

Doğan Kazak

<https://orcid.org/0009-0007-2508-991X>
ASELSAN A.Ş., İtfaiye Birimi, Ankara / TÜRKİYE
ROR Id: <https://ror.org/04knh8e66>

Elektrikli Araçların Avantajları, Dezavantajları ve Yangın Riskleri: Batarya Güvenliği ve Yangın Söndürme Çözümleri Üzerine Bir İnceleme

Advantages, Disadvantages, and Fire Risks of Electric Vehicles: An Examination of Battery Safety and Firefighting Solutions

ÖZET

Bu makale, elektrikli araçların çevre dostu ve ekonomik avantajlarını, aynı zamanda batarya teknolojileri ve yangın riskleri üzerine odaklanmaktadır. Elektrikli araçların, fosil yakıtlarla çalışan araçlara kıyasla daha az karbon salınımı ve daha düşük işletme maliyetleri gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Ancak, yüksek başlangıç maliyeti, sınırlı menzil ve yeterince gelişmemiş şarj altyapısı gibi dezavantajları da mevcuttur. Elektrikli araç yangınlarının nedenleri, batarya arızaları, şarj sorunları, üretim hataları, dış hasar ve elektrik sistemlerindeki problemler olarak sıralanabilir. Yangın söndürme ekipmanları arasında yangın battaniyeleri, Ziamatic ve TFT marka yangın söndürme sistemleri gibi çeşitli çözümler ele alınmıştır. Bu makale, batarya güvenliği ve üretim standartlarının artırılması, şarj altyapısının geliştirilmesi, yangın söndürme ekipmanlarının yaygınlaştırılması ve araştırma-geliştirme faaliyetlerinin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Batarya Teknolojisi, Elektrikli Araçlar, Yangın Riski, Yangın Söndürme Ekipmanları.

ABSTRACT

This article focuses on the environmental and economic advantages of electric vehicles (EV), as well as the battery technologies and fire risks associated with them. Electric vehicles have many advantages compared to fossil fuel-powered vehicles, such as lower carbon emissions and reduced operating costs. However, they also have disadvantages, including high initial costs, limited range, and underdeveloped charging infrastructure. The causes of electric vehicle fires can be categorized as battery failures, charging issues, manufacturing defects, external damage, and problems with electrical systems. Firefighting equipment solutions discussed in the article include fire blankets, Ziamatic, and TFT brand fire suppression systems. This article emphasizes the importance of improving battery safety and manufacturing standards, developing charging infrastructure, expanding the use of firefighting equipment, and continuous research and development activities.

Keywords: Battery Technology, Electric Vehicles, Fire Risk, Firefighting Equipment.

1. GİRİŞ

Elektrikli araçlar, enerji ihtiyaçlarını elektrikten karşılayan araçlardır. Bu araçlar, geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara göre daha çevre dostu ve ekonomiktir. Elektrikli araçlar, bataryalarında depoladıkları elektrik enerjisi ile çalışırlar ve bu enerji, elektrik motorları tarafından kullanılarak aracı hareket ettirir.

1.1. Elektrikli Araçların Avantajları

- Çevre Dostu:** Elektrikli araçlar, fosil yakıtlarla çalışan araçlara kıyasla çok daha az karbon salınımı yaparlar. Bu, şehirlerin hava kalitesinin iyileşmesine ve küresel ısınmanın azalmasına yardımcı olur (Huo vd., 2010).
- Düşük İşletme Maliyetleri:** Elektrikli araçlar, daha az hareketli parçaya sahip oldukları için bakım maliyetleri daha düşüktür. Ayrıca, elektrikli araçların yakıt maliyeti de içten yanmalı motorlu araçlara göre daha ekonomiktir (Ding vd., 2017).
- Sessiz Çalışma:** Elektrikli araçlar, neredeyse sessiz çalışır. Bu, şehirlerdeki gürültü kirliliğini azaltır ve sürüş konforunu artırır (Kazak ve Öncel, 2024).

1.2. Elektrikli Araçların Dezavantajları

- **Yüksek Başlangıç Maliyeti:** Elektrikli araçların satın alma fiyatı, genellikle benzinli veya dizel araçlara göre daha yüksektir. Ancak, uzun vadeli kullanımda sağladıkları tasarruflar bu maliyeti dengeleyebilir (Orhan, 2023).
- **Sınırlı Menzil:** Mevcut batarya teknolojileri nedeniyle, elektrikli araçlar genellikle içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla daha kısa menzile sahiptirler. Ancak, batarya teknolojilerindeki ilerlemeler bu sorunu gidermeye yönelik adımlar atmaktadır (Menak vd., 2021).
- **Şarj Altyapısı:** Elektrikli araçların yaygınlaşması için geniş kapsamlı bir şarj istasyonu ağı gereklidir. Bu altyapının henüz yeterince gelişmemiş olması, bazı kullanıcılar için dezavantaj oluşturabilir (Köksal vd., 2024).

2. ELEKTRİKLİ ARAÇ TÜRLERİ

Elektrikli araçlar, farklı ihtiyaçlara ve kullanımlara yönelik olarak çeşitli türlerde üretilmektedir. Başlıca elektrikli araç türleri şunlardır:

- **Tam Elektrikli Araçlar (BEV):** Sadece elektrik enerjisi ile çalışan ve herhangi bir içten yanmalı motoru bulunmayan araçlardır (Kazak ve Öncel, 2024).
- **Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV):** Hem elektrikli motor hem de içten yanmalı motor bulunan ve harici bir kaynaktan şarj edilebilen araçlardır (Berkay, 2020).
- **Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV):** İçten yanmalı motor ve elektrikli motorun birlikte çalıştığı araçlardır. Elektrikli motor, genellikle fren enerjisinin geri kazanımı gibi yöntemlerle şarj edilir ve harici bir şarj kaynağına ihtiyaç duymaz (Ergün Amaç ve Şahin, t.y.).

2.1. Türkiye’de Trafığe Kayıtlı Elektrikli Araç Sayısı

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye’de elektrikli ve hibrit araçların sayısı son beş yıl içinde önemli ölçüde artmıştır. Tablo 1’de, 2019-2023 yılları arasındaki trafikte kayıtlı tam ve hibrit elektrikli araç sayıları gösterilmektedir.

Tablo 1. Türkiye’de Trafığe Kayıtlı Tam ve Hibrit Elektrikli Araç Sayısı (2019-2023)

Yıl	Tam Elektrikli Araç	Hibrit Elektrikli Araç
2019	1.176	13.877
2020	2.797	33.690
2021	6.267	86.682
2022	14.552	134.662
2023	80.043	222.328

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)

3. ELEKTRİKLİ ARAÇ YANGINLARININ NEDENLERİ

Elektrikli araçlar, çevre dostu ve ekonomik olmaları nedeniyle giderek daha fazla tercih edilse de bu araçların yangın riskleri ve nedenleri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Elektrikli araç yangınları, genellikle batarya teknolojisi ve elektrik sistemleriyle ilişkilidir.

3.1. Batarya Arızaları

- **Termal Kaçak:** Bataryanın içindeki kimyasal reaksiyonlar kontrolsüz bir şekilde hızlandığında, sıcaklık hızla artar ve bu durum termal kaçak olarak bilinir. Termal kaçak, bataryanın patlamasına veya yangına neden olabilir (Kazak, 2024).
- **Kısa Devre:** Batarya hücrelerinde meydana gelen iç kısa devreler, hücrelerin aşırı ısınmasına neden olabilir. Bu durum, bataryanın yanmasına yol açabilir. Kısa devreler, üretim hatalarından veya dış hasarlardan kaynaklanabilir (Alyar, 2022).
- **Aşırı Isınma:** Bataryaların aşırı ısınması, genellikle yüksek akım çekimi sırasında meydana gelir. Bu durum, bataryanın içindeki elektrolitin bozulmasına ve yangına neden olabilir (Karamangil vd., 2023).

3.2. Şarj Sorunları

Şarj işlemi sırasında meydana gelen hatalar, elektrikli araç yangınlarının yaygın nedenlerinden biridir:

- **Yanlış veya Kalitesiz Şarj Cihazları:** Yanlış veya düşük kaliteli şarj cihazları, bataryaların aşırı ısınmasına ve hasar görmesine neden olabilir. Kalitesiz şarj cihazları, bataryalara uygun olmayan voltaj veya akım sağlayarak yangın riskini artırır (Çınar, 2024).
- **Aşırı Şarj:** Bataryaların aşırı şarj edilmesi, hücrelerin iç basıncının artmasına ve ısınmasına neden olabilir. Bu durum, bataryanın yanmasına yol açabilir. Modern batarya yönetim sistemleri bu riski minimize etmek için tasarlanmıştır, ancak hatalı şarj cihazları veya sistemler bu riski artırabilir (Kazak, 2024).
- **Hızlı Şarj:** Hızlı şarj sırasında bataryalar yüksek miktarda enerji alır. Bu durum, bataryaların aşırı ısınmasına ve kimyasal yapılarının bozulmasına neden olabilir (Alyar, 2022).

3.3. Üretim Hataları

Batarya üretim sürecindeki hatalar, elektrikli araç yangınlarının diğer önemli nedenlerindedir:

- **Hücre Yerleşimi ve Montaj Hataları:** Batarya hücrelerinin yanlış yerleştirilmesi veya montajı, iç kısa devrelere ve aşırı ısınmaya yol açabilir. Üretim hataları, bataryaların güvenliğini ve performansını olumsuz etkiler (Ju vd., 2014).
- **Yetersiz Soğutma Sistemleri:** Bataryaların soğutma sistemleri, ısının düzgün bir şekilde dağıtılmasını sağlar. Soğutma sistemlerindeki yetersizlikler, bataryaların aşırı ısınmasına ve yangın riskinin artmasına neden olabilir (Yeniğün ve Utlu, 2018).
- **Malzeme Kalitesi:** Bataryaların üretiminde kullanılan malzemelerin kalitesi de yangın riskini etkiler. Düşük kaliteli malzemeler, bataryaların performansını ve güvenliğini olumsuz etkileyebilir (Kolay Şarj, 2023).

3.4. Dış Hasar

Elektrikli araçların fiziksel hasar görmesi, özellikle kazalar sırasında bataryaların zarar görmesi, yangın riskini artırabilir:

- **Çarpışmalar:** Araç kazaları sırasında bataryaların delinmesi veya ezilmesi, iç bileşenlerin kısa devre yapmasına ve bataryaların yanmasına neden olabilir. Bu tür fiziksel hasarlar, bataryaların güvenliğini ciddi şekilde tehlikeye atar (Sandlawnd, 2023).
- **Fiziksel Etkiler:** Bataryaların üzerine gelen dış baskılar veya darbeler, bataryaların yapısal bütünlüğünü bozarak yangın riskini artırabilir (Özcan, 2024).

3.5. Elektrik Sistemleri

Elektrikli araçların karmaşık elektrik sistemleri, yangın riskini artıracak çeşitli sorunları beraberinde getirir. Elektrik kablolarındaki yalıtım hataları veya bağlantı noktalarındaki gevşemeler, kısa devrelere ve aşırı ısınmaya neden olabilir, bu da araçta yangın çıkmasına yol açabilir. Ayrıca, elektrikli araçlarda kullanılan bazı bileşenler aşırı yüklenme durumunda aşırı ısınabilir. Bu tür aşırı yüklenmeler yangın riskini artırır. Elektrik sistemlerinde kullanılan koruma sistemlerinin yetersiz olması da arızaların yangına dönüşme riskini artırabilir. Güvenli elektrik sistemleri tasarımı, bu riskleri minimize etmek için kritik öneme sahiptir (Shen vd., 2024).

4. YANGIN SÖNDÜRME EKİPMANLARI

4.1. Elektrikli Araç Yangın Battaniyeleri

Yangın battaniyesi, genellikle cam elyafı veya benzeri ısıya dayanıklı malzemelerden yapılan, yangını kapatarak oksijen girişini engelleyen bir tür yangın söndürme ekipmanıdır. Elektrikli araç yangınlarında kullanılan yangın battaniyeleri, standart yangın battaniyelerinden farklı olarak daha büyük ve dayanıklıdır (Prosol, 2021).

4.1.1. Avantajları

- Zamanında kullanıldığında, battaniye alevleri kontrol altına alır ve yangının diğer alanlara yayılmasını önler.
- Battaniye, olay yerinden taşınan elektrikli araç üzerinde bırakılabilir (EV Fire Safe, 2021).

4.1.2. Dezavantajları

- Bir araç boyutundaki battaniye yaklaşık 25 kg'dır, bu nedenle iki Temiz Hava Solunum Cihazlı itfaiyeci tarafından kullanılmalıdır.
- Üretici iddialarına rağmen termal kaçışı söndürmez veya durdurmaz.
- Termal kaçış battaniyenin altında devam eder ve yangın sürecini yavaşlatabilir.
- Buhar bulutu (gaz çıkışı) battaniyenin altında devam edecektir.
- Rüzgâr veya bir kişi tarafından battaniyenin kaldırılması durumunda, battaniye altında gaz birikimi yerel bir buhar bulutu patlamasına neden olabilir.
- Battaniyeler genellikle tek kullanımlık veya çok kullanımlık olarak gelir, ancak çok kullanımlık battaniyeler için güvenli dekontaminasyon prosedürleri üzerinde anlaşılması değildir (EV Fire Safe, 2021).

4.1.3. İtfaiyeciler için

- Şu anda sadece elektrikli araç batarya yangını yönetimi amacıyla bir yangın battaniyesi satın alıp kamyon üzerine yerleştirilmesi gerekli görülememektedir.
- Battaniye ile müdahalede, gaz bulutu patlamasını önlemek için yangın battaniyeleri dikkatli kullanılmalıdır.
- Çoğu termal kaçış olayının itfaiye ekipleri gelmeden önce gerçekleşmesi nedeniyle, yangın battaniyeleri genellikle olay sonrası potansiyel bir ikincil ateşlemeyi kontrol altına almak için en kullanışlı olacaktır (EV Fire Safe, 2021).

4.1.4. Özel Sektör İçin

- Normal operasyon koşullarında elektrikli araçların park edildiği, depolandığı veya şarj edildiği siteler yangın battaniyeleri gerektirmez.
- Elektrikli araç veya lityum-iyon batarya tamiri, bakımı veya üretiminin yapıldığı daha yüksek riskli siteler yangın battaniyesi satın almayı düşünebilir, ancak; Üretici tarafından yazılmış bir standart işletim prosedürü alınmalıdır:
 - Aktif termal kaçışta olan bir elektrikli aracı örtmek için hiçbir personel eğitilmemelidir, zira bu yüksek yaralanma veya ölüm riski taşır.
 - Battaniyeler yalnızca olay yerine gelen itfaiye ekipleri tarafından kullanılmalıdır (EV Fire Safe, 2021).

4.2. Ziamatic Marka Yangın Söndürme Sistemi

Ziamatic, itfaiyecilere elektrikli araç yangınlarıyla güvenli bir şekilde başa çıkmalarında yardımcı olan Araç Soğutma Üniteleri geliştirmiştir. Ziamatic'in Araç Soğutma Üniteleri, tasarım ve test çalışmalarının bir yılını aşkın sürenin sonucunda geliştirilmiş, itfaiyecilerin elektrikli araç yangınlarıyla etkili ve maliyet etkin bir şekilde başa çıkmalarına olanak tanıyan çok verimli bir çözümdür. Elektrikli araç bataryalarını etkili bir şekilde soğutarak termal kaçışın neden olduğu riskleri azaltma konusunda kritik bir rol oynar (Ziamatic, 2024). Resim 1'de Ziamatic Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 1. Ziamatic Marka Yangın Söndürme Sistemi (Ziamatic, 2024)

4.2.1. Ürün Özellikleri

- **1/16" Çapında Delikler:** Araç Soğutma Üniteleri, elektrikli araç bataryalarını yangın söndürme operasyonları sırasında etkili bir şekilde soğutmaya yardımcı olan 1/16" çapında deliklere sahiptir.
- **3 Ayaklık Bölüm Başına 83 Delik:** Optimal olarak dağıtılmış 83 delik, 3 ayaklık bir bölümde verimli ve geniş kapsamlı soğutma sağlar.
- **140 Derece Püskürtme Deseni:** Soğutma üniteleri geniş 140 derece püskürtme deseni sunar, elektrikli aracın bataryasının ve çevredeki bileşenlerin kapsamlı bir şekilde soğutulmasını sağlar.
- **3-5/16" Yerden Yükseklik:** Düşük profil araçlar için tasarlanmış olan Araç Soğutma Üniteleri, 4 inçten (0.1016 metre) az yerden yüksekliğe sahip araçların altına kolayca kaydırılabilir ve hızlı ve etkili bir soğutma sağlar (Ziamatic, 2024).

4.3. TFT Marka Transformer Yangın Söndürme Sistemi

Transformer Nozul Sistemi, elektrikli araçların alt kısmında bulunan batarya bölümüne yangınlarını etkili bir şekilde soğutmak ve azaltmak için özel olarak tasarlanmıştır. Bu sistemde ekstra uzatma tüpleri bulunmaktadır, bu da ekiplerin yangın ile arasındaki mesafeyi artırmaya olanak tanır. Ancak, sistemde tabanca kavrama, delici nozul veya seller nozulu için ayrı adaptör bulunmamaktadır. Transformer Nozul Sistemi, itfaiye ekiplerinin aracın altına kolayca nozulu sürmesine ve su akışını kontrol ederek batarya depolama bölümüne soğutmasına imkân sağlar. Ekstra uzatma tüpleri, güvenlik önlemlerini artırmak için yangınla arasındaki mesafeyi genişletir. Torsiyon valf, su akışını ihtiyaca göre kontrol etmenizi sağlar ve daha az su taşıma seçeneği sunar. Bu sistem, araç dört tekerlek üzerindeyken batarya depolama bölümüne soğutmak ve yangınla mücadele etmek amacıyla tasarlanmıştır. Tüm montajlandığında, birim yaklaşık olarak 6.8 kg ağırlığındadır ve araç altına yerleştirildiğinde ekipler için ağırlık açısından uygun olacaktır (TFT, 2022). Resim 2'de TFT Marka Transformer Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 2. TFT Marka Transformer Yangın Söndürme Sistemi (TFT, 2022)

4.4. Rosenbauer Marka Yangın Söndürme Sistemi

Rosenbauer yüksek voltajlı bataryalı elektrikli araçlar için söndürme sistemi, lityum-iyon teknolojisine dayalı bataryaların güvenli, verimli ve hızlı bir şekilde söndürülmesini sağlayan bir sistemdir. Bu sistem, batarya modüllerinin veya modüller içindeki hücrelerin doğrudan soğutulmasını sağlayarak hücrelerin termal kaçışının hızlı bir şekilde durdurulmasına imkân tanır. Sistem, iki ana bileşenden oluşur; söndürme ünitesi ve işletme ünitesi, bunlar birbirine hortumlarla bağlıdır. Söndürme ünitesi bataryanın üzerine konumlandırılır ve gerektiğinde araç gövdesine veya diğer noktalara kaldırılabilir. Söndürme ünitesinin tercih edilen konumu aracın alt kısmındadır. İşletme ünitesi, batarya konutuna güvenli bir mesafeden delici aletin penetre olmasını tetikler. Delme işleminden hemen sonra batarya konutu su ile doldurulur ve etkin soğutma süreci başlar (Rosenbauer, 2020). Resim 3'te Rosenbauer Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 3. Rosenbauer Marka Yangın Söndürme Sistemi (Rosenbauer, 2020)

4.4.1. Avantajları

- İtfaiyeciler, elektrikli aracın yakınında kısa bir süre geçirirler. Bu, batarya gazı buharlaşıyorsa duman gazı bileşenleriyle kontaminasyon riskini azaltır.
- Söndürme sistemi, suyun hücrelerin ve modüllerin soğutulması için tam olarak gerektiği yere getirir. Bu, söndürmenin kaynak tasarruflu olduğu anlamına gelir ve duman gazlarının yayılmasını minimuma indirir.
- Delici aletin özel penetrasyon yöntemi sayesinde tüm bilinen ve test edilen batarya konutları güvenli bir şekilde delinebilir.
- Penetrasyon için gerekli enerji, basınçlı hava silindirleri tarafından sağlanır.
- Gerçek koşullarda test edilmiştir.
- Araştırma ve geliştirme sürecinde birçok yangın testi, çeşitli batarya sistemleri ve tam araçlar üzerinde yapılmıştır. Sistem, Avrupa ve Amerikan otomobil ve kamyon platformlarında yaygın hücre tipleri (yuvarlak, torba veya prizmatik hücreler) üzerinde test edilmiştir.
- Avrupa'daki fabrika, profesyonel ve gönüllü itfaiye ekipleri, söndürme sistemi üzerinde aylarca test yapmış ve uygulamadan önemli geri bildirimler sağlamıştır.
- Söndürme sistemi, sadece 4-10 bar basınçlı su ile çalışır. Bu, mevcut tüm normal basınçlı söndürme sistemlerinin kullanılabilmesi anlamına gelir (Rosenbauer, 2020).

4.5. Turtle Marka Yangın Söndürme Sistemi

Turtle Marka Yangın Söndürme Sistemi, araç altında güvenli, güvenilir ve etkili bir şekilde çalışacak şekilde tasarlanmıştır ve batarya hücresine doğrudan su teslimi yapar. Bu sistem, elektrikli araç yangınlarına yönelik artan endişelere ve güvenli su teslim sistemi ihtiyacına cevap olarak geliştirilmiştir. Aynı zamanda içten yanmalı motor yangınları, yanıcı sıvı ve yakıt tanklarının soğutulması, derinlemesine yangınlar, maruz kalma koruması, tehlikeli madde olayları gibi geniş bir uygulama yelpazesine hitap eder. Söndürme Sistemi, yangın hizmetlerinin sürekli gelişimine adapte olacak şekilde tasarlanmış ve geliştirilmiştir, meslektaş itfaiyecilerin ve toplulukların güvenliğini destekler. Elektrikli araç yangınlarına

yönelik artan endişelerle ortaya çıksa da Yangın Söndürme Sistemi uygulama alanları orijinal tasarımının ötesine geçmektedir (Turtle, 2023). Resim 4'te Turtle Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 4. Turtle Marka Yangın Söndürme Sistemi (Turtle, 2023)

4.6. JKKS Marka Yangın Söndürme Sistemi

JKKS Industries adlı şirket, aracın alt kısmına dakikada 2.270 litre su verebilen, yaklaşık 0.91 metre uzunluğunda, 15.24 cm genişliğinde ve yerden 5 cm yükseklikte Rice Applicator isimli bir nozul tasarladı. Bu cihaz, tek bir kişi tarafından güvenli bir şekilde kullanılabilir. Bu cihaz, itfaiyecilerin bu yangınlarla güvenli ve etkili bir şekilde mücadele etmek için geliştirdikleri birçok araçtan biridir (JKKS, 2024). Resim 5'te JKKS Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 5. JKKS Marka Yangın Söndürme Sistemi (JKKS, 2024)

4.7. Coldcut Marka Yangın Söndürme Sistemi

Coldcut™ Cobra teknolojisi, ultra yüksek basınçlı su sisi ile bilinen her türlü yapı malzemesinden geçme yeteneğini verimli bir şekilde birleştirir ve elektrikli araç yangınlarında bataryayı delerek söndürme yapma özelliğine sahiptir. Coldcut™ Cobra C 360 Kiti, tüm yangın kamyonları için araç bazlı kurulum amacıyla tasarlanmış bir keme ve söndürme sistemidir. Cobra sistemi ile yangına müdahale ederken, bataryanın geometrisini ve konumunu belirlemek önemlidir. Cobra, minimum su kullanarak (dakikada 30-60 litre) etkili bir soğutma sağlar. Bu kit, yüksek basınçlı su pompasının çıkış şaftında arayüzü ile birlikte teslim edilir ve el mızrağı için ana bileşenleri içerir. Pompanın maksimum çalışma basıncı 300 bar, su basıncı ise 2-8 bar arasındadır. Kitin ağırlığı ise 45 kg'dır (Coldcut, 2023). Resim 6'da Coldcut Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 6. Coldcut Marka Yangın Söndürme Sistemi (Coldcut, 2023)

4.8. Firebox Marka Yangın Söndürme Sistemi

EVFS sistemi, özel olarak elektrikli araçlar için tasarlanmış bir yangın söndürme cihazıdır. Bu sistem, paslanmaz çelikten yapılmış su sisi nozulu ve uzatma borusundan oluşur. Su sisi nozulu, düşük basınçta su ve su sisi püskürtmek için tasarlanmıştır ve araç şasesi altındaki batarya paketini soğutma ve söndürme konusunda yardımcı olur. Nozul, 79.5 mm uzunluğunda olup geniş bir püskürtme açısına sahiptir, bu da çoğu elektrikli araç modelinin altına kolayca yerleştirilebilmesini ve iyi bir su püskürtme ve su sisi kapsama alanı sağlanabilmesini mümkün kılar. Uzatma borusu, su sisi nozulunu araç şasesi altına hızlıca yerleştirmeyi sağlar. Uzatma borusu 1.9 metre uzunluğundadır ve acil durum müdahale ekiplerine güvenli bir mesafe sağlar. Boruda, yangının diğer araçlara yayılmasını engellemek ve kurtarıcıları yangın ve sıcaktan korumak için su sisi püskürten iki nozul bulunmaktadır (Firebox, 2024). Resim 7’de Firebox Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 7. Firebox Marka Yangın Söndürme Sistemi (Firebox, 2024)

4.8.1. Özellikler ve Avantajları

- Tam Araç ve Batarya Paketi Kapsama – Etkili Püskürtme Alanı 5.5m x 1.55m, 150mm yerden yükseklikte. İki ek su sisi nozulu aracın yanlarına ve üstüne kadar (1.8m'ye kadar) koruma sağlar, acil müdahale ekiplerini korumaya yardımcı olur.
- Hızlı Soğutma Etkisi – Püskürtme ve su sisi püskürtme yöntemlerini birleştirerek sıcaklığı hızlı ve etkili bir şekilde emer.
- Toksik Gazları Emme – İnce su sisi, batarya kimyasal reaksiyonundan kaynaklanan toksik gazları emebilir.
- Çok Yönlü Kullanım – Dört farklı yönden uygulanabilir, aracın şasesine ve yanlarına geniş alan kapsama sağlar.
- Kompakt Tasarım – 79.5mm yüksekliği ile tüm pazarlarda bulunan elektrikli araçların altına kolayca kayabilir.
- Dayanıklı ve Sağlam Tasarım – Tüm sistem 304 kalite paslanmaz çelikten yapılmıştır, yüksek kaliteli yüzey işleme ile sağlamlık ve dayanıklılık sağlar.
- Güvenli Çalışma Mesafesi – Yanan araçtan itibaren (standart sistem + bir uzatma borusu ile) 2.8m'ye kadar güvenli mesafe sağlar, yangın ve sıcaktan acil müdahale ekiplerini korur.
- Hızlı ve Kolay Kurulum – Hızlı kurulum, dağıtım ve paketleme için tüm ana parçalar arasında kendiliğinden kilitleme bağlantıları bulunur.
- İzolasyon Kaplaması – Operatörleri potansiyel elektrik şoku risklerinden korur.
- Kolay Bakım – Ön monteli iç filtre, nozulların yabancı cisimlerle tıkanma riskini azaltır, sorunsuz çalışma ve basit bakım sağlar.
- F-500 EA Çözümü Uyumlu – Su soğutma etkisini 4-6 kat artıran F-500 Kapsülator Ajanı ile uyumludur, zorlu EV yangınlarında son derece etkilidir (Firebox, 2024).

4.9. Sudz-It Marka Yangın Söndürme Sistemi

SUDZ-IT Elektrikli Araç Hizmet Nozulu, suyun en dar alanlara püskürtülmesine olanak tanır. Bu düşük profilli nozul, elektrikli aracın altında bile düşük bir boşlukta bile suyun düzenli bir şekilde dağılmasını sağlar. Suyu en etkili olduğu ve erişilmesi en zor olan aracın batarya paketini soğutmak için tam olarak nereye gerekiyorsa dağıtır. SUDZ-IT Hizmet Nozulu kullanmak, her damlanın görevini yerine getirmesini sağlar. SUDZ-IT Hizmet Nozulu, yerleştirilmesini kolaylaştırmak için nozula bağlı bir dizi kaydırak içerir ve yerleştirilmesine yardımcı olması için perde nozulu ile donatılmış 2 x 3 fit (60 cm) uzatma boruları standart olarak gelir. Bir kez yerine yerleştirildiğinde, nozullar itfaiyecilerin güvenli bir mesafeden çalışmasına olanak tanır (SUDZ-IT, 2024). Resim 8'de Sudz-It Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 8. Sudz-It Marka Yangın Söndürme Sistemi (SUDZ-IT, 2024)

4.10. Seesaw Marka Yangın Söndürme Sistemi

Elektrikli araçların yangınlarının söndürülmesi genellikle aracın altında yer alan batarya paketinden kaynaklanan zorluklarla karşı karşıyadır. Bu sorunu çözmek için Seesaw intuitif bir şekilde batarya paketini levha yardımıyla delerek su enjekte eder. Bu süreç sadece 30 saniyede tamamlanır ve yangını hızla söndürür (Shin, 2024). Resim 9'da Seesaw Marka Yangın Söndürme Sistemi gösterilmektedir.



Resim 9. Seesaw Marka Yangın Söndürme Sistemi (Shin, 2024)

- **İlham:** Elektrikli araç yangınlarının artması ve bunların söndürülmesinin zorluğu küresel bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bir batarya içindeki yangının söndürülmesi için 7 saat ve 5000 litre (iki itfaiye aracı) su tüketilmiştir. Sorun, metal ile kapatılmış batarya paketinin içine su enjekte etmenin zorluğudur. Su doğrudan batarya paketine enjekte edildiğinde 1000°C'ye ulaşan sıcaklık, batarya paketine su enjekte edildiğinde 90°C'ye düşmüştür. Seesaw tasarımı, oyun parkındaki bir salıncak düşüncesiyle, suyun alt bataryaya enjekte edilmesini sağlayan bir kaldıraç yasasını kullanarak geliştirilmiştir.
- **Nasıl Çalışır:** İtfaiyeciler Seesaw kaldıraç sistemini elektrikli aracın altındaki batarya paketine sabitler. Çekiçle vurma bölgesine vurarak batarya paketini deler ve bağlı yangın hortumu ile su enjekte eder. Kaldıraç yüksekliği aracın altındaki batarya paketinin yüksekliğine göre kolayca ayarlanabilir. Ortalama elektrikli araç batarya paketi yüksekliği 14-18 cm olarak araştırılmıştır.
- **Farklılık:** Seesaw hafif, taşınabilir, düşük maliyetli ve kolay kurulum özelliklerine sahiptir. Batarya paketine doğrudan su enjekte eden teknolojiler mevcuttur, ancak Seesaw gibi hafif, taşınabilir ve kolay kurulumlu bir ürün bulunmamaktadır. Seesaw, su tüketimini azaltarak batarya paketine su enjekte etmeyi mümkün kılarak yangın söndürme etkisi sağlar (Shin, 2024).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Elektrikli araçlar, çevre dostu ve ekonomik avantajları nedeniyle geleceğin ulaşım sisteminde önemli bir yere sahiptir. Ancak, batarya teknolojilerindeki riskler ve yangın olayları, bu araçların güvenli kullanımı konusunda dikkat edilmesi gereken önemli hususları beraberinde getirmektedir. Batarya arızaları, şarj sorunları, üretim hataları, dış hasarlar ve elektrik sistemlerindeki problemler, elektrikli araç yangınlarının başlıca nedenleridir. Bu nedenle, güvenli batarya teknolojileri ve yangın söndürme ekipmanlarının geliştirilmesi, elektrikli araç yangınlarının önlenmesi ve etkili bir şekilde müdahale edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

5.2. Öneriler

5.2.1. Batarya Güvenliği ve Üretim Standartları

- Batarya üretim süreçlerinde yüksek kaliteli malzemelerin kullanılması ve üretim hatalarının minimize edilmesi için sıkı denetimler ve kalite kontrol süreçleri uygulanmalıdır.
- Batarya soğutma sistemlerinin etkinliği artırılmalı ve termal kaçak riskine karşı daha dayanıklı batarya tasarımları geliştirilmelidir.

5.2.2. Şarj Altyapısı ve Cihazları

- Yüksek kaliteli ve sertifikalı şarj cihazları kullanılmalı, aşırı şarj ve hızlı şarj sırasında oluşabilecek risklere karşı batarya yönetim sistemleri optimize edilmelidir.
- Şarj altyapısının genişletilmesi ve yaygınlaştırılması için devlet teşvikleri ve özel sektör iş birlikleri artırılmalıdır.

5.2.3. Yangın Söndürme Ekipmanlarının Geliştirilmesi ve Kullanımı

- Elektrikli araç yangınlarına müdahale edebilecek, bataryaların soğutulması ve termal kaçakların kontrol altına alınması için özel olarak tasarlanmış yangın söndürme sistemleri yaygınlaştırılmalıdır.
- İtfaiyeciler ve acil müdahale ekipleri, elektrikli araç yangınlarına karşı özel eğitimler almalı ve yangın söndürme ekipmanlarını etkin bir şekilde kullanabilmelidir.
- Yangın battaniyeleri, araç soğutma üniteleri, delici nozullar ve su püskürtme sistemleri gibi yangın söndürme ekipmanlarının farklı markalarının avantajları ve dezavantajları dikkate alınarak en uygun çözüm tercih edilmelidir.

5.2.4. Araştırma ve Geliştirme

- Batarya teknolojileri, yangın söndürme sistemleri ve elektrikli araç güvenliği konularında sürekli olarak araştırmalar yapılmalı ve yeni teknolojiler geliştirilmelidir.
- Elektrikli araç yangınlarının nedenleri ve bu yangınlara karşı en etkili müdahale yöntemleri konusunda daha fazla veri toplanmalı ve analiz edilmelidir.

5.2.5. Yasal ve Düzenleyici Çerçeve

- Elektrikli araçların güvenli kullanımı ve yangın risklerinin minimize edilmesi için yasal düzenlemeler ve standartlar oluşturulmalı ve uygulanmalıdır.
- Elektrikli araç üreticileri, batarya tedarikçileri ve şarj altyapısı sağlayıcıları, güvenlik standartlarına uyum sağlamalı ve sürekli iyileştirme süreçlerini benimsemelidir.

KAYNAKÇA

- Alyar, H. (2022). *Elektrikli Otomobillerin Yapısı ve Yangın Riskleri. Uluslararası Yakıtlar Yanma Ve Yangın Dergisi*, 10, 1-8. doi:10.52702/fce.1057432
- Berkay, Ç. (2020). *Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar. Mühendislik ve Fen Bilimlerinde Yeni Gelişmeler* 167-194.
- Coldcut. (2023). *Electric Vehicle. Coldcut Cobra*: <https://www.coldcutsystems.com/use-case/electric-vehicle/>
- Çınar, Ş. (2024, Ocak 26). *Elektrikli Araçların Temel Sorunları Nedir? Arabam*: https://www.arabam.com/blog/elektrikli_dunyasi/elektrikli-araclarin-temel-sorunlari-nedir/
- Ding, N., Prasad, K., & Lie, T. (2017). *The electric vehicle: a review. International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 9(1), 49-66. doi:10.1504/IJEHV.2017.082816
- Ergün Amaç, A., & Şahin, C. (tarih yok). *Hibrit Elektrikli Araçlarda Yakıt Ekonomisinin Advisor ile Analizi. Elektrik Mühendisleri Odası*. https://www.emo.org.tr/ekler/c61452b5a212192_ek.pdf
- EV Fire Safe. (2021). *04.10 EV battery fire suppression. EV Fire Safe*: <https://www.evfiresafe.com/ev-fire-suppression-methods>
- Firebox. (2024). *Electric Vehicle Water-Mist Spray System. Fire Box*: <https://www.firebox.net.au/products/electric-vehicle-water-mist-spray-system>
- Huo, H., Zhang, Q., Wang, M., Streets, D., & He, K. (2010). *Environmental Implication of Electric Vehicles in China. Environmental Science & Technology*, 44(13), 4856-4861. doi:10.1021/es100520c
- JKKS. (2024). *Lithium Ion Batteries are a whole new problem. Jkks Industries*: <https://jkksindustries.com/jkks-industries-rice-applicator>

- Ju, F., Li, J., Xiao, G., Huang, N., & Biller, S. (2014). *A Quality Flow Model in Battery Manufacturing Systems for Electric Vehicles*. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 11(1), 230-244. doi:10.1109/TASE.2013.2237765
- Karamangil, M. İ., Sürmen, A., & Tekin, M. (2023). *Elektrikli Araçlarda Batarya Yangınlarına Genel Bakış*. *Uluslararası Yakıtlar Yanma Ve Yangın Dergisi*, 11(1), 1-29. doi:10.52702/fce.1224612
- 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. U. (2024). *İtfaiye Ekiplerinin, Tamamen Elektrikli Araç Yangınlarıyla Mücadelesinin İncelenmesi*. *SOCIAL SCIENCES STUDIES JOURNAL (SSSJOURNAL)*, 10(3), 384-394. doi:10.5281/zenodo.10903404
- Köksal, E., Ardiyok, Ş., & İnkiler, B. (2024). *Türkiye’de Elektrikli Araçlar için Şarj Altyapısı Nasıl Yaygınlaşır? Ekonomi-tek*, 13(1), 84-121.
- 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.
- Orhan, M. Ö. (2023, Ekim 30). *Elektrikli Araçların Yakıtlı Araçlara Göre Avantajları ve Dezavantajları*. *Sigortaladım*: <https://www.sigortaladim.com/elektrikli-arac-marka-ve-modellerine-gore-menzil-karsilastirmasi>
- Özcan, F. (2024, Şubat 28). *Elektrikli araç yangınları için güvenlik önerileri*. *İSG Türkiye*: <https://www.isgturkiye.com/konu/elektrikli-arac-yanginlari-icin-guvenlik-onerileri.10847/>
- Prosol. (2021, Eylül). *Fire Cloak EV Car Fire Blanket Deployment Instructions*. <https://www.prosol.co.uk/wp-content/uploads/2021/09/Fire-Cloak-EV-Car-Fire-Blanket-Deployment.pdf>
- Rosenbauer. (2020, Şubat). *RFC Battery extinguishing system*. *Rosenbauer*: https://www.rosenbauer.com/fileadmin/sharepoint/sites/BatteryExtinguishing/docs/PC481_BatteryExtinguishingSystem_DataSheet_EN.pdf
- Shen, R., Quan, Y., McIntosh, J., Salem, A., & Wang, Q. (2024, Mart 21). *Fire safety of battery electric vehicles: hazard identification, detection, and mitigation*. *SAE International Journal of Electrified Vehicles* (13), 16. doi:10.4271/14-13-03-0024
- Shin, Y. (2024). *Seesaw - Electric Car Fire Fighting Equipment*. *James Dyson Award*: <https://www.jamesdysonaward.org/2023/project/seesaw-electric-car-fire-fighting-equipment/>
- SUDZ-IT. (2024). *SUDZ-IT EV Utility Nozzle. Rescue Esiequipment*: <https://rescue.esiequipment.com/product/ev-utility-nozzle/>
- TFT. (2022, Aralık 21). *Transformer Nozzle System. Task Force Tips*: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0549/1798/8583/files/TFT_PA1_Transformer_Piercing_Nozzle_System_1.5_NPSH_F.pdf?v=1678743138
- Turtle. (2023). *Turtle Uses. Turtle Fire Systems*: <https://www.turtlefiresystems.com/turtle-uses/>
- TÜİK. (2024). *2024 Yılında Türkiye'deki Elektrikli Araç Sayısı*. *Hedef Filo*: <https://ev.hedeffilo.com/ev-gundem/blog/2024-yilinda-turkiyedeki-elektrikli-arac-sayisi>
- Kolay Şarj (2023). *Elektrikli Araçların Güvenliği: Sürdürülebilir Geleceğe Doğru Güvenli Bir Adım 2023*. *Kolay Şarj*: <https://kolaysarj.com/elektrikli-arac-larin-guvenligi-surdurulebilir-gelecege-dogru-guvenli-bir-adim-2023/>
- Sandlawnd. (2023, Kasım 14). *ARE ELECTRIC CARS MORE DANGEROUS IN A CRASH? Sand Law*: <https://www.sandlawnd.com/are-electric-cars-more-dangerous-in-a-crash/>
- Yenigün, M., & Utlu, Z. (2018). *Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Soğutma Sistemlerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi*. *Mühendis ve Makina*, 59(692), 35-47. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/3_elektrikliaraclar.pdf
- Ziamatic. (2024). *Vehicle Cooling Units*. *Ziamatic Corp*: <https://www.ziamatic.com/product/vehicle-cooling-units/>