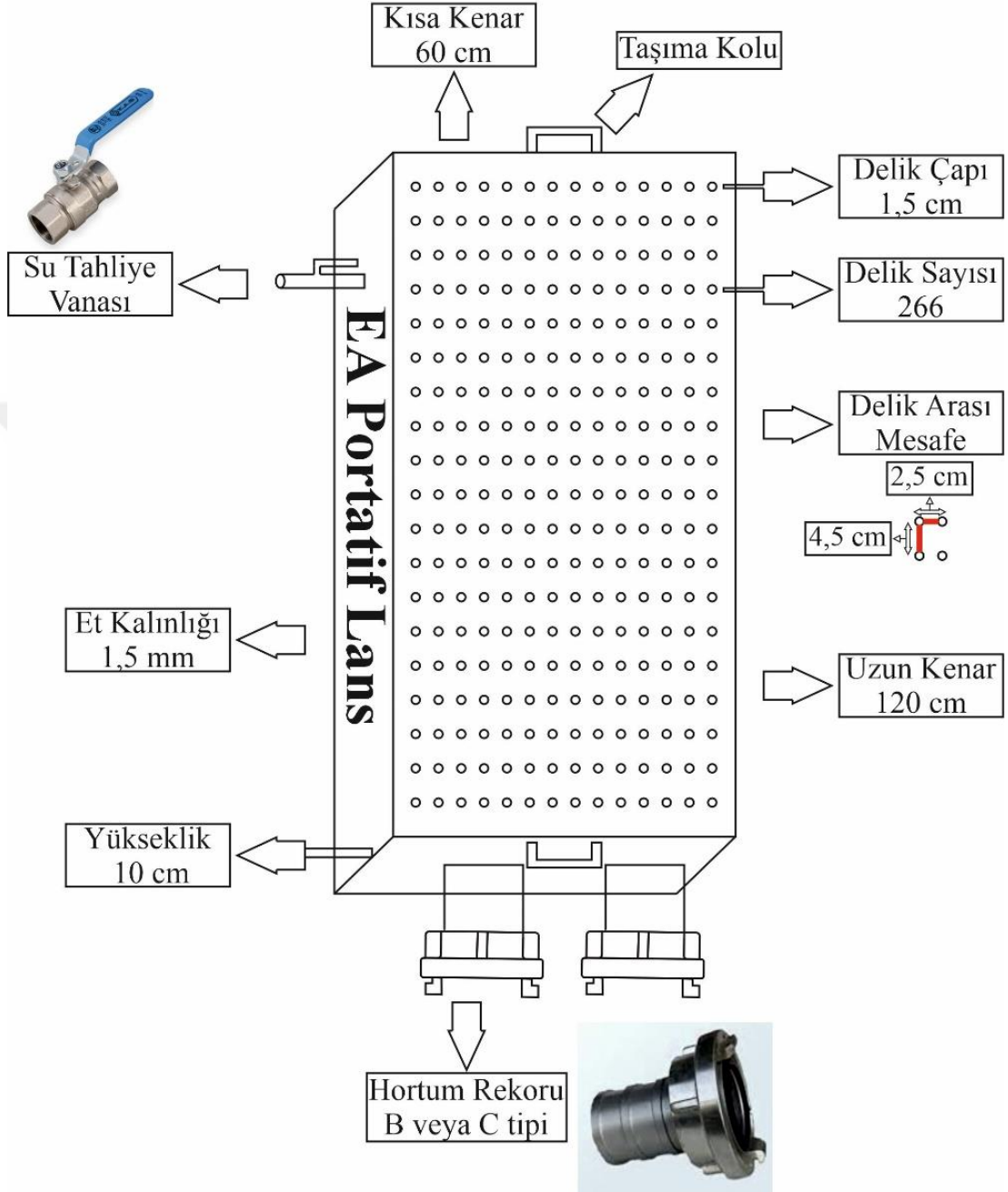
TEA'larda Fiziksel Zararlılık, Sağlığa İlişkin Zararlılık, Çevresel Zararlılık ve KKD İşaretleri	
	Lityum iyon Batarya
	Yüksek Voltaj
	Elektrikli Araç Yangınları
	Elektrik Tehlikesi
	Yanıcı Madde
	Patlayıcı Madde
	Kostik Madde
	Kanserojen/Mutajen Madde
	Toksit Madde
	Basınç Altında Gazlar
	Kişisel Koruyucu Donanım

Şekil 5.9: Tamamen Elektrikli Araçlarda Zararlılık ve Kişisel Koruyucu Donanım İşaretleri

## 6. İTFAİYE EKİPLERİNE DESTEK OLACAK FAYDALI TASARIM

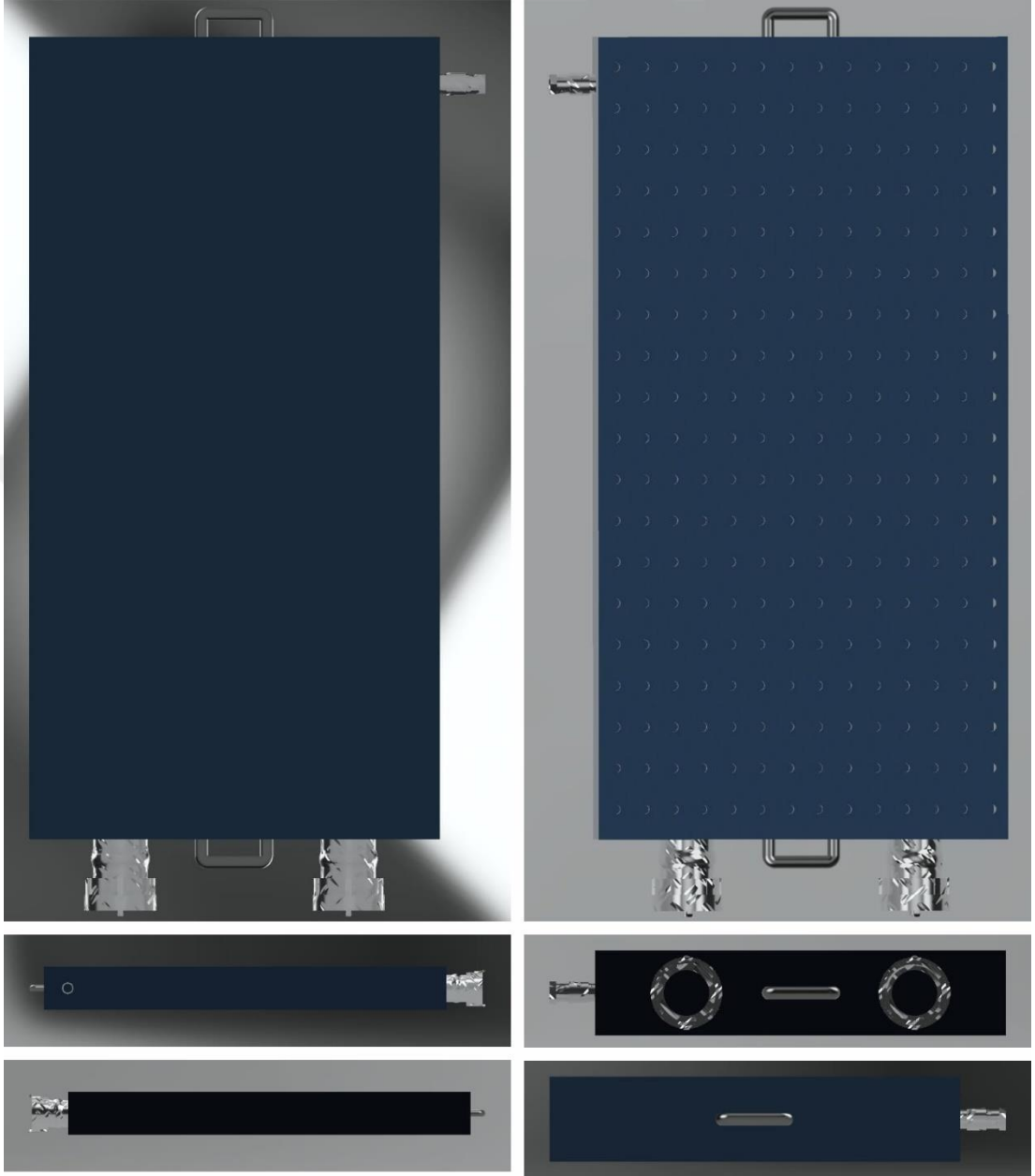
İtfaiye ekipleri, TEA yangınlarına müdahalede karşılaştıkları zorluklarla mücadele etmektedirler. Bu zorlukların başında, aracın bataryasının aracın alt kısmında yer alması gelmektedir. Bu durum, itfaiye ekiplerinin yangına su ile müdahale etmesini engellemektedir çünkü suyun bataryaya ulaştırılması konusunda zorluklar yaşanmaktadır. Bu nedenle, itfaiye ekiplerinin bataryaya etkin bir şekilde müdahale edebilmelerini sağlayacak faydalı bir tasarımın yapılması gerekmektedir. Şekil 6.1 ve 6.2’de, itfaiye ekiplerine bu konuda destek olacak bir tasarım önerilmektedir. Bu tasarım, itfaiye ekiplerinin bataryaya müdahalesini kolaylaştırarak TEA yangınlarına daha etkin bir şekilde müdahale etmelerini sağlayacaktır.

# İtfaiye Ekiplerine Destek Olacak Faydalı Tasarım



Şekil 6.1: İtfaiye Ekiplerine Destek Olacak Faydalı Tasarım

## Tasarımın Farklı Açılardan Görüntüsü



**Şekil 6.2:** Tasarımın Farklı Açılardan Görüntüsü

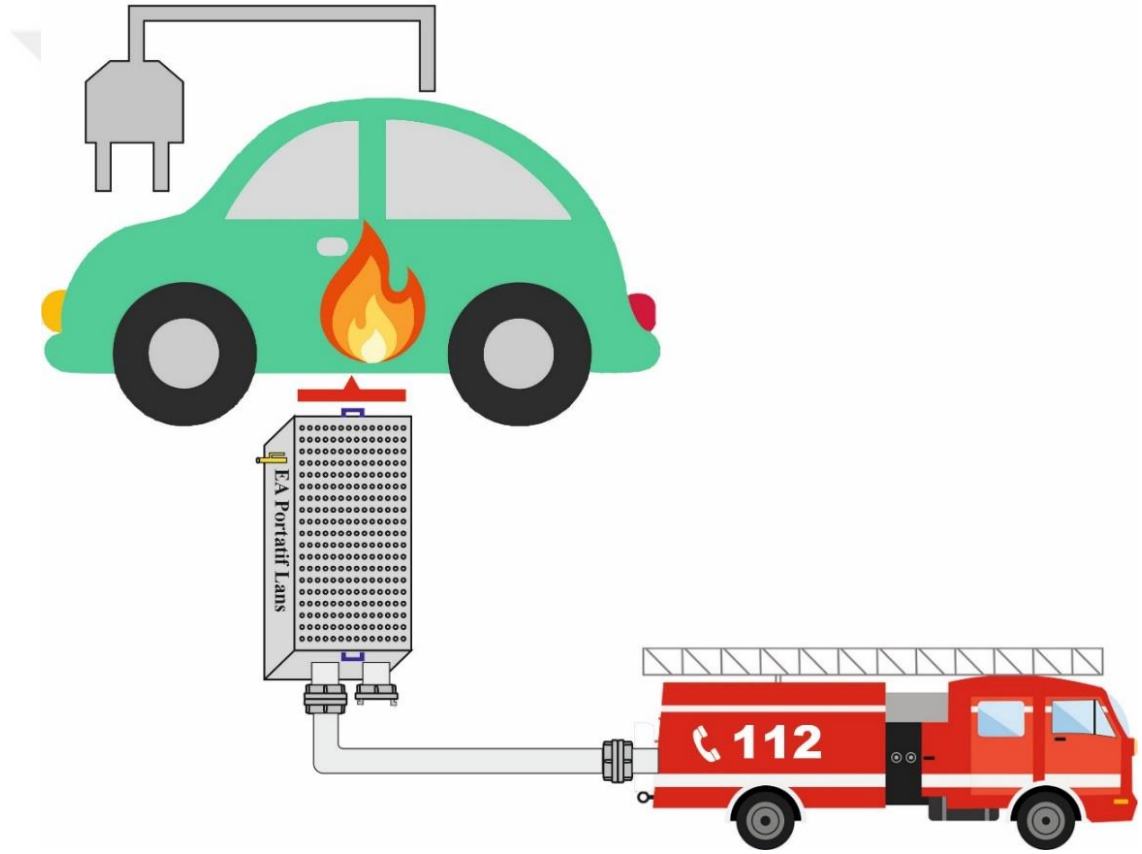
Tasarım, ülkedeki farklı TEA tiplerine uygun olarak çeşitli boyutlarda üretilmelidir. İtfaiye birimlerinde farklı boyutlarda bulunması, müdahale sağlığı, hızı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu tasarıma, EA Portatif Lans adı verilmiştir. Üretim malzemesi olarak paslanmaz çelik tercih edilmektedir. Paslanmaz çelik, çeşitli tipleri (202, 303, 304, 309, 310, 316, 420, 430 vb.) kullanılarak imal edilir. Korozyon direnci, kopma dayanımı ve yüksek ısıya karşı dayanıklılığı gibi özellikleri nedeniyle tercih

edilmektedir. Tasarımın üretim sürecinde bükme işlemi ve kaynak işlemi (gaz tungsten ark kaynağı, metal ark kaynağı, oksijen-asetilen kaynak vb.) uygulanmaktadır. Tasarımın hortum rekorları alüminyum veya pirinç malzemeden yapılmaktadır. Su tahliye vanası ise paslanmaz çelikten imal edilmiştir.

Şekil 6.3'te, tasarımın kullanım şekline dair bir örnek verilmiştir. Bu tasarımın, farklı TEA tiplerine müdahalede itfaiye ekiplerine önemli bir destek sağlayacağı düşünülmektedir.

### EA Portatif Lans ile Tamamen Elektrikli Araç Yangınlarına Müdahale Şekli



**Şekil 6.3:** EA Portatif Lans ile Tamamen Elektrikli Araç Yangınlarına Müdahale Şekli

Tasarım kullanım şekli; Gelen ihbar üzerine itfaiye birimleri alev almaz itfaiyeci kıyafet, THSC, izole ekipman gibi KKD'ler ile olay yerine intikal ederler, çevre güvenliğini sağlarlar. Araç üzerine ve en az 10 metre uzaklığa yüksek voltaj levhası yerleştirilir. Yanan TEA, ulaşılabilir ise akü ve batarya sistemi devre dışı bırakılır. Eğer akü ve batarya sistemi devre dışı bırakılamıyor ise müdahale esnasında yüksek voltaj kablolarından uzak durun ve araçta yüksek voltaj olduğunu

unutmayın. Kurtarma operasyonu yapılacaksa itfaiye birimleri tarafından gerçekleştir. İtfaiye aracı, hortum ve EA Portatif Lans bağlantıları yapılır. Tasarım üzerinde 2 adet hortum rekor giriş yeri mevcuttur. İtfaiye amirinin talimatına göre ister 2 rekordan ister tek rekordan su bağlantısı yapılır. EA Portatif Lans, TEA'nın batarya kısmının altına denk gelecek şekilde yerleştirilir. İtfaiye aracından su verme işlemi başlatılır. TEA'nın söndürüldüğünden emin olunmadan su verme işlemi kesilmez. Belli aralıklar ile termal kamera yardımıyla sıcaklık kontrolü yapılır. TEA'nın tekrardan alev alma ihtimalinin olduğu unutulmamalıdır. Araç tamamen söndürüldükten sonra güvenli alana taşınması gerekir.



## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

EA'ların günümüzdeki enerji ve çevre sorunlarına potansiyel bir çözüm olarak ortaya çıkışı ve gelişimi, fosil yakıtların neden olduğu çevresel zararların yanı sıra, enerji tüketiminin sürdürülebilirliği konusunda da önemli sorunlarla başa çıkmak için bir fırsat sunmuştur. EA teknolojisinin yükselişi, bu sorunlara yönelik önemli bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel içten yanmalı motorlara kıyasla EA'lar, düşük karbon salınımı ve sıfır egzoz emisyonu gibi çevresel faydalar sunarak çevre kirliliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, EA'ların enerji verimliliği, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak enerji tüketiminin sürdürülebilirliği açısından da olumlu bir etki yapmaktadır.

Ancak, EA'ların yaygınlaşmasıyla birlikte bazı teknik zorluklar da ortaya çıkmıştır. Özellikle, Li-ion bataryaların kullanımındaki artış, yangın riski ve yüksek voltaj tehlikelerini beraberinde getirmiştir. Bu durum, EA'ların güvenliği konusunda endişeleri artırmıştır. Li-ion bataryaların aşırı ısınması veya hasar görmesi durumunda yangın riski artmakta ve yüksek voltaj sistemi, EA'larda çalışanların ve itfaiye ekiplerinin güvenliğini tehdit etmektedir.

Bu zorluklara rağmen, EA teknolojisindeki gelişmeler devam etmektedir. Batarya teknolojisindeki ilerlemeler, yangın riskini azaltmak ve güvenliği artırmak için yeni çözümlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, yüksek voltaj sistemlerindeki güvenlik standartlarının sürekli olarak gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesi de önemlidir.

Bu bağlamda, EA teknolojisinin geleceğini şekillendirmede Ar-Ge çalışmalarına ve yenilikçi çözümlere yapılan yatırımların önemi büyüktür. Batarya teknolojisi, yangın güvenliği sistemleri ve yüksek voltaj sistemleri gibi alanlarda yapılan araştırmalar, EA'ların güvenliğini ve kullanılabilirliğini artırmak için kritik öneme sahiptir.

EA'ların çevresel ve enerji verimliliği potansiyelleri, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunmaktadır. Ancak,

teknik zorluklar ve güvenlik endişeleri göz önünde bulundurularak, EA teknolojisinin geliştirilmesine ve iyileştirilmesine devam edilmesi gerekmektedir. Bu hem çevresel hem de teknik açıdan daha güvenli ve sürdürülebilir bir EA geleceğinin inşası için önemli bir adımdır.

Bu çalışma, EA üretimi ve kullanımıyla ilgili çeşitli önerilerde bulunmuştur:

- **Güvenlik Standartlarının Geliştirilmesi:** EA'ların daha güvenli hale getirilmesi için, özellikle batarya teknolojisi ve yangın söndürme sistemlerinde yeniliklerin yapılması gerekmektedir. Li-ion bataryalar için yangın riskini azaltacak teknolojik iyileştirmelerin yanı sıra, etkin yangın söndürme çözümlerinin geliştirilmesi de önemlidir. Bu sayede araç sahipleri ve itfaiye ekipleri, olası yangın durumlarında daha etkili müdahale edebilirler.

- **Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge):** Ar-Ge çalışmalarına daha fazla yatırım yapılması gerekmektedir. EA teknolojisinin geliştirilmesi ve mevcut zorlukların üstesinden gelmek için özellikle batarya teknolojisi, enerji yoğunluğu ve güvenlik konularında yapılacak araştırmalar büyük önem taşımaktadır. Bu sayede, daha verimli, güvenli ve sürdürülebilir EA'lar üretilebilir.

- **Altyapının Güçlendirilmesi:** Altyapının güçlendirilmesi, EA kullanımının yaygınlaşması için kritik bir faktördür. Bu kapsamda, şarj istasyonlarının artırılması ve enerji şebekelerinin bu yeni taleplere uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, EA sahipleri daha kolay ve güvenilir bir şekilde araçlarını şarj edebilirler.

- **Bilinçlendirme ve Eğitim:** Bilinçlendirme ve eğitim programlarının geliştirilmesi önemlidir. EA kullanıcıları başta olmak üzere, itfaiye ve acil müdahale ekiplerine yönelik eğitim programları, sektördeki yenilikler ve güvenlik protokolleri hakkında bilgi sahibi olmaları faydalı olacaktır. Bu sayede, EA'ların özellikleri, potansiyel tehlikeleri ve yangın durumunda nasıl müdahale edileceği konusunda daha bilinçli bir toplum oluşturulabilir. Bu eğitim programları, kullanıcıların ve acil müdahale ekiplerinin EA teknolojisine uyum sağlamasını ve güvenlik standartlarını en üst düzeye çıkarmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, EA teknolojisinin gelişimiyle birlikte ortaya çıkan güvenlik endişeleri, sektörde sürekli bir gelişim ve inovasyon gerektirmektedir. Bu çalışma, TEA yangınlarına müdahalede kullanılacak faydalı bir tasarımın geliştirilmesine ve uygulanmasına katkıda bulunarak, bu önemli alanda daha güvenli bir geleceğe doğru adımlar atmayı hedeflemektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A., & Kılıç, M. (2022). Elektrikli Araç Bataryalarının Bütünleşik Swara-Topsis Metodu ile Deđerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Dergisi, 37(4), 1061-1076. doi:10.21605/cukurovaumfd.1230942
- Akkuş, F., & Işık, M. Z. (2023). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Lityum İyon Bataryaların Hava, Sıvı ve Isı Borulu Termal Yönetim Sistemlerinin İncelenmesi. Bataman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 13(2), 36-54. doi:10.55024/buyasambid.1339607
- Aküüm. (2022, Mart 31). Elektrikli Araçlar Hakkında İtfaiye ve İlk Yardım Ekipleri Bilgilendirilmeli. Retrieved from Aküüm.com: <https://akucum.com/blog/elektrikli-araclar-hakkinda-itfaiye-ve-ilk-yardim-ekipleri-bilgilendirilmeli>
- Alman, P. (2022). Pil Türleri. Yenilenebilir Verdes: <https://www.renovablesverdes.com/tr/tipos-de-pilas/> adresinden alındı
- Alpkunt, A. (2021, Kasım 29). Lityum İyon Pil Nedir ve Nasıl Çalışır? Bilim - İnsan: <https://evrenatlası.com/lityum-iyon-pil-nedir-ve-nasil-calisir/> adresinden alındı
- Alyar, H. (2022). Elektrikli Otomobillerin Yapısı ve Yangın Riskleri. Mühendislikte Yakıtlar, Yangın ve Yanma Dergisi.
- Arabam. (2021, Temmuz 24). Elektrikli Araba Almanın Avantajları ve Dezavantajları Nedir? <https://www.arabam.com/blog/genel/elektrikli-araba-avantajlari/> adresinden alındı
- Aslan, S. (2021, Temmuz-Ağustos). Elektrikli Araç ve Yangın Güvenlik Önlemleri. Yangın ve Güvenlik Dergisi (224), 46-48. <https://www.yanginguvenlik.com.tr/edergi/5/224/48/index.html#zoom=z> adresinden alındı
- Atak, D., & Akdağ, K. (2023, Ekim 6). Tuzla'da, TIR dorsesinde garaja götürölen 6 adet elektrikli otomobil alev aldı. DHA: <https://www.dha.com.tr/foto-galeri/tuzlada-tir-dorsesinde-garaja-goturulen-6-adet-elektrikli-otomobil-alev-aldi-2323451/4> adresinden alındı
- Avcı, B., Yerlikaya, S., & Kardeş, Y. (2020). Batarya ve Yenilikçi Enerji Teknolojileri Çalışma Grubu Raporu.
- Battle Motors. (2024, Ocak). Battle Motors Emergency Response Guides. NFPA: <https://www.nfpa.org/education-and-research/emergency-response/emergency-response-guides/battle-motors> adresinden alındı
- Birikim Piller. (2022, Ağustos 03). Lityum-iyon Piller. <https://www.birikimpilleri.com/tr/blog/lityum-iyon-piller/128#:~:text=Piller%2C%20seri%20ba%C4%9Flan%C4%B1rsa%2>

Ovoltage artar, Pilleri seri olarak 200 Volt artar. Adresinden alındı

- BMW. (2023). Elektrikli Otomobil Türleri. <https://www.bmw.com.tr/tr/topics/fascination-bmw/bmw-i-ve-e-mobilite/elektrikli-otomobil-turleri.html#bev> adresinden alındı
- Brzezinska, D., & Bryant, P. (2022). Performance-Based Analysis in Evaluation of Safety in Car Parks under Electric Vehicle Fire Conditions. *Energies*.
- Bulut, S. (2014). Tesla Model S nedir? *Milliyet*: <https://www.milliyet.com.tr/molatik/teknoloji/tesla-model-s-nedir-83446> adresinden alındı
- Cabacı, B. (2021, Ağustos 21). Elektrikli Araçta Yangın Riskini Azaltmak Mümkün. [istanbulticaretgazetesi.com](http://istanbulticaretgazetesi.com): <https://istanbulticaretgazetesi.com/tr/elektrikli-aracta-yanigin-riskini-azaltmak-mumkun> adresinden alındı
- Can Güven, E., & Gedik, K. (2019). Ömrünü Tamamlamış Elektrikli Araç Bataryalarının Çevresel Yönetimi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. doi:10.21597/jist.446170
- Chevrolet. (2022). Information For First And Second Responders Emergency Response Guide. NFPA: <https://www.nfpa.org/education-and-research/emergency-response/emergency-response-guides/chevrolet> adresinden alındı
- Çetin, M. S., Karakaya, B., & Gençoğlu, M. T. (2021). Elektrikli Araçlar İçin Lityum İyon Bataryaların Modellenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 33(2), 755-763. Doi:10.35234/fumbd.953296
- Dalkıran, F., & Kaya, Y. (2022). Lityum Esaslı Piller İçin Veri Toplama Ve İşleme Sistem Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (40), 34-40. Doi:10.31590/ejosat.1173993
- Efe, Ş., & Güngör, Z. A. (2021). Geçmişten Günümüze Batarya Teknolojisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (32), 947- 955. Doi:10.31590/ejosat.1048673
- Elektrikli Garaj. (2022, Aralık 15). Elektrikli Araçlar Kaç Voltaj İle Çalışır. *Elektrikli Otomotiv Haberleri*: <https://elektrikligaraj.com/haber/elektrikli-aracta-kac-volt-ile-calisir.html> adresinden alındı
- Enerji Efficiency & Renewable Energy. (2022). How Do All-Electric Cars Work? [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_basics\\_ev.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html) adresinden alındı
- Enerji Efficiency & Renewable Energy. (2023). Fuel Cell Electric Vehicles. [https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel\\_cell.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html) adresinden alındı
- Enerji Efficiency & Renewable Energy. (2023). How Do Plug-In Hybrid Electric Cars Work? <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work> adresinden alındı
- Enerji Efficiency & Renewable Energy. (2023). Hybrid Electric Vehicles. [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_basics\\_hev.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html) adresinden alındı

- Garanti Oto Servis. (2021). Elektrikli Araçların Bakımı. <https://www.garantiotoservis.com/elektrikli-araclarin-bakimi-ve-onarimi> adresinden alındı
- Gaton, B. (2018, Kasım 14). The ICE Age is Over: Why Battery Cars Will Beat Hybrids & Fuel Cells. <https://thedriven.io/2018/11/14/the-ice-age-is-over-why-battery-cars-will-beat-hybrids-and-fuel-cells/> adresinden alındı
- Gezhi-test. (2022). Lithium Battery Thermal Safety Characteristics Test Evaluation. [http://www.gezhi-test.com/taihao/item\\_22397174\\_2050857.html](http://www.gezhi-test.com/taihao/item_22397174_2050857.html) adresinden alındı
- Golf. (2012, Nisan). Emergency Response Guides (US & NA). Boronextrication: <https://www.boronextrication.com/wp-content/uploads/sites/20/2010/11/electric-Golf-extrication-ERG-Guide.pdf> adresinden alındı
- Güngör, G. (2022, Haziran 30). Elektrikli araçlar için karekod (QR kod) sistemiyle motorlu taşıtlar vergisi. Ekonomim: <https://www.ekonomim.com/kose-yazisi/elektrikli-araclar-icin-karekod-qr-kod-sistemiyle-motorlu-tasitlar-vergisi/662445> adresinden alındı
- Gürbüz, Y., & Kulaksız, A. A. (2016). Elektrikli Araçlar ile Klasik İçten Yanmalı Motorlu Araçların Çeşitli Yönlerden Karşılaştırılması. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 117-125. Doi:10.17714/gufbed.2016.06.011
- HDA Enerji. (2023, Temmuz 18). Birincil (Primary) Pillerin Avantajları Ve Dezavantajları Nelerdir? Blog: <https://www.hdaenerji.com.tr/birincil-pillerin-avantajlari-ve-dezavantajlari/> adresinden alındı
- Hedef Filo. (2022). Elektrikli Araç Tarihçesi. [ev.hedeffilo.com](https://ev.hedeffilo.com): <https://ev.hedeffilo.com/elektrikli-arac-tarihcesi> adresinden alındı
- Hedef Filo. (2022). Elektrikli Araç Yangınlarına Müdahale Nasıl Yapılır? [ev.hedeffilo.com](https://ev.hedeffilo.com): <https://ev.hedeffilo.com/ev-gundem/blog/elektrikli-arac-yanginlarina-mudahale-nasil-yapilir#:~:text=S%C3%B6nd%C3%BCrme%20%C3%BCnitesi%20bulunan%20ara%C3%A7lara%20%C3%B6zel,i%C5%9Flemi%20%20fit%20uzakl%C4%B1ktan%20ger%C3%A7ekle%C5%9Ftirebiliyor.> Adresinden alındı
- Hedef Filo. (2023). Elektrikli Araba Bataryası Hakkında Bilmek İstedığınız Tüm Detaylar. <https://ev.hedeffilo.com/ev-nedir/bataryalar> adresinden alındı
- Hedef Filo. (2023). Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri: Elektrikli Araba Nasıl, Nerede ve Ne Kadara Şarj Edilir? <https://ev.hedeffilo.com/ev-nedir/elektrikli-araclarda-sarj> adresinden alındı
- Hedef Filo. (2024). 2024 Yılında Türkiye'deki Elektrikli Araç Sayısı. Hedef Filo: <https://ev.hedeffilo.com/ev-gundem/blog/2024-yilinda-turkiyedeki-elektrikli-arac-sayisi> adresinden alındı
- Hyundai. (2021). KONA Elektrik. Acil Durum Müdahale Kılavuzu: [63](https://www.hyundai.com/content/dam/hyundai/tr/tr/data/marketing/manual/yeni-kona-elektrik-acil-durum-k%C4%B1lavuzu/2021/Yeni-KONA-</a></p></div><div data-bbox=)

Elektrik-Acil-Durum-K%C4%B1lavuzu-Eyl%C3%BCI-2021.pdf  
adresinden alındı

- İpek, B. (2022). Elektrikli Araçlar, Elektrikli Şarj İstasyonları ve Türkiye için Gelecek Dönem Elektrikli Araç Miktarı Tahmini. İstanbul: Yayınlanmış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Investing. (2023, Temmuz 12). Geleceğe Sürüklenen Vizyoner: Tesla'nın Yolculuğu ve Elon Musk'ın Büyülü Vizyonu. tr.investing.com: <https://tr.investing.com/analysis/nasl-basardlar-bolum-1--tesla-ve-elon-musk-200492408> adresinden alındı
- Karamangil, M. İ., Sürmen, A., & Tekin, M. (2023). Elektrikli Araçlarda Batarya Yangınlarına Genel Bakış. *Uluslararası Yakıtlar Yanma Ve Yangın Dergisi*, 11(1), 29-40. Doi: 10.52702/fce.1224612
- Karapınar, F., & Daldaban, F. (2022). Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri ve Şarj İstasyon Tipleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 38(3), 549-556.
- Kazak, D. (2023, Kasım). Su Sisi, CO2 ve HFC-227ea Söndürme Maddelerinin, Lityum İyon Batarya (LIB) Üzerinde Deneysel Çalışma. *Yangın Güvenlik ve Koruma Sistemleri Dergisi* (243), 38-46. <https://www.yanginguvenlik.com.tr/edergi/5/243/40/index.html> adresinden alındı
- Kazak, D. (2024). Lityum İyon Bataryalarda Güvenlik: Termal Kaçak Ve Olay Sonrası Müdahale Stratejileri. *Socrates Journal of Interdisciplinary Social Studies*, 10(39), 85–94. Doi: 10.5281/zenodo.10897802
- Kazak, D., & Öncel, H. (2024). İtfaiye Ekiplerinin, Tamamen Elektrikli Araç Yangınlarıyla Mücadelesinin İncelenmesi. *SOCIAL SCIENCES STUDIES JOURNAL*, 10(3), 384-394. Doi:10.5281/zenodo.10903404
- Kerem, A. (2014). Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 1-13.
- Kılınç, T. (2022). Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonlarında Yangın. *Uluslararası Katılımlı Yangın Sempozyumu*. Niğde.
- Kırtaş, H. A., & Altundağ, H. (2022). Türk İtfaiye Teşkilatlarında Temiz Hava Solunum Cihazları Kullanımı Genel Bakımı ve Dolumu. *Resilience*, 6(2), 287-310. Doi:10.32569/resilience.1215394
- Kocagöz, E., & İğde, Ç. S. (2022). Elektrikli Araç Satın Alma Niyetini Hangi Faktörler Etkiler? Bir Tüketici Araştırması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19("21. Uluslararası İşletmecilik Kongresi" Özel Sayısı), 104-102. Doi:10.33437/ksusb.1133892
- König, A., Nicoletti, L., Schöder, D., Wolff, S., Waclaw, A., & Lienkamp, M. (2021). An Overview of Parameter & Cost for Battery Electric Vehicles. *World Electric Vehicle Journal*.
- Li, W., Long, R., Chen, H., & Geng, J. (2017). A Review of Factors Influencing Consumer Intentions to Adopt Battery Electric Vehicles. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 318-328.

- Markel, A. (2022, Mayıs 25). HV/EV Lifting Guidelines. tomorrowstechnician: <https://www.tomorrowstechnician.com/hv-ev-lifting-guidelines/> adresinden alındı
- Menak, R., Karadağ, T., Altuğ, M., & Tan, N. (2021). Elektrikli Araçlarda Batarya Yönetim Sistemleri Üzerine Bir Derleme Çalışması. Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation, 8(2), 234- 275.
- Mucuk, S. (2022). Tüketici Kimliğinin Elektrikli Otomobil Benimseme Tutum ve Niyetine Etkisi. Bartın: Yayımlanmış yüksek lisans tezi: Bartın Üniversitesi.
- Muratoğlu, Y., & Akkaya, A. (2016). Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim Sistemi -İnceleme. Elektrik Mühendisliği Odası.
- Nazri, G., & Pistoia, G. (2008). Lithium Batteries: Science & Technology. Amerika: Springer Science & Business Media Yayıncılık.
- NFPA. (2022, Ocak). Porsche Emergency Response Guides. NFPA: <https://www.nfpa.org/education-and-research/emergency-response/emergency-response-guides/porsche> adresinden alındı
- Opel. (2023). BEV Araç. Elektrikli Araçlar Sıkça Sorulan Sorular: [https://www.opel.com.tr/opel-deneyimi/elektrikli-araclar-sikca-sorulan-sorular.html#:~:text=Elektrikli%20ara%C3%A7larda%20konvensiyonel\(i%C3%A7ten%20yanmal%C4%B1,g%C3%BC%C3%A7%20bu%20bataryalar%20ile%20sa%C4%9Flan%C4%B1r](https://www.opel.com.tr/opel-deneyimi/elektrikli-araclar-sikca-sorulan-sorular.html#:~:text=Elektrikli%20ara%C3%A7larda%20konvensiyonel(i%C3%A7ten%20yanmal%C4%B1,g%C3%BC%C3%A7%20bu%20bataryalar%20ile%20sa%C4%9Flan%C4%B1r). Adresinden alındı
- Örücü, E. (2011). Elektrik İletim Hatları. TSE Standart Dergisi.
- Özbay, H., Közkurt, C., Dalcalı, A., & Tektaş, M. (2020). Geleceğin Ulaşım Tercihi: Elektrikli Araçlar. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 34-50.
- Özcan, Ö. F., Karadağ, T., Altuğ, M., & Özgüven, Ö. (2021). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Pil Kimyasallarının Özellikleri ve Üstün Yönlerinin Kıyaslanması Üzerine Bir Derleme Çalışması. Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation, 8(2), 276-298.
- Özçelik, E., & Özkan, G. (2006). İkincil Lityum Pillerinde Katot Aktif Maddesi Olarak Kullanılan Licoo2'in Sentezi Ve Karakterizasyonu. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi (s. 423-425). Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Özkan, Y. (2023, Temmuz 29). Hollanda'da Gemi Yangını: Nakliye Şirketleri Elektrikli Araçlar için Sıkı Kurallar İstiyor. BBC: <https://www.bbc.com/turkce/articles/c2x5k657381o#:~:text=Japon%20nakliye%20%C5%9Firketleri%20K%2DLine,uzun%20s%C3%BCre%20yanmaya%20devam%20edebiliyor>. Adresinden alındı
- Özler, M. (2023). Elektrikli Araç Teknolojisi ve Çankırı İlinde Çatı Tipi Güneş Paneli Destekli Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Tasarım ve Maliyet Analizi. Çankırı: Yayımlanmış yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi.
- Özsin, G. (2021, Eylül). Na-iyon Pillerin Anotlarında Karbon Nanoyapılarının Kullanımı Üzerine Bir Derleme. Politeknik Dergisi, 24(3), 1151-1170. Doi:10.2339/politeknik.825365

- Parlak, S. (2011). Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) Yöntemiyle Li-İyon Pillere Uygun ZnO Anot Geliştirilmesi. Sakarya: Yayınlanmış yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Pelissier , S. (2021, Nisan 2021). Formation Batterie - BTS Électrotechnique. Campus Auto'Mobilités: [https://campus-auto-mobilites.com/sites/campus-auto-mobilites.com/files/u38/formation\\_batterie\\_bts\\_electrotechnique\\_vf.pdf](https://campus-auto-mobilites.com/sites/campus-auto-mobilites.com/files/u38/formation_batterie_bts_electrotechnique_vf.pdf) adresinden alındı
- PROTEK Mühendislik. (2021, Ağustos 30). AVD Taşınabilir Lityum-İyon Batarya (Pil, Akü) Yangın Söndürücüsü (Aqueous Vermiculite Dispersion). Blog: <https://protek.gen.tr/avd-tasinabilir-lityum-iyon-batarya-pil-aku-yangin-sondurucusu-aqueous-vermiculite-dispersion-2/> adresinden alındı
- Sandal, D. (2022, Haziran 1). Elektrikli Otomobil Üretimini Tarihi. arabam.com: <https://www.arabam.com/blog/genel/elektrikli-otomobil-uretiminin-tarihi/#:~:text=Elektrikli%20otomobilin%20ilk%20%C3%B6rne%C4%9F%201835,elektrikli%20arabay%C4%B1%20ba%C5%9Far%C4%B1yla%20icat%20etti.> Adresinden alındı
- Seber, H. (2023, Kasım-Aralık). İtfaiyecilerin Elektrikli Araç Yangını Operasyonlarını Planlaması. Yangın ve Güvenlik Dergisi (243), 16-17. <https://www.yanginguvenlik.com.tr/edergi/5/243/18/> adresinden alındı
- Şen, G., Boynueğri, A. R., & Uzunoğlu, M. (2011). Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri ve Araçların Şebekeyle Bağlantısında Karşılaşılan Problemlere Yönelik Çözüm Önerileri. Doi:10.13140/2.1.1956.8648
- Tarlak, H., & İşen, E. (2018). Elektrikli Araçlar ve Akü Şarj Sistemleri. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi.
- TEHAD. (2022, Temmuz 8). 2022 yılı ilk 6 ayında satılan Elektrikli ve Hibrid otomobil satış rakamları. Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği: <https://www.tehad.org/2022/07/08/2022-yili-ilk-6-ayinda-satilan-elektrikli-ve-hibrid-otomobil-satis-rakamlari/> adresinden alındı
- Tesla. (2022). Tesla Model X Acil Müdahale Kılavuzu. Amerika.
- Tie, S., & Tan, C. (2013). A Review of Energy Sources & Energy Management System in Electric Vehicles. Renewable & Sustainable Energy.
- TOYOTA. (2023). Mild Hybrid (Hafif Hibrit) Nedir? <https://blog.toyota.com.tr/mild-hybrid-yari-hibrit-nedir/> adresinden alındı
- Tragger. (2023). Elektrikli Araç Türleri Nelerdir? <https://tragger.com.tr/blog/detail/elektrikli-arac-turleri-nelerdir/> adresinden alındı
- Topal, O. (2023). Türkiye'de Elektrikli ve Hibrit Araçlar İçin Acil Müdahale Yaklaşımları. Çevre Şehir Ve İklim Dergisi, 2(3), 190-206.
- Uçay Mühendislik. (2022, Haziran 5). Elektrikli Araba Modelleri | Şarj Güçleri ve Batarya Kapasiteleri. <https://www.ucay.com.tr/blog/elektrikli-arac-sarj-istasyon-batarya-gucleri/> adresinden alındı

- Veziroğlu, A., & Macario, R. (2011). Fuel cell vehicles: State Of The Art With Economic & Environmental Concerns. International Journal of Hydrogen Energy (s. 25-43). Amerika: Bergama Yayıncılık.
- Wikipedia. (2015, Ekim 5). Lityum–hava Pili. Vikipedi Özgür Ansiklopedi: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Lityum%E2%80%93hava\\_pili](https://tr.wikipedia.org/wiki/Lityum%E2%80%93hava_pili) adresinden alındı
- Volkswagen. (2021, Kasım). Volkswagen Emergency Response Guides. NFPA: <https://www.nfpa.org/education-and-research/emergency-response/emergency-response-guides/volkswagen> adresinden alındı
- Wei, X., Deng, H., Zhou, Y., & Wang, B. (2022). Three-dimensional electrochemical-thermal coupling model of a lithium-ion battery module. Energy Storage Science and Technology, 11(2), 3965-3977. Doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2022.0411
- Wikipedia. (2021, Mayıs 22). Akümülatör. Vikipedi Özgür Ansiklopedi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ak%C3%BCm%C3%BClat%C3%B6r> adresinden alındı
- Wikipedia. (2022, Aralık 21). Tesla Model S. Wikipedia Özgür Ansiklopedi: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Model\\_S](https://tr.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S) adresinden alındı
- Xiao, S., Pan, J., Wang, H., & Cai, H. (2019). Battery Electric Vehicles: What is The Minimum Range Required? Enerjy, 352-358.
- Zarifođlu, A. (2019, Mart 10). Araç Yangın Söndürme Battaniyesi. gzt: <https://www.gzt.com/video/salt-okunur/ arac-yangin-sondurme-battaniyesi-2181352> adresinden alındı

## ÖZGEÇMİŞ

**Doğan KAZAK**

### ÖĞRENİM DURUMU

- Yüksek Lisans:** 2023, İstanbul Gedik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği (Tezli)
- Yüksek Lisans:** 2022, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği (Tezsiz)
- Lisans :** 2021, Anadolu Üniversitesi, Öğretim Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Reklamcılık
- Ön Lisans :** 2021, Atatürk Üniversitesi, Acil Durum ve Afet Yönetimi Programı
- Ön Lisans :** 2021, Çankırı Karatekin Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı
- Ön Lisans :** 2017, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik Programı