

# ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARINDA YANGIN GÜVENLİĞİ

**Tunahan Kılınç**

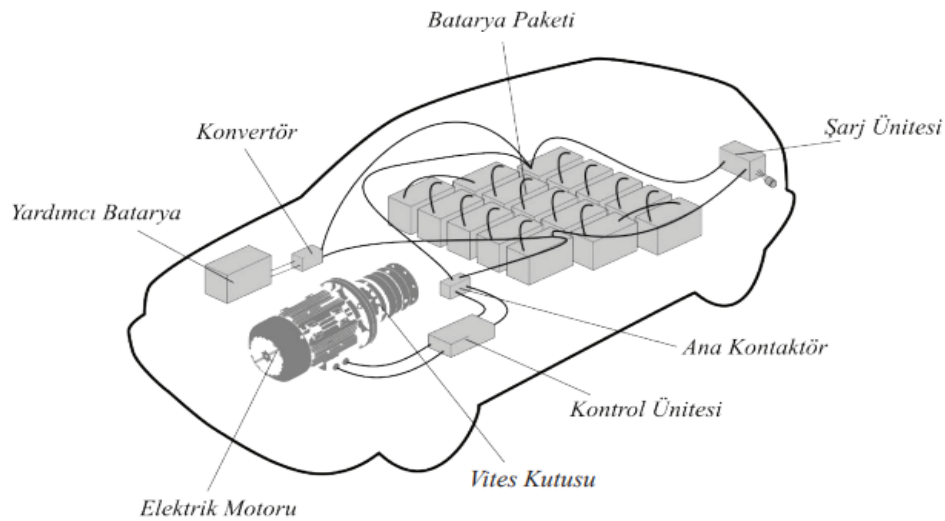
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi  
tnhnknc1@gmail.com

## ÖZET

Sınırlı doğal enerji kaynakları, artan enerji tüketimi, fosil yakıtların kullanımı ile çevreye verilen zararlardan dolayı ihtiyaç duyulan elektrikli araç teknolojisi büyük ölçüde insanlara teşvik edilmektedir. Ancak gelişen bu teknoloji beraberinde birçok yeniliği olumlu ve olumsuz yönden bizlere sunmaktadır. Olumlu yönleri saymakla bitmezken, bizim için asıl önemli olan durum ise olumsuz yönlerinden bir tanesi olan Elektrikli Araç Yangınlarıdır. Elektrikli araçlarda normal araçlara göre farklı olan nedir? Sorusuna cevap aramak artık tüm dünyanın acil durum birimlerinin sorguladığı ortak bir soru haline gelmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada elektrikli araçların dünyadaki ve ülkemizdeki varlığı? Elektrikli araçların gelişimi, enerji kaynaklarının türevleri, bataryaları, beslenme kaynakları, şarj istasyonları, olası acil durumlarda itfaiye ekipleri ve diğer acil durum birimlerinin nasıl bir acil durum prosedürü izleyeceğini konuları derinlemesine incelenecektir.

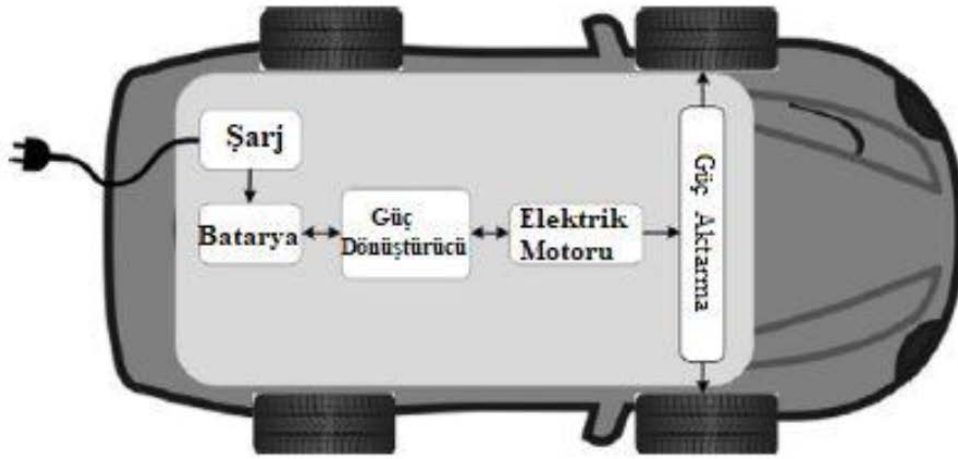
## 1.GİRİŞ

Otomotiv sektörünün geleceğinde elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşacağı düşünüldüğü ve planlandığı için, günümüzde de birçok sayıda otomotiv üreticisinin de elektrikli araçların seri üretimine geçmiş olması sebebiyle hayatımızda artık elektrikli araçlar büyük önem arz etmektedir.



**Şekil 1.** Elektrikli Araç Ana Elemanlarının Yerleşimi

Başta çevresel etmenler, petrol türevi yakıtların oluşturduğu hava kirliliği, yakıt maliyetlerinin aşırı derecede artması ve son olarak ise fosil yakıtların günden güne azalması birçok otomotiv devinin kurallarını değiştirmeye itmiştir. Ulaşım maliyetini düşürmesi, bakım ve onarım ihtiyacının fosil yakıtlı araçlara nazaran daha az olması, ulaşım maliyetlerinin de düşük olması genellikle toplu taşımada kullanılan araçların elektrikli olmasını cazip hale getirmektedir. Genel olarak ise gelişen dünya teknolojilerinin de büyük etkisiyle son derece hızla ilerleyen ve büyük bir ivme kazanan elektrikli araçlar birçok ülkede benimsenmiş ve üretilmeye başlanmıştır. Türkiye’ de yerli otomobil üretimi için tercih edilen araç elektrikli araç olarak öne sürülmektedir. Bu sayede ülkemizde de artık eğilim bu yönde olacaktır. [1,2].

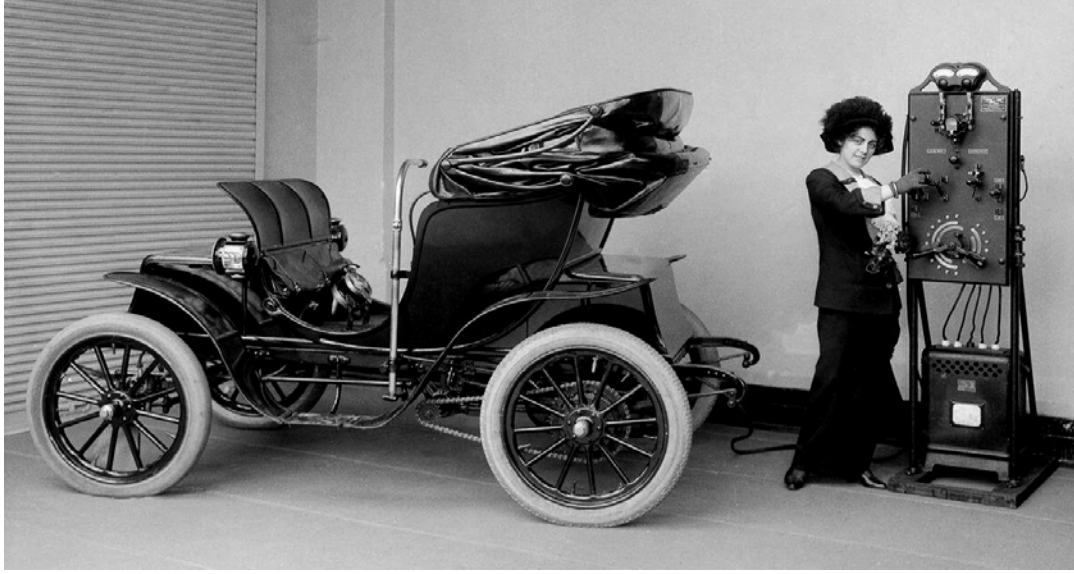


Şekil 2. Elektrikli Araçların İç yapısı

Tüm bu adımlar atılırken göz ardı edilmemesi gereken Elektrikli araçların yangın güvenlik önlemleri ve bu araçların şarj istasyonlarının yangın güvenliğidir. Tüm dünyanın üzerinde durduğu ve halen somut bir çözümü olmayan elektrikli araç yangınlarının söndürme yöntemleri, müdahale tarzları ve diğer yangın öncesi, anı ve sonrasında alınacak tedbirlerin belirlenmesi büyük önem ve gereklilik arz etmektedir.

## 2. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

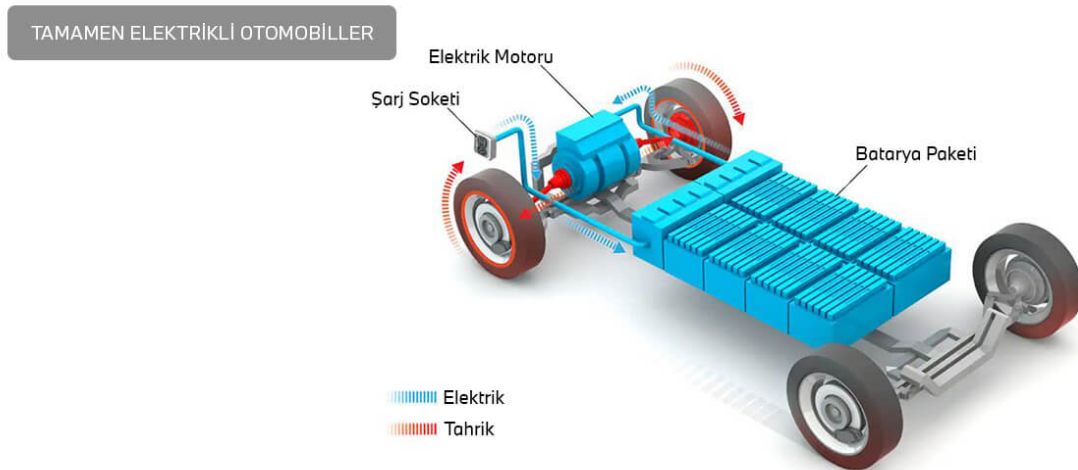
1800’lü yıllarda ortaya çıkan elektrikli araç teknolojisi, günümüze kadar çeşitli evreler atlayarak süregelmiştir. Fosil yakıtlı içten yanmalı motorlar açığa çıkardıkları gazların atmosfere zararı, havayı fazlaca kirlletmeleri, yakıt maliyetlerinin de aşırı derecede artması nedeniyle tercih sebebi olmamaya başlamışlardır. Bu sebeple de elektrikli araç teknolojisinin daha da gelişmesine yol açmaktadır. [3].



**Fotoğraf 1.** Elektrikli Araçların ilk örneği 1835 yılında Thomas Davenport tarafından Amerika’da icat edilmiştir.

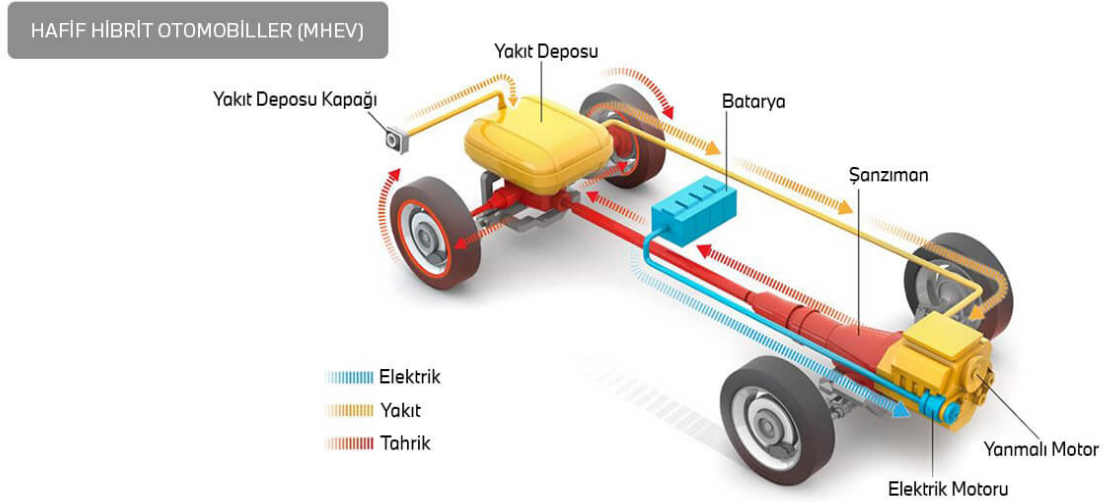
Farklı tür ve çeşitte çalışmalara hız kazandırmasının önünü açmıştır. Hali hazırda kullanılan Elektrikli Araçlar 3 ana grupta toplanmaktadır. Enerji alma ve kullanmalarına göre sınıflandırılan bu araçların başını çeken Tümü Elektrikli Araçlardır. Bu grup araçlar gücünü tamamen bataryadan almaktadır. Günümüzde popülaritesi giderek artmaktadır. Bunun başlıca sebebi ise batarya teknolojisinin artması ve üzerinde fazlaca çalışılmasıdır. Diğer kullanılan bir başka elektrikli araç türü ise Hibrit Elektrikli Araçlardır. Bu türdeki araçlar şu anda en çok ve en yaygın kullanılan elektrikli araç türüdür. [7,8].

Tümü Elektrikli Araçlar, tamamen elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. İçten yanmalı bir motorları yoktur. Emisyon olmadığından çevreye zararları yoktur. Fakat menzilleri çok fazla olmadığından kullanım açısından hala tam manasıyla tercih haline gelmemektedir. Başka bir olumsuz durumu ise hala yeterli şarj istasyonunun olmaması ve yaygınlaşmamasıdır. Bu alanda yapılan çalışmalar giderek artmakta ve gelinen durumda artık gözle görülür neticeler alınmaya başlamıştır.



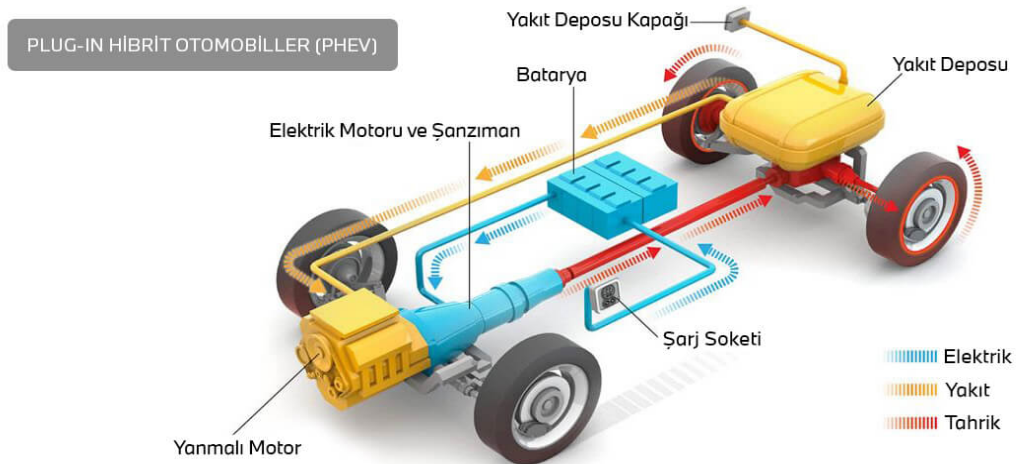
**Şekil 3.** Tümü Elektrikli Araçların Şematik Gösterimi

Hafif Hibrit Araçlar, bir araçta hem içten yanmalı motor hem de elektrik motorunun olmasıdır. Elektrik motorunun çalışmasıyla içten yanmalı motor desteklenir. Tüm araçlar ilk çalıştıkları anda enerji harcaması en üst seviyelerde olduğundan bu anda elektrikli motor, içten yanmalı motoru desteklemektedir. Bundan dolayı da hem yakıt tüketimi azaltılır hem de çevreye verilen zarar en aza indirilmektedir. Geri kazanımlı fren sistemi sayesinde sürtünme kullanılarak otomatik olarak şarj edilmesine imkan sağlamaktadır. Tüm bunların sayesinde hafif hibrit araçlar şarj istasyonu kullanmamaktadır. Hafif hibrit elektrikli aracın asıl kullanılma sebebi yakıt maliyetinin azlığıdır. [7].



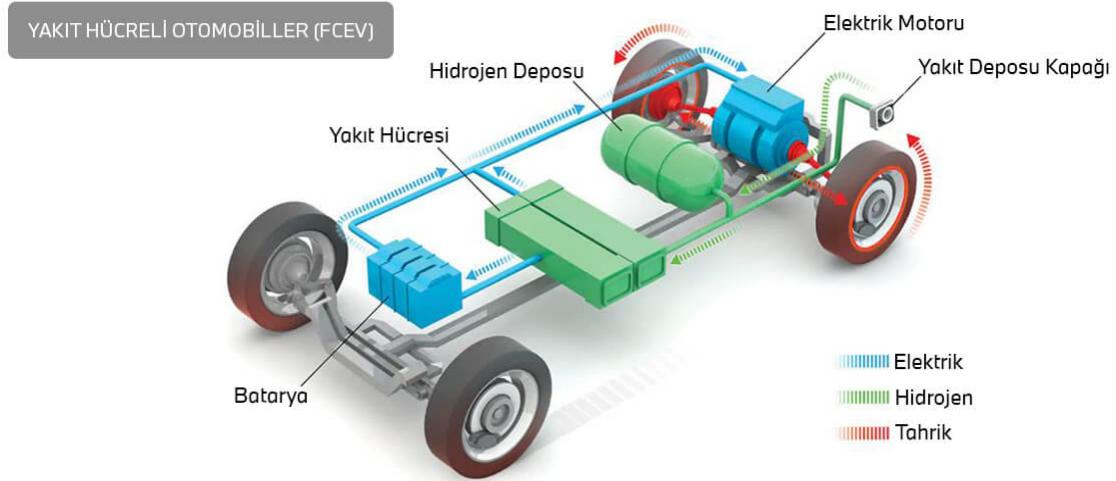
**Şekil 4.** Hafif Hibrit Araçların Şematik Gösterimi

Plug-in Hibrit Araçlar, yine aynı anda hem içten yanmalı hem de elektrikli bir motordan oluşmaktadır. Burada ayırt edici özellik hem geri kazanımlı fren sistemiyle şarj hem de fişli bir vasıta ile aracın şarj edilmesi olanağıdır. Bu tip araçlar bir şarj istasyonu ile kendini şarj edebilmektedir. Bu özellik aracın menzilini artırmak için yapılan bir adım olarak görülmektedir.



**Şekil 5.** Plug-In Hibrit Araçların Şematik Gösterimi

Yakıt Hücresel Araçlar, hidrojen ve oksijen gazlarının elektrik enerjisine dönüşerek elektrikli motorun bir batarya vasıtası ile çalışmasını sağlamaktadır. Bu araç tipi kendi elektriğini kendisi üretmektedir. Çevreye neredeyse hiç zararı olmayıp sıfır emisyonu vardır. Lakin bu tip aracın üretilmesinin maliyeti çok yüksek olduğundan dezavantajlı olarak bilinmektedir.



Şekil 6. Yakıt Hücresel Araçların Şematik Gösterimi

### 3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Günümüzde artık çevreye verilen zararın en aza indirilmesi için çok fazla çalışma yapılmaktadır. Bu çerçevede kullanılan araçlarında elektrikli araç olarak üretilmesi ve akabinde kullanılması arzu edilmektedir. Bunun için gerekli teknolojik AR-GE çalışmaları yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. İnsanların kullanımına sunulan elektrikli araçların hala istenilen ilgiyi görmemesi ve kullanımının da yaygınlaşmasının belli başlı nedenleri vardır. Bunlar; yüksek maliyetle olmaları, yedek parça ulaşım sıkıntısı ve maliyetleri, şarj istasyonları azlığı gibi nedenler başı çekmektedir. [3,7].

Zamanla elektrikli araca oluşacak taleple birlikte tüm bu sıkıntıların çözüleceği ve artık kullanımının da artması öngörülmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı Elektrikli Araç teknolojisinin birçok avantajı olmakla birlikte dezavantajı da vardır. Aşağıdaki Çizelge 1’de sırasıyla; Tümü Elektrikli Araçlar, Hibrit Elektrikli Araçlar, Plug-in Hibrit Araçlar, Yakıt Hücresel Elektrikli Araçlar olmak üzere avantajları ve dezavantajları özetlenerek yazılmıştır.

**Çizelge 1.** Elektrikli Araçların Avantajları ve Dezavantajları Tablosu

| TEKNOLOJİ                                  | AVANTAJLARI                                                                                                                                                                                                                                                    | DEZAVANTAJLARI                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TÜMÜ<br>ELEKTRİKLİ<br>ARAÇLAR              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum ses ile çalışma</li> <li>• Yakıt maliyeti düşük</li> <li>• Egzoz emisyonu yok</li> <li>• Geri enerji kazanımı</li> <li>• Regeneratif frenleme ile mümkün</li> <li>• Bataryanın hızlı şarj olması</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kısıtlı menzil</li> <li>• Bataryanın yetersizliği</li> <li>• Şarj istasyon kapasitesi yetersizliği</li> <li>• Kaza ve kırımlarda yangın güvenlik önlemleri belirsizliği</li> </ul>                                                                                 |
| HİBRİT<br>ELEKTRİKLİ<br>ARAÇLAR            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• yakıt maliyeti düşük</li> <li>• Az yakıt tüketimiyle orantılı olarak düşük egzoz emisyonu</li> <li>• Geri enerji kazanımı</li> <li>• Regeneratif frenleme ile mümkün</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Üretim maliyetleri yüksek</li> <li>• İki farklı motor olmasından güç aktarımı esnasında sıkıntı yaşanması</li> <li>• Yedek parça ulaşım sıkıntısı</li> </ul>                                                                                                       |
| PLUG-IN<br>HİBRİT<br>ELEKTRİKLİ<br>ARAÇLAR | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimum yakıt kullanımı ile performans verimliliği</li> <li>• Az yakıt tüketimiyle orantılı olarak düşük egzoz emisyonu</li> <li>• Geri enerji kazanımı</li> <li>• Regeneratif frenleme ile mümkün</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Üretim maliyeti oldukça yüksek</li> <li>• İki farklı motor olmasından güç aktarımı esnasında sıkıntı yaşanması</li> <li>• Batarya maliyetleri ve değişimlerinin gerekliliği</li> <li>• Araca ekstra yük olarak batarya ve elektronik aksamaların olması</li> </ul> |
| YAKIT<br>HÜCRELİ<br>ELEKTRİKLİ<br>ARAÇLAR  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Petrole bağımlı olmaması</li> <li>• İçten yanmalı motorlara göre daha yüksek enerji verimliliği</li> <li>• Sıfır egzoz emisyonu</li> <li>• Geri enerji kazanımı</li> <li>• Regeneratif frenleme ile mümkün</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aşırı yüksek üretim maliyeti</li> <li>• Hidrojen üretimi zorluğu</li> <li>• Yakıt ikmalinin sıkıntılı olması</li> <li>• Hidrojen kullanımından dolayı yüksek basıncın getirdiği güvenlik tedbirleri ve zafiyetleri</li> </ul>                                      |

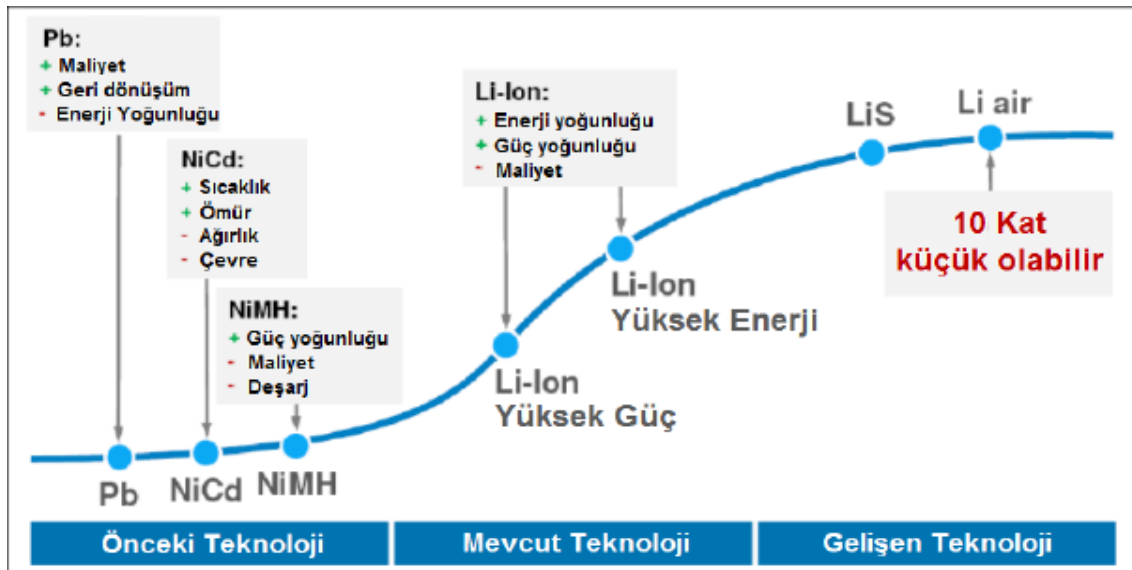
#### 4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN BATARYALAR

Gelişen Dünya teknolojisinde günümüz şartlarında çok çeşitli Elektrikli Araç batarya teknolojileri üzerinde çalışılmaktadır. Yıllar boyunca Kurşun-Asit bataryalar Elektrikli araçlarda kullanılmıştır. Daha sonra 1980'li yıllarda yeni modern Elektrikli Araçların devreye girmeleri ile daha güçlü ve performansı yüksek batarya ihtiyacı doğmuştur. Böylelikle Nikel-Kadmiyum bataryalar daha sonralarda da Hibrit Elektrikli Araçlarda kullanılmak içinde Nikel-Metal-Hidrit bataryalar geliştirilerek kullanılmıştır. [1,2,5].



Şekil 7. Elektrikli Araca yerleştirilen bir batarya hücresi örneği

Tüm bu batarya çeşitleri istenilen enerjiyi ve sürüş mesafesini artıracak enerji yoğunluğuna sahip olamadıklarından verimli olmamıştır. Son zamanlarda artık giderek artan Elektrikli Araç kullanımı ve üretiminden dolayı artık bataryalarda da iyileştirmeye ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için; Lityum-İyon, Lityum İyon Polimer, Sodyum Nikel Klorür, Lityum Demir Fosfat, Çinko Hava, Lityum Sülfür, Lityum Hava gibi çok çeşitli bataryalar üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. [12,13].



Şekil 7. Elektrikli Araçların bataryalarının teknolojik gelişim şeması

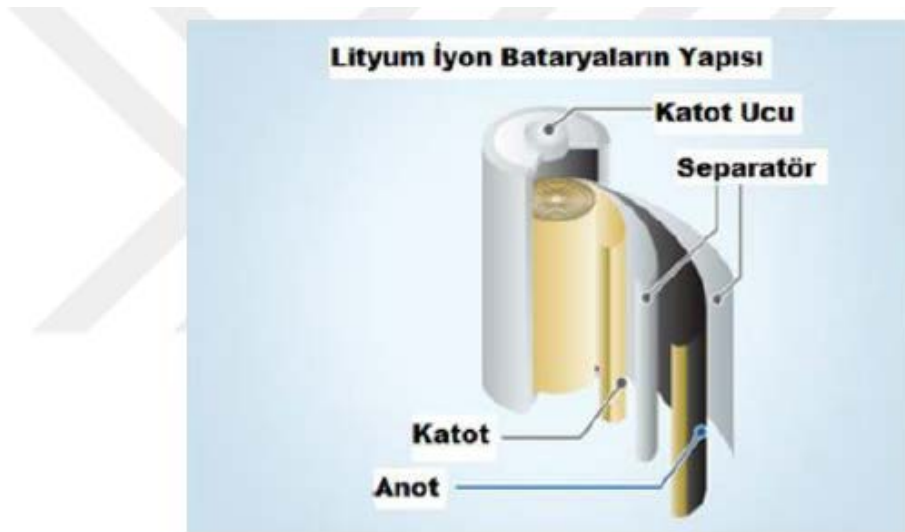
**Çizelge 2.** Elektrikli Araçlarda Kullanılan Bazı Bataryalar ve Özellikleri Tablosu

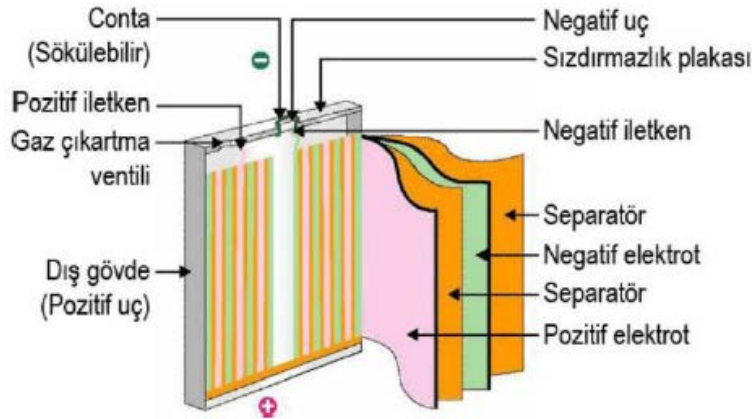
| Bataryalarda Kullanılan Pil Çeşitleri | Voltaj (V) | Enerji Yoğunluğu (Wh/kg) | Çevrim Ömrü | Çalışma Sıcaklıkları (C) |
|---------------------------------------|------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| Kurşun-Asit (Pb-Acid)                 | 2          | 35                       | 1000        | -15, +50                 |
| Nikel Kadmiyum (NiCd)                 | 1.2        | 50-80                    | 2000        | -20, +50                 |
| Nikel Metal Hidrat (NiMH)             | 1.2        | 70-95                    | 3000        | -20, +60                 |
| Lityum İyon (Li-İon)                  | 3.6        | 118-250                  | 2000        | -20, +60                 |

Bu çalışmalar her geçen gün daha da ileriye giderek devam etmektedir. Dünya otomotiv teknolojisi için umut verici adımlar atılmaktadır. İleri dönemlerde özellikle lityum, hava ve silikon içeren bataryalar ümit artıcı bataryalar olarak öngörülmektedir. [14].

## 5. LİTYUM-İYON BATARYALAR

Lityum-iyonun diğer metal oksitlere göre kullanılması ve tercih edilmesinin sebebi kapasitesi yüksek ve ucuz olmasıdır. Lityum iyon diğer bataryalara göre daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olduğundan tercih sebebi olmuştur. [12].

**Şekil 8.** Silindirik Lityum-İyon Pillerin Yapısı



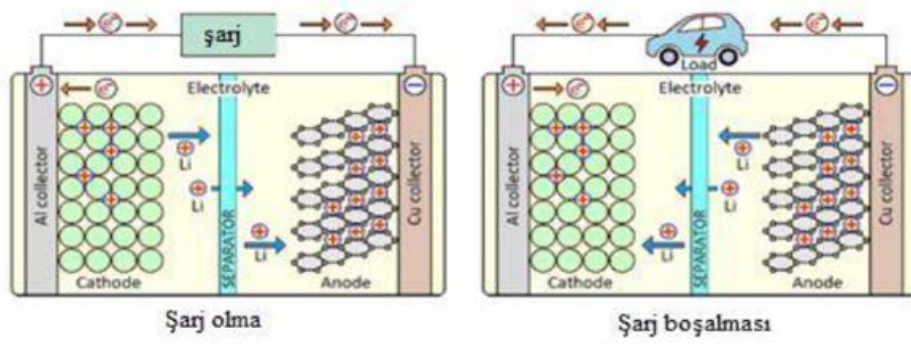
Şekil 9. Düzlem Lityum-İyon Pillerin Yapısı

Lityum iyon bataryaların diğer bataryalara göre avantajları ve dezavantajları aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.

Çizelge 3. Lityum İyon Bataryaların Avantajları ve Dezavantajları Tablosu

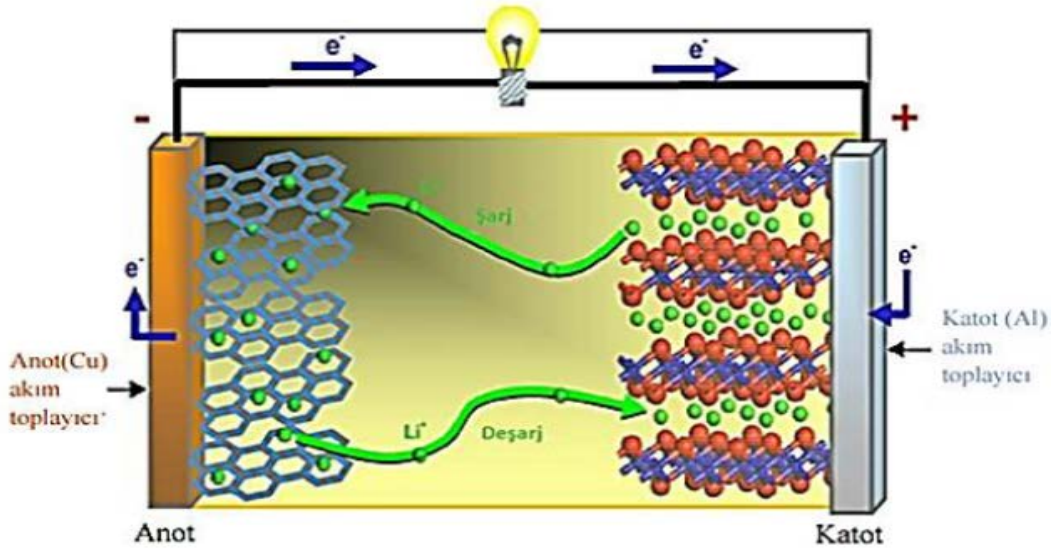
| AVANTAJLARI                                    | DEZAVANTAJLARI                                                                                                |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kapalı hücreli olduğundan bakım gerektirmemesi | Maliyeti yüksek olması                                                                                        |
| Raf ömrünün diğerlerine göre uzun olması       | Yüksek sıcaklıkta bozulup tehlikeli olması                                                                    |
| Kullanımı uzun ömürlüdür                       | Koruyucu bir devreye ihtiyacı olması                                                                          |
| Çalışma sıcaklık aralığının geniş olması       | Şarj esnasında aşırıya kaçılması sonucunda kapasite kaybının olması veyahut termal bozulmaların gerçekleşmesi |
| Şarjın çabuk olması                            |                                                                                                               |
| Enerji veriminin yüksek olması                 |                                                                                                               |
| Deşarj kapasitesinin yüksek güçte olması       |                                                                                                               |

Tekrar şarj edilebilen Lityum İyon bataryaların çalışma prensiplerinden kısaca bahsetmek gerekirse; Batarya tipi 3 bölümden oluşmaktadır. Bunlar anot, katot ve elektrolit olarak bilinmektedir. Anot negatif, katot pozitif elektrot olarak görev almaktadır.



Şekil 10. Lityum-İyon Bataryaların Çalışma Mantığı

Pilin çalışma mekanizması lityum iyonunun anot katot arasındaki geçişlere dayanmaktadır. Şarj esnasında lityum iyonları katottan anoda doğrudur. Deşarj esnasında ise anottan katoda doğrudur.

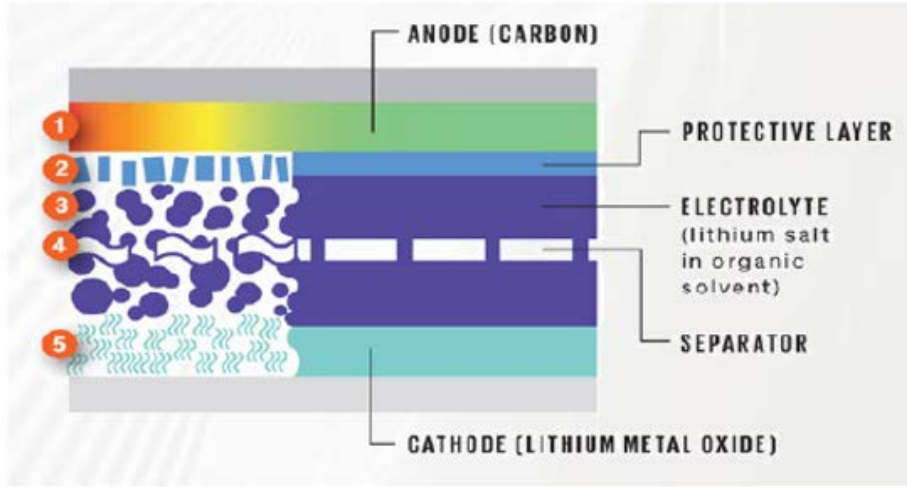


Şekil 11. Lityum-İyon Bataryaların Şarj-Deşarj Mekanizması

Lityum İyon bataryaların olumsuz yönlerinden de bahsetmek gerekmektedir. Bataryaların performanslarını etkileyen sıcaklık parametreleri vardır. Eğer belirlenen parametrelerin üstüne veya altına düştüğü olursa o zaman bataryalar tam verimli halde çalışmazlar. Bu durum hem bataryanın hem de aracın performansını doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında yüksek sıcaklıkla başlayan ve devam eden durumlarda termal kaçaklara bağlı olarak bataryanın yanması veya patlaması görülmektedir. Lityum İyon bataryaların ısınma sebepleri kısaca şöyledir. Şarj ve deşarj anında meydana gelebilecek reaksiyonlar ve iç dirençlerin ısınmasıdır. [5,15].

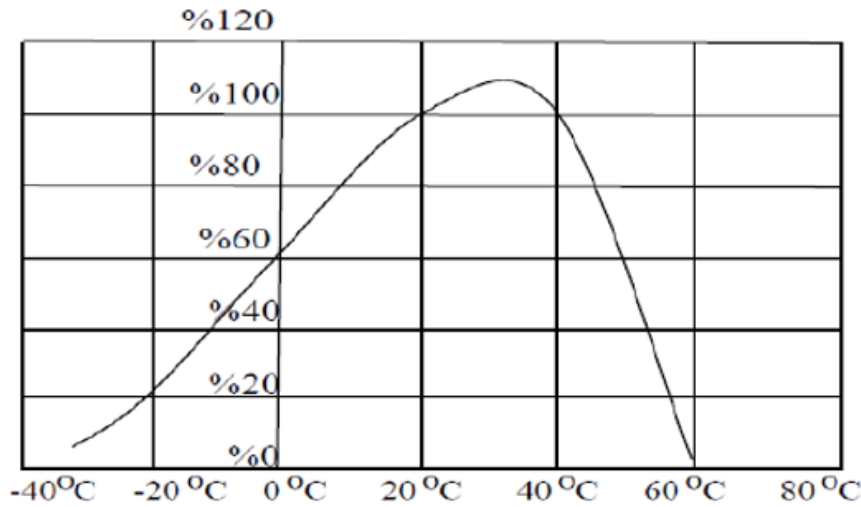
Yukarıda bahsedilen olay gerçekleşir ise Lityum İyon pilin ısınmasıyla aşağıdaki durumlar gözlemlenir;

1. Isınma başlar ve sıcaklık artışı gözlemlenir,
2. Pilin koruyucu kısımları erimeye başlar,
3. Elektrolitler ısınarak yanabilir ve yanması sonucu gaz açığa çıkarabilir,
4. Aradaki seperatör eriyerek kısa devre riskini arttırabilir,
5. Katot özelliğini kaybederek ortama oksijen gazı açığa çıkarabilir.



Şekil 12. Lityum-İyon Bataryaların Isınmasının Sonuçları

Lityum İyon bataryalarının en uygun çalışma aralığı ve en verimli aralığı 15-35 °C olarak bilinmektedir. Kabul edilebilir sıcaklık aralığı ise -20 +60 °C aralığındadır. Lityum İyon bataryaların güçleri ve sıcaklıkları arasındaki durumu tam manasıyla aşağıdaki grafik anlatmaktadır. [1,2,15].



Şekil 13. Batarya Gücü-Sıcaklık Grafiği

## 5. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞARJ İSTASYONLARI

Elektrikli Araçların artık yollarda yerini almaya başlamasıyla birlikte yeni bir ihtiyaç doğmuştur. Elektrikli Araçların şarj ihtiyaçlarının karşılanması için önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların başında da Elektrikli Araçların Şarj İstasyonları gelmektedir. Günümüz teknolojisinde bu çalışmaya yapılan altyapı çalışmaları giderek artmaktadır. Elektrikli Araçların giderek yaygınlaşması bu çalışmaların tetikçisi olmaktadır. Bu istasyonlarda önemli olan etkenler; şarj sistemlerinin alt yapısı, elektrik tesisatlarının güvenli olması, içeriğinde olacak tüm bileşenlerin birbirleriyle uyumları ve en önemlisi de güvenli ve kontrollü bir sistem olması gerekmektedir. [9].

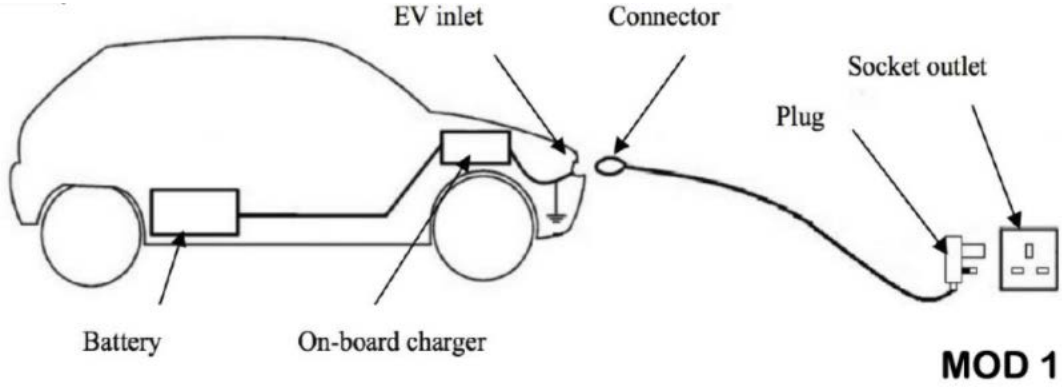


**Fotoğraf 2.** Elektrikli Araçların Şarj İstasyonu (ENERJİSA, 2021)

## 6. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞARJ YÖNTEMLERİ

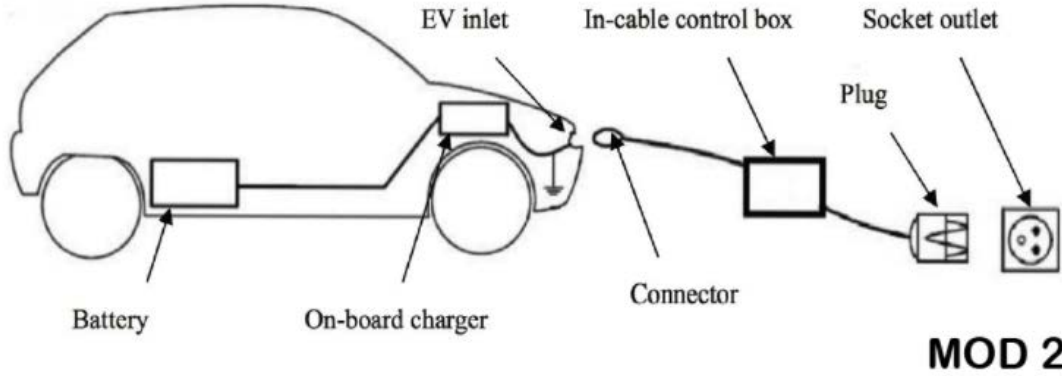
Elektrikli Araçlarda kullanılan sistem genellikle bataryalı sistemlerdir. Bu durumun getirdiği en önemli problem ise şarj konusu olmaktadır. Şarj yapma durumu iki şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar; Temaslı Şarj ve Temassız Şarj olarak bilinmektedir. Bunların güçleri, tüm ekipman ve donanımları farklı yapı ve tiplerde olmaktadır. İlk olarak Temaslı Şarj İstasyonlarından başlamak gerekirse; Dünya genelinde en çok kullanılan şarj yöntemidir. Bu yöntem Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonları arasında temaslı olarak gerçekleşen bir yöntemdir. Genelde bu yöntemin kullanılmasının ve tercih edilmesinin sebebi henüz daha temassız şarj teknoloji çalışmalarının devam ediyor olmasıdır.

Temaslı Şarj yöntemi bir kablo vasıtası ile araç ile istasyondaki enerji arasına kablo bağlantısının yapılmasıyla şarj olayının gerçekleşmesidir. Bu enerji akışıyla birlikte birde haberleşme sistemi ve diğer altyapısal olayları da barındıran bir sistemdir. Bu sistemin içeriği ise; enerjinin alt yapısı, alçak gerilim ve yüksek gerilim hatları, kompanzasyon panoları ve üniteleri gibi birçok aksamdan oluşmaktadır. Tüm bu şarj istasyonlarının üretimi belli standartlara göredir. Uluslararası şarj istasyonları standartlara göre üretimi yapılmaktadır. Günümüzde en güvenilir yöntem olarak Temaslı Şarj bilinmektedir. Şarj Üniteleri ülkelere göre değişiklikler göstermektedir. Bu değişikliğin başlıca sebepleri ise doğru akımla (DC) ve alternatif akımla (AC) şarj türleridir. Şarj türlerinin modaları bulunmaktadır. Bu modlar Mod 1, 2, 3 ve 4 olarak ayrılmaktadır. Mod 1 Elektrikli aracın direkt olarak AC bir prize bağlanarak şarj edildiği moddur. Bu modda akım 16 A, gerilim ise 250 V olarak sınırlandırılmıştır. [11].



Şekil 14. Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri Mod 1

Mod 2 şarj yöntemi Mod 1' e göre tek farkı kablo üzerinde bir haberleşme adaptörü kullanımı zorunlu olmasıdır. Mod 2 de akım 32 A, gerilim ise 250 V olarak sınırlandırılmıştır.

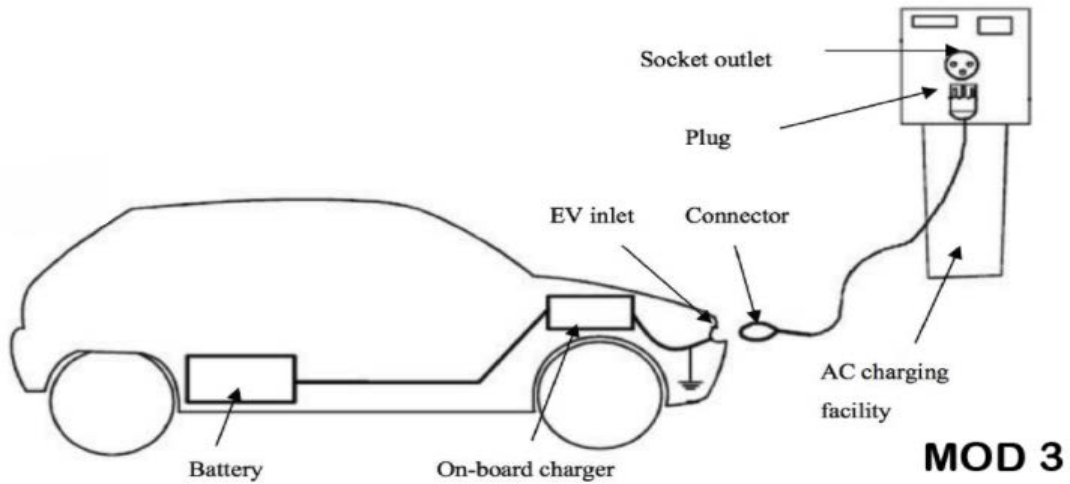


Şekil 15. Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri Mod 2

Mod 3 ise diğer modlarda olan standart AC priz yerine Mennekes tipi bir konnektörle tipli bağlantı yapılmaktadır. Araç kabul edebileceği akım seviyesini şarj istasyonuna Mennekes soketinde bulunan pinler ile iletir. İstasyon gerekli akımı ayarlayarak araca enerjiyi aktarır. Bu Pinler; Üç ayrı fazı (L1, L2, L3), Nötr bağlantısını (N), Topraklama bağlantısını, Kontrol ve Haberleşme Pinleri olmak üzere 7 kısımdan oluşmaktadır. [10,11].

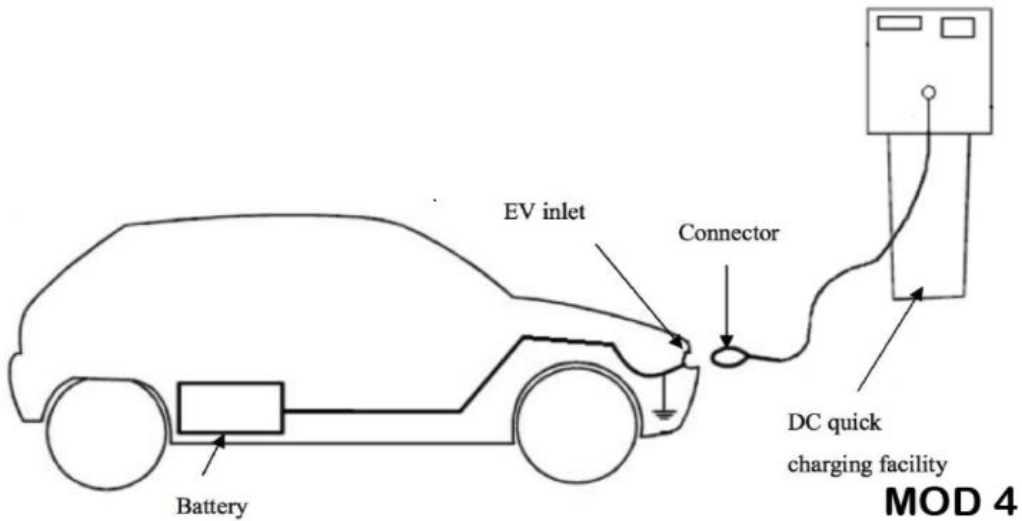


Şekil 14. Elektrikli Araçların Mennekes Tip Şarj Soketi



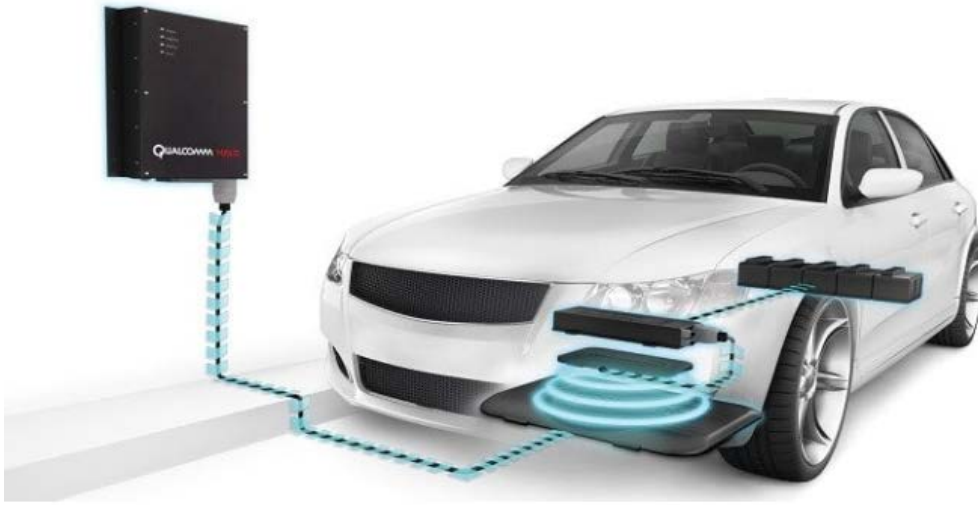
**Şekil 15.** Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri Mod 3

Mod 4, bu mod Elektrikli Araçların hızlı şarj olmasına yönelik düzenlenen bir moddur.



**Şekil 16.** Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri Mod 4

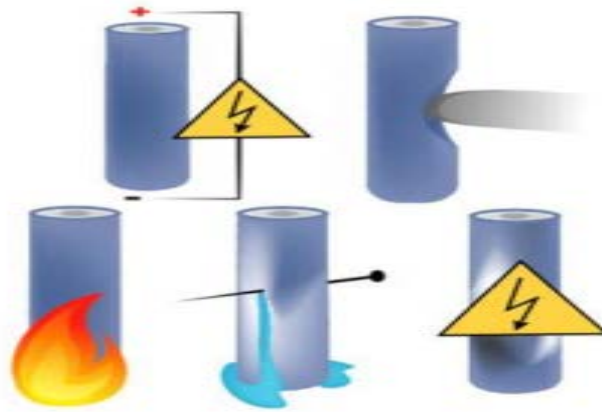
Temassız Şarj yöntemi ise; günümüzde kullanılan ve yaygınlaşan temassız şarj istasyonları elektrikli araç sahiplerini uzun süreler boyunca şarj istasyonlarında bekletmektedir. Üretilen araç menzillerinin de göz önünde olması sebebiyle bu durum kullanıcılar için büyük bir zaman kaybı olarak görülmektedir. Artık kablosuz şarj özelliği cep telefonları gibi küçük elektronik aletlerinde kullanılmaktadır. Bu durumun uyarlanarak Elektrikli Araçlarda da kullanılması için birçok teknolojik çalışmalara başlanılmış ve çok iyi neticeler alınmaya devam edilmektedir. Eğer bu teknoloji daha da gelişir ve hayatımıza girerse artık Elektrikli Araç kullanıcılarının zaman kaybına uğramaları söz konusu olmayacak ve Elektrikli Araç kullanımı gün geçtikçe artacaktır. İnsanlar bu yöntem ile yol kenarlarında bile araçlarını şarj edebilecek duruma geleceklerdir. [11].



Şekil 17. Elektrikli Araçların Temassız Şarj Yöntemi

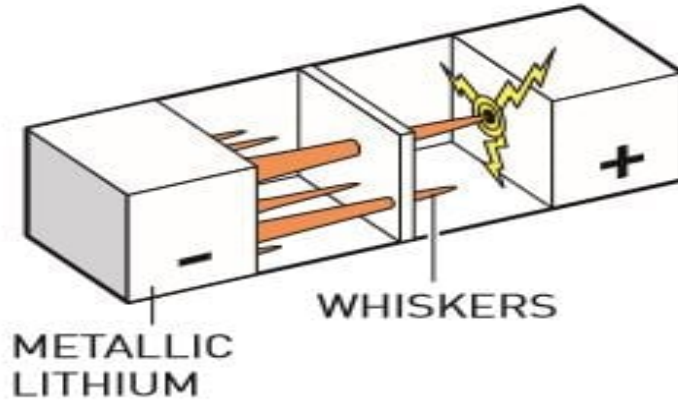
## 7. LİTYUM İYON BATARYALARIN YANGIN RİSKLERİ

Lityum iyon pillerde yanma olayının en yaygın ve en çok görüleni pil hücresinin içerisinde bulunan elektrokimyasalların kısa devresi sonucudur. Hücre içinde bulunan anot ve katot arasında elektriksel bir temas çeşitli sebeplerle oluşabilmektedir.



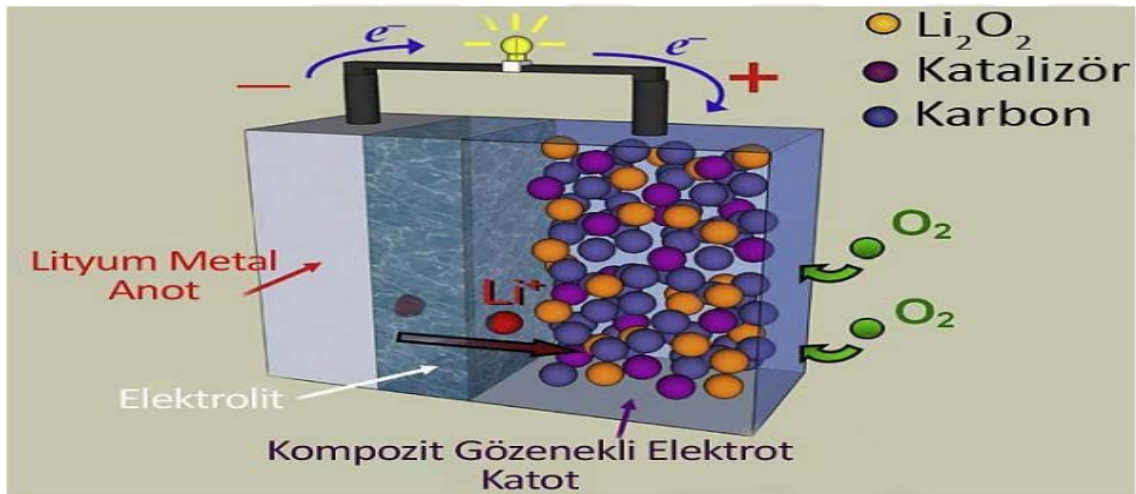
Şekil 18. Lityum İyon Batarya yanmasını tetikleyecek eylemler

Örneklerle söylemek gerekirse, pil hücresinde mekanik bir hasarla olabilir, hücre içerisinde bulunan elektrotların bilinçsiz ve düzensiz kesilmesiyle olabilir veya anot ve katot arasına yabancı bir metal parçası girebilir işte tüm bu sebeplerden ötürü lityum iyon pilin üretim teknolojisinin ihlali söz konusu olan başka nedenlerde olabileceğinden kısa devreler neticesinde lityum iyon pil yanma olayı ile karşı karşıya gelebilmektedir. Bataryanın şarj esnasında aşırı yüklenmeye maruz kalması, düşük şarj durumunda, aşırı hava sıcaklıklarında kısa devre oluşmaktadır. [11,13].



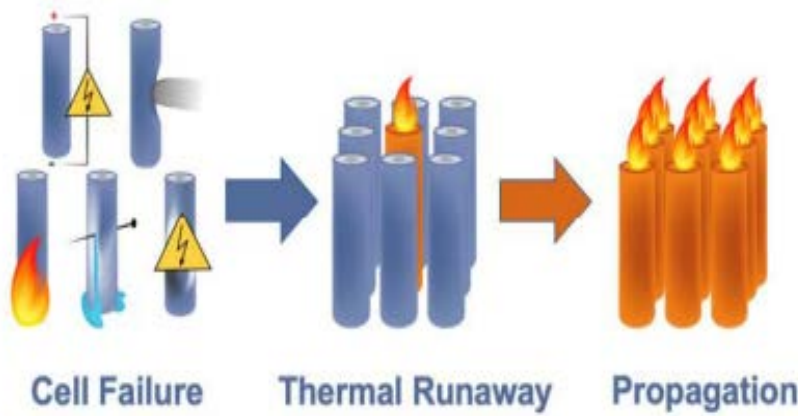
**Şekil 19.** Anotta saf lityum bulunan bir pil şarj edildiğinde lityum tüyleri oluşur. Bunlar pilde kısa devre yapabilir ve yangınlara ve hatta patlamalara neden olabilme durumu.

Tüm bunların neticesinde kısa devreye maruz kalan pil hücresi ısınmaya başlar. Olması gereken ideal sıcaklık değerleri 20, 50 °C'dir. Isınan pilde bu değerler artış gösterecektir. Sıcaklık 70-90 °C'lere ulaştığında pilin anot kısmında bulunan koruyucu tabaka bozularak, anotta bulunan lityum elektroliti reaksiyona girerek hidrokarbonların serbest kalmasını sağlamaktadır. Tüm bu parlayıcı maddelerin olmasına rağmen henüz bir yanma meydana gelmez. Fakat ekzotermik bir olay olduğundan pilin içerisinde sıcaklık artmaya devam etmektedir. Sıcaklık ve diğer gazların çıkışı ile pil içerisinde basınçta yükselmeye devam edecektir. Isınan pil hücresinde sıcaklık 180-200 °C'lere ulaştığında ise pil hücresinin içerisinde bulunan katot maddesi reaksiyona girerek içerisindeki oksijeni açığa çıkarır ve böylelikle de yanmanın gerçekleşmesi için gerekli olan ısı, oksijen ve yanıcı maddeler ortamda tamamlanmış olur. [5].



**Şekil 20.** Lityum metalinin oksijen ile tepkimeye girmesi durumu.

Tüm bunlara istinaden de elektrolitlerde ısıl ayrışmaya sebep olacak sıcaklığa 200-300 °C' da ulaşılmış olduğundan pil hücresi ekstra ısı üretmeye başlayacaktır. Son olarak alüminyum koruyucuyu da eritecek 660 °C' lik sıcaklığa da ulaştığında artık pil hücresinde bozulacak bir şey kalmadığından sıcaklık 900 °C'nin üzerine çıkmayacaktır. [5,15].

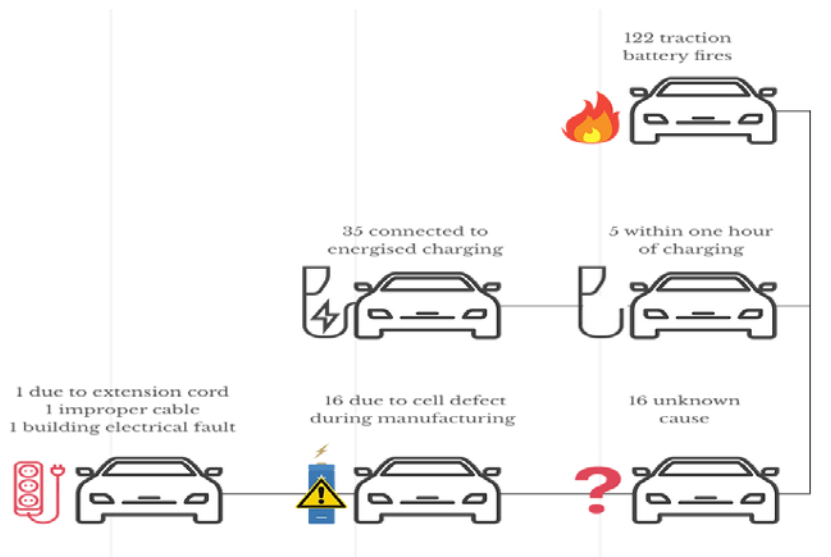


**Şekil 21.** Lityum İyon Bataryalarda termal kaçakların zaman içerisindeki evrimi

Kısa devreye ek olarak pil bataryasının kendiliğinden yanmasına başka sebeplerde bulunmaktadır. Bunlar; pilin aşırı ısınması, yanlış şarj yöntemleri, yanlış kullanım teknikleri gibi nedenlerden de olabilmektedir. Tüm bunların çıktığı tek kapı ise elektrotların etkileşimiyle ısın olarak ayrılarak yanmaya sebep olmasıdır.

## 8. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN YANGIN RİSKLERİ

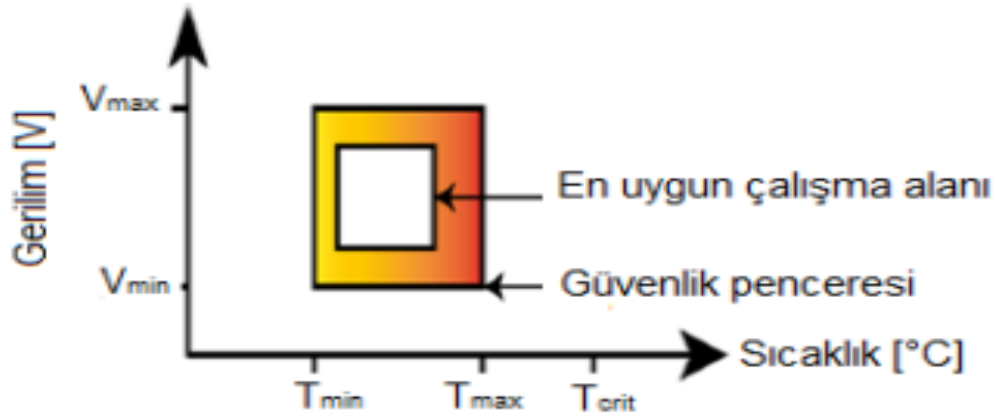
Elektrikli araçların kullanıcılar ve çevremizde yer alan tüm canlılar için olumsuz yönlerinden başı çeken durumlardan en önemlisi, yangınları ve acil durumlarda müdahaleleridir. Elektrikli araçlarda kullanılan genellikle lityum iyon bataryaların baskın olduğu, kullanımının da yaygın olduğu bilinmektedir. Bunun için yangın riskleri ve yangın güvenlikleri çeşitli problemlere yol açmaktadır. Bu korkutucu durum lityum iyon bataryanın enerji yoğunluğuyla alakalıdır. [12, 13].



**Şekil 22.** Elektrikli araç yangınlarının çıkış sebepleri şeması

Elektrikli Araçlarda veya diğer lityum iyon bataryaların kullanıldığı ekipman ve araçlarda, lityum iyon bataryaya dışarıdan harici bir darbe, aşırı çalışma, ısınma gibi nedenlerden dolayı istenmeyen durumlarla karşı karşıya kalınabilmektedir. Bu durumlar genellikle; kıvılcım, yanıcı gaz çıkışı, zehirli duman çıkışları, sürekli olarak yanma durumu, alevlerin sönmemesi gibi durumlarla karşılaşmak sık gerçekleşen durumlar arasındadır. [14, 15].

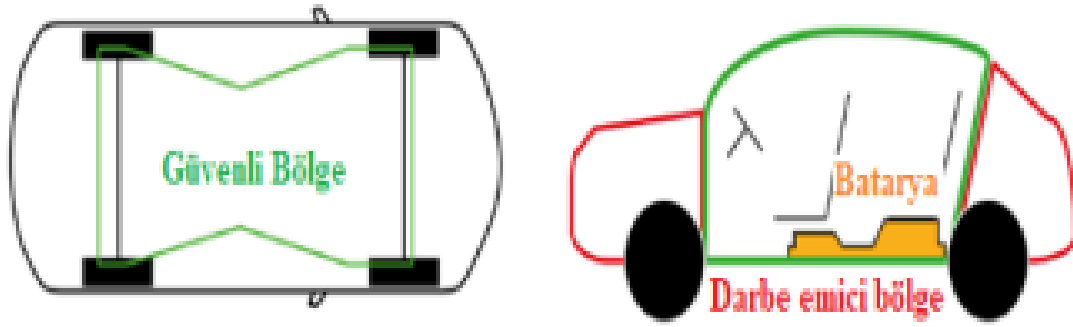
Elektrikli araç kullanıcıları, elektrikli araçlarını fosil yakıtlı içten yanmalı araçlar gibi çalıştırmayı arzulamaktadırlar. Fakat gerçek duruma baktığımızda, bataryaların en iyi performans sağladıkları sıcaklık aralıkları bellidir. Buda 20~30°C aralığındadır.



**Şekil 23.** Lityum İyon bataryalar optimum ömür ve güvenliği garanti etmek için sınırlı bir sıcaklık ve şarj aralığı

Aşırı sıcak veya aşırı soğuk havalarda pilin çalışma performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumda pilin ömrünü kısaltmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda pillerin hücrelerinde reaksiyonlar meydana gelebilir bu durumda otomatik olarak bataryanın ısınmasına akabinde elektrikli araçta yangına sebebiyet verecek termal kaçaklara neden olmaktadır. Düşük sıcaklıklarda yani aşırı soğuklarda da pilin iç direnci artacağından pil içerisindeki ek ısıtma sistemlerinin oluşmasına neden olarak pil yangınları ihtimalini göz önüne getirmek önem arz edecektir.

Birçok lityum iyon pil yapısının muhafazası olmadan kırılabilir olması bir gerçektir. Trafik kazaları hayatımızın olumsuz gerçeklerinden bir tanesidir. Bu durum yıllar boyunca süregelen ve halen de devam etmektedir. Gelişen teknoloji her ne olursa olsun bu gerçek değişmeyecektir. Elektrikli araçlarda diğer araçlar gibi birçok trafik kazası yapılması aşırıdır. Günümüzde yapılan elektrikli araçların bu durumu göz önünde bulundurularak yapılması, lityum iyon pil hücrelerinin bu kazalardan etkilenerek çeşitli zararlara yol açabileceğinden bu hücrelerin tasarımları da en az zarar hatta hiç zarar görmeyecek şekilde tasarlandığı bilinmektedir.



**Şekil 24.** Lityum İyon bataryaların yerleşim düzeni örneği

Lityum iyon pil hücresinin kaza anında delinmesi düşünüldüğünde bu riski en aza indirecek halde güçlendirilmiştir. Lityum iyon pil hücresi aracın en az zarar alacak yerine gerekli önlemler alınarak yerleştirilmektedir.

Diğer bir yangın riski ise çok hızlı şarj edip çok hızlı bu şarj enerjisinin kullanılmasıdır. Bu durum araçta erken arılara sebebiyet vereceğinden eğer bilinçli bir kullanıcı olmaz ise bu durum yanma olayına dönüşerek kullanıcıları geri dönülmez bir zarara itecektir.

Tüm bunların yanı sıra yangın riskleri bunlarla da sınırlı değildir. Yanmaya yol açabilecek birçok faktör ve durum sayılabilir. Bunlar; şarj durumunda sistemin arızalanması, şarj kablolarının deforme olması, şarj anında aşırı enerji yüklenmesi olması, çevrede yanıcı maddelerin reaksiyona girmesi, elektriksel diğer problemler gibi daha birçok riskler mevcuttur. Dışarıdan harici insan faktörleri araç kundaklama gibi durumlarda göz önünde bulundurulmalıdır. [16].

## 9. YANGIN SÖNDÜRME VE YANGINLA MÜCADELE STRATEJİLERİ

Lityum İyon bataryaların ve diğer elektrik araç bataryalarının yangınları ile baş etmek, bastırmak veya söndürmek için ne yazık ki dünya bu teknolojiyi bulmuş değildir. Literatür çalışmaları az sayıda olmasına rağmen yaşanan olaylar ve kazanılan bazı adımlar çıkarımlar olmuştur. Bu çıkarımlardan yapılan tespitler; lityum iyon bataryaların yanmaları ve bu yanma neticesinde yangına dönüştüklerinde bu yangınların kontrol altına alınması oldukça zor ve güç olduğu, yangınları söndürmek için çok fazla söndürücüye ihtiyaç olduğu ve ne olursa olsun yeniden bir alevlenmenin ortaya çıkmasının muhtemel olduğu bilinmektedir. [9].

Yangın geçmişlerine bakıldığında yeniden alevlenen bir yangın ile mücadele etmek her zaman güç olmuştur. Çünkü yeniden alevlenen yangınlar rastgele veyahut birdenbire belli bir süre geçse dahi yanma ve yangınla karşı karşıya gelebilmektedir. Yeniden yanmanın ve kıvılcımın olmamasını sağlamak gerekmektedir. Bunun en önemli yollarından biride aracın veya lityum iyon bataryanın tamamen yanmasına müsaade edilmesidir. Lityum iyon bataryada bulunan malzemelerin tamamen yanıp tükenmesiyle artık yangın üçgeninin de yanmayı sağlayamayacağı yanıcı maddenin tükeneceği göz önüne alındığından yangın olayı gerçekleşmeyecektir. Fakat bu teoride olan durum pratik ve uygulamada gerçekleşmesi her zaman mümkün olmayabilir ve

doğru yaklaşım olmayabilir. Bundan dolayı yine tercih edilecek en doğru yöntemlerden bir tanesi bastırma veya söndürme yöntemidir. Bunun için karbondioksit, kimyevi diğer söndürücüler vb. gibi yangın söndürücülerin kullanılması yangını bastırmak için yeterli olabilir fakat söndürmek için lityum iyon batarya paketinin sıcaklığının düşmesi önemli bir etkidir. Bunun için yine en güzel ve en iyi netice alacağımız su spreyi uygulamasıdır. Su hem bastırıp hem de elektrikli araçta bulunan yanıcılığı sağlayan batarya paketinin sıcaklığını düşürerek soğumasını sağlar. Fakat suyun da olumsuz bir yönünü ele almak gerekmektedir. Su lityum iyon batarya ile reaksiyona girerek hidrojen gazı açığa çıkarır ve lityum ile tepkimeye girerek olumsuz sonuçlar doğurmasına neden olabilmektedir. [16].

Elektrikli araçlar ve lityum iyon batarya yangınlarını söndürmek için müdahale ekiplerinin normal araçlara nispeten az şey bilinmesi tehlikenin ne kadar ciddi olduğu gerçeğini değiştirmemektedir. Literatür çalışmalarına bakıldığında bu değerlendirmeler ve uygulama çalışmaları ne yazık ki hep küçük ölçekte yapılmaktadır. Bu nedenle mevcutta kullanılan söndürme ve bastırma yöntemleri sahada sık sık tartışılmaktadır. Bundan ötürü herkesin duruma yaklaşım tarzı da değişmektedir. Örneğin kuru kimyevi maddelerin söndüreceği gibi bir durum ortaya atılabilir ancak bu durumu söndürücü madde ve söndürülen maddenin türevleri doğrudan etkilidir. Eğer karbondioksit veya kuru kimyevi söndürücüler yanan bir lityum iyon bataryaya uygulandığında, yanıcı gaz oluşumu veyahut gaz patlamasını tetiklemesi gerçeği düşük olasılıklar bile olsa gözden çıkarılmamalıdır.

Elektrikli araçlar üzerinde bulunan lityum iyon bataryaların soğutulması ve batarya hücresinin kendi ısı transferinin durdurulması için genellikle ne iyi sonuçların alındığı yöntem su ile söndürme yöntemidir. Mükemmel derecede soğutma mekanizmasına sahip olan suyun kısa devre ve dışarıya zehirli su akışını oluşturması yönüyle olumsuzluk getirisi olsa da hali hazırda en mantıklı ve en doğru söndürme yöntemi olarak görülmektedir.

Günümüzde en olumlu yaklaşım ve çözüme kavuşturan yöntem su dolu konteyner içine yanan aracın atılmasıdır. Elektrikli ve hibrit araçlarda lityum iyon piller, elektrikli aracın trafik kazası geçirmesi veyahut alev alması durumlarında itfaiye ve acil durum ekipleri için ciddi zorluklar oluşmaktadır. Dünyada birçok ülke kendi çözümünü bulmuş ve uygulamaya başlamıştır.



Şekil 25. Elektrikli Araç yangınları için tasarlanmış konteyner örneği

Elektrikli araçlar zarar gördükten hemen sonra da yanmaya başlayabilir, hasar aldıktan uzun süre sonrada yanmaya başlayabilir. Yanmaya başladıktan sonra ortama yanıcı gazlar ve zehirleyici gazlar açığa çıkarmaktadır. Bu durum çevreye ve insanlara zarar verebilir. Bundan dolayı ortamdaki uzaklaştırmak ve çabuk müdahale için uygun bir yöntem olarak elektrikli aracın konteyner içine atılması yapılmaktadır.



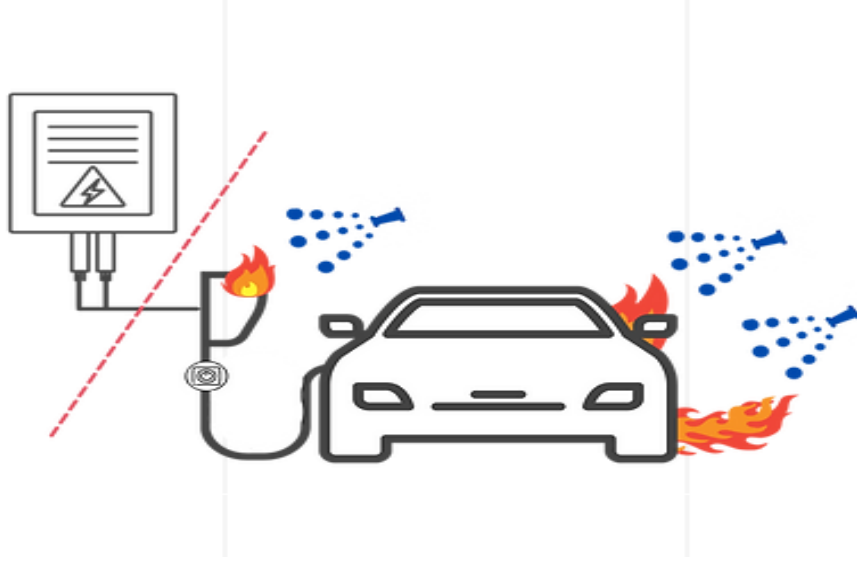
Şekil 26. Elektrikli Araç yangınlarına müdahale yöntemlerinden su dolu konteyner örneği



Şekil 27. Elektrikli Araç yangınlarına müdahale yöntemlerinden su dolu konteyner uygulaması

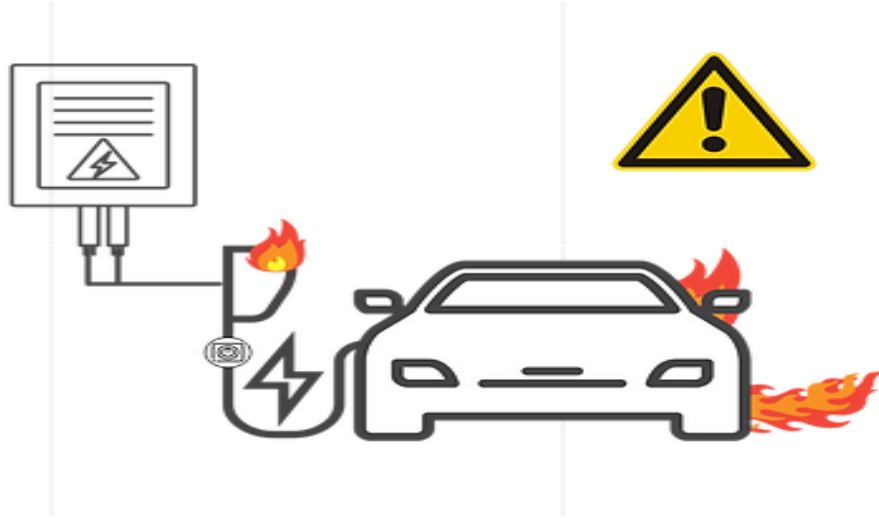
## 10. ŞARJ İSTASYONLARINDA YANGIN SÖNDÜRME VE YANGINLA MÜCADELE STRATEJİLERİ

Şarj esnasında arızadan kaynaklı bir yanma gerçekleşirse, devre kesici pano ile ünite arasındaki elektrik kesilmelidir. Elektrik kesildiğinden emin olunduktan sonra bol su ile müdahale edilmelidir



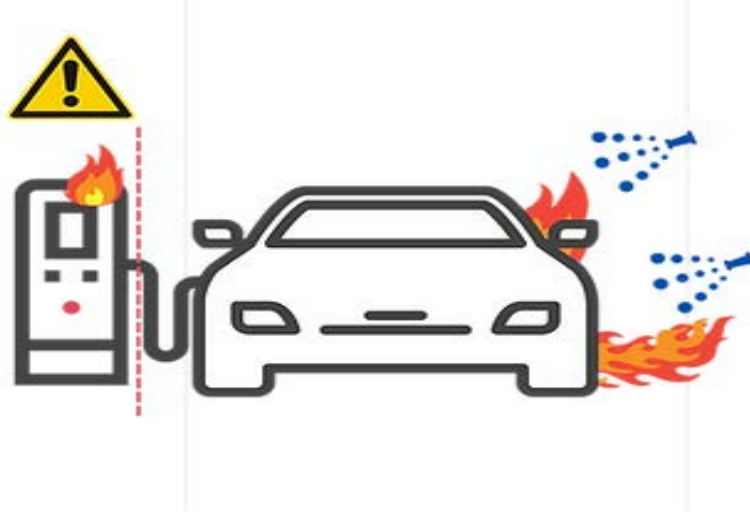
**Şekil 28.** Elektrikli araç şarj esnasında arızadan kaynaklı yanması durumu şeması

Uyumlu olmayan şarj girişlerinden kaynaklı bir yanma olayı gerçekleşmiş ise, bağlantının uygun voltajlı olmaması ve o anda devre kesicinin de devreye girmemesinden dolayı dağıtım panosundan elektrik bağlantısı kesilene kadar müdahale etmek uygun olmayacaktır.



**Şekil 29.** Elektrikli araç şarj esnasında uyumlu olmayan şarj girişlerinden kaynaklı yanması durumu şeması

Elektriksel bir kaçakta topraklamalarda oluşacak bir arızadan dolayı kısa devre olmasından kaynaklı güç kesilmesine neden olmaktadır. Bu sırada gerçekleşecek yanma olayına mevcut durumda dağıtım panosundan elektriğin tamamen kesildiğine emin olduktan sonra yangına müdahale edilmelidir.



**Şekil 30.** Elektrikli araç şarj esnasında şarj ünitesinin topraklama arızasından kaynaklı yanması durumu şeması

Elektrikli Araçların Şarja bağlı olarak gerçekleşecek yangınlara en iyi uygulama yöntemleri olayın gidişatına göre ve olayın ne kadar ilerlediğine göre aşağıdaki adımlar sırasıyla atılabilir; İlk olarak şarj ünitesi kapatılır daha sonra elektrikli aracı şarj mekanizmasına giden gücü ana dağıtım panosundan ayırarak şarj kabloları araçtan çıkarılır. Son olarak acil durdurma butonuna basılır. Bu buton genellikle şarj ünitesinin ön tarafında bulunur.

Elektrikli araç şarj istasyonlarında alınabilecek yangın güvenlik önlemleri; elektrikli şarj istasyonunun çevreden bağımsız bir alanda tecrit içinde olmalı ve bu alana uygun uyarı levhaları koyulmalı, alana özel ikaz ışıkları yerleştirilmelidir. Elektrikli araç şarj istasyonu sürekli olarak özellikle araçların şarj esnaslarında daha dikkatli olmak kaydı ile bölgenin termal kamera sistemi ile izlenmesi yangın güvenliği açısından son derece önem arz etmektedir. Elektrikli aracın olası şarj durumunda lityum iyon batarya paketinin ısınması ile oluşabilecek derece yükselişleri bu sayede termal kamera ile izlenip duruma erken müdahale edilmesi şansını artıracaktır. [10,11].

## SONUÇ

Elektrikli araçların teknik yapısı, içeriğinde bulunacak batarya paketinin yapısı ve son zamanlarda da meydana gelen batarya veya pil yangınlarının detaylı incelenmesi, şarj istasyonlarında gerçekleşebilecek yangın durumları ve diğer tüm yangın güvenliği konuları detaylı olarak dünya kamuoyunun incelediği önemli konulardandır.

Pil paketinin tutuşması neticesinde içerisinde yer alan pillerin soğutması güç olmasından bu yangınlarla mücadele oldukça güç olmaktadır. Bu nedenle elektrikli araç yangınlarına müdahalede halen en etkili yöntem su ile söndürmedir. Ancak bu durumda söndürme olarak direkt pil paketinin üzerine uygulanacak olursa önüne geçilmez sorunlarla karşı karşıya kalınmaktadır.

Bu çalışma gelecekte konuyla ilgili araştırma ve geliştirme çalışmalarına yardımcı olmak amacıyla hazırlanmış olup elektrikli araç yangınlarına ve lityum iyon batarya yangınlarına yaklaşım tarzının ve yangın güvenliklerinin ne olacağına bir örnek teşkil etmesi için hazırlanmıştır.

**KAYNAKLAR**

- [1] Eğin, G. 2019. Elektrikli Araçların Batarya Sistemlerinde Isı Yönetimi, Y.Lisans Tezi, BUÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [2] Yıldırım, K. 2021. Elektrikli Araçlardaki Lityum-İyon Bataryalar İçin Modelleme ve Şarj Durumunun Kestirimi, Y.Lisans Tezi, İTÜ. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2021.
- [3] Durmuş, F.S., Kaymaz, H., 2020. Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulama Dergisi, Cilt:3 – Sayı:2
- [4] Alyar, H., 2022. Elektrikli Otomobillerin Yapısı ve Yangın Riskleri, Mühendislikte Yakıtlar, Yangın ve Yanma Dergisi, 10(1): 1-8
- [5] N. Nitta, F. Wu, T. Lee and G. Yushin, 2015. Li-Ion Battery Materials: Present and Future, Materials Today, vol. 18, pp. 252-264
- [6] Bitar, Z. ve Jabi, S.A., 2014. Studying the Performances of Induction Motor Used in Electric Car, Energy Procedia, 50, 342-51.
- [7] Uçarol, H. ve Kural, E., 2009. Ulaşımında Enerji Verimliliği için Hibrid ve Elektrikli Araçlar, Mühendis ve Makina, 50, 594, 66-71.
- [8] Kerem, A., 2014. Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1-13.
- [9] Şenlik, İ., 2015. Uyuyan Devrim: Elektrikli Araçlar. Elektrik Mühendisliği, 64-67.
- [10] Kontrol ve Haberleşme Pinleri  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/SAE\\_J1772#Control\\_Pilot](https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772#Control_Pilot)>, erişim tarihi 23.05.2022
- [11] Şarj Modları < <https://esarj.com/sarj-modlari> >, erişim tarihi 21.05.2022
- [12] Larsson F., 2017. Lithium-ion Battery Safety Assessment by Abuse Testing, Fluoride Gas Emissions and Fire Propagation. Chalmers University of Technology.
- [13] Chen M. Zhang Z. Feng Z. Chen, J. Qian, Z., 2009. An improved control strategy for the charge equalization of lithium ion battery. In Proceedings of the Twenty-Fourth Annual IEEE. Applied Power Electronics Conference and Exposition APEC 2009, Washington, DC. USA. pp. 186–189.
- [14] Zhang, J. Bin, W.U. Zhe, L.I., 2014. Thermal modeling and thermal design of lithium ion batteries for automotive application: Status and prospects. J. Integr. Technol. 2014, 3, 18–26.
- [15] Wang Q., Ping P., Zhao X., Chu G., Sun J., Chen C., 2012. Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery, Journal of power sources” 2012, 208, 210–224.
- [16] Thomas Long R. Jr., Blum A.F., Bress T.J., Cotts B.R.T., 2013. Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards, A Report on Full-Scale Testing Results, Fire Protection Research Foundation.