



# ELEKTRİKLİ ARAÇ YANGINLARINDA MÜDAHALE GÜVENLİĞİ, KURUMSAL HAZIRLIK VE MEVZUAT YETERLİLİĞİ: İTFAİYE PERSONELİ DENEYİMLERİ ÜZERİNDEN BİR DEĞERLENDİRME<sup>1</sup>

Intervention Safety, Institutional Preparedness and Regulatory Adequacy in Electric Vehicle Fires: An Evaluation Based on Firefighter Experiences

Ali Şükrü Cihan<sup>2</sup>, Ahmet Şen<sup>3</sup>

## Öz

Bu araştırma, elektrikli araç yangınlarında müdahale güvenliği, kurumsal hazırlık ve mevzuat yeterliliğini itfaiye personelinin deneyimleri üzerinden değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte, özellikle lityum-iyon bataryalardan kaynaklanan termal kaçak, yeniden alevlenme, toksik gaz salımı ve yüksek voltaj gibi riskler, yangına müdahale süreçlerini daha karmaşık hâle getirmektedir. Araştırma, nitel durum çalışması deseninde yürütülmüş; Türkiye'nin farklı illerinde görev yapan 72 itfaiye personelinden yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla veri toplanmış ve veriler içerik analizi ile çözümlenmiştir. Bulgular, elektrikli araç yangınlarına ilişkin farkındalığın arttığını, ancak eğitimlerin çoğunlukla teorik kaldığını, uygulamalı eğitim ve özel ekipman eksikliğinin sürdüğünü göstermektedir. Katılımcılar, batarya yangınlarında en kritik risk alanlarını ilk yaklaşma, termal kaçak, toksik duman, elektriksel tehlike ve yeniden alevlenme olarak tanımlamıştır. Ayrıca mevcut mevzuatın elektrikli araç yangınlarının özgül risklerini karşılamada yetersiz kaldığı belirlenmiştir. Çalışma, elektrikli araç yangınlarının itfaiye teşkilatları açısından yeni ve yapısal bir risk alanı oluşturduğunu; bu nedenle standart müdahale protokolleri, sürekli uygulamalı eğitim, teknik donanım güçlendirmesi ve mevzuat güncellemesi gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli Araç Yangınları, İtfaiye Personeli, Müdahale Güvenliği, Kurumsal Hazırlık, Mevzuat Yeterliliği,

## Abstract

This study aims to evaluate intervention safety, institutional preparedness, and regulatory adequacy in electric vehicle fires through the experiences of firefighters. With the growing prevalence of electric vehicles, risks such as thermal runaway, re-ignition, toxic gas release, and high-voltage exposure—especially those associated with lithium-ion batteries—have made fire response processes more complex. The study was designed as a qualitative case study, and data were collected through semi-structured interviews with 72 firefighters working in different provinces of Türkiye. The data were analyzed using content analysis. Findings show that awareness of electric vehicle fires has increased, yet training remains largely theoretical, while practical training and specialized equipment are still insufficient. Participants identified the most critical risk areas in battery fires as initial approach, thermal runaway, toxic smoke, electrical hazards, and re-ignition. In addition, current legislation was found to be inadequate in addressing the specific risks of electric vehicle fires. In conclusion, the study reveals that electric vehicle fires constitute a new and structural risk area for fire services and require standardized response protocols, continuous practical training, strengthened technical equipment, and updated legislation.

**Keywords:** Electric Vehicle Fires, Firefighters, Intervention Safety, Institutional Preparedness, Regulatory Adequacy.

<sup>1</sup> Bu araştırma, 2025 yılında Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bilim Dalı doğrultusunda hazırlanan yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

<sup>2</sup> Sorumlu yazar, Öğr. Gör, Giresun Üniversitesi, Espiye Meslek Yüksekokulu, ORCID No: 0000-0003-3577-1860, ali.cihan@giresun.edu.tr

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, ORCID No: 0009-0001-8230-3659, ahmet.sen@kocaelisaglik.edu.tr

## GİRİŞ

Elektrikli araçlar, uzun yıllar boyunca geleceğin ulaşım teknolojisi olarak tartışılmış olmakla birlikte, özellikle son on yılda artık teorik bir alternatif olmaktan çıkarak küresel otomotiv sisteminin merkezî unsurlarından biri hâline gelmiştir (Sperling, 2013). Aslında elektrikli araç teknolojisinin tarihi sanıldığından çok daha eskidir. İlk pratik elektrikli otomobilin 1884 yılında Thomas Parker tarafından geliştirilmesi ve bunu 1899 yılında Ferdinand Porsche'nin erken dönem elektrikli araç denemelerinin izlemesi, elektrikli mobilitenin yeni bir olgu değil, köklü bir teknolojik çizginin günümüzde yeniden güç kazanmış biçimi olduğunu göstermektedir (Ajanovic, 2015). İlk dönemlerde sessiz çalışmaları, kullanım kolaylıkları ve egzoz emisyonu üretmemeleri nedeniyle dikkat çeken elektrikli araçlar, içten yanmalı motor teknolojilerinin maliyet, menzil ve seri üretim avantajları karşısında geri planda kalmıştır. Özellikle 21. yüzyılın başlarından itibaren çevresel kaygıların artması, kamu politikalarının dönüşmesi ve özel sektör yatırımlarının yoğunlaşması, elektrikli araçları küresel ölçekte hızla yaygınlaştırmıştır (Husain, vd., 2021).

Elektrikli araçların yaygınlaşması ulaştırma sisteminin teknik yapısında köklü bir dönüşüm anlamına gelmektedir (Yılmaz, 2024). Son yıllarda elektrikli araç satışlarının dünya genelinde dikkat çekici bir ivme kazanmış olması, bu dönüşümün artık geri döndürülemez bir aşamaya ulaştığını göstermektedir. Küresel ölçekte 2016 yılında ilk kez 1 milyon adedi aşan elektrikli otomobil satışları, takip eden yıllarda katlanarak büyümüştür. 2022 itibarıyla yollardaki elektrikli binek otomobil sayısı 26 milyona, 2023 yılında ise yaklaşık 40 milyona ulaşmıştır (Khaleel, vd., 2024). Yeni araç satışları içindeki elektrikli araç payının 2018'de yüzde 2 düzeyindeyken 2023'te yaklaşık yüzde 18'e yükselmiş olması, söz konusu değişimin marjinal değil yapısal nitelik taşıdığını ortaya koymaktadır (Muratori, vd., 2021). Çin, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri gibi büyük pazarların bu dönüşüme öncülük etmesi, çok uluslu otomotiv şirketlerinin filolarını elektrikleendirme yönündeki stratejik kararları ve Türkiye'de de hem küresel markalar hem de yerli üretim girişimleri üzerinden oluşan yeni pazar dinamikleri, elektrikli araçların toplumsal yaşamın gündelik bir parçasına dönüşmekte olduğunu göstermektedir. Bu gelişme, doğal olarak acil durum yönetimi, yangın güvenliği, mesleki maruziyet ve iş sağlığı ve güvenliği bakımından da yeni sorun alanları üretmektedir.

Elektrikli araçları geleneksel içten yanmalı motorlu araçlardan ayıran temel unsur, enerji kaynağı, güç aktarma sistemi ve elektronik kontrol mimarisindeki farklılıktır (Demirkol, 2024). Bataryalı elektrikli araçlar, hibrit elektrikli araçlar ve yakıt hücreli elektrikli araçlar biçiminde sınıflandırılan bu sistemler içinde özellikle bataryalı elektrikli araçlar, sıfır egzoz emisyonu ve fosil yakıtı bağımlılığı azaltma potansiyeli nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu yükselişin temelinde ise lityum-iyon batarya teknolojilerinde yaşanan büyük ilerleme bulunmaktadır. Enerji yoğunluğu, çevrim ömrü ve performans açısından önceki nesil bataryalara göre önemli üstünlükler sağlayan lityum-iyon bataryalar, elektrikli araçların menzil, verimlilik ve ekonomik uygulanabilirlik düzeyini belirgin biçimde artırmıştır (Kaba, vd., 2021). Aynı şekilde elektrik motorları, güç elektroniği, vektör kontrol sistemleri, hızlı şarj altyapıları ve akıllı şebeke entegrasyonları da bu teknolojik dönüşümün ayrılmaz parçalarıdır. Başka bir ifadeyle, modern elektrikli araçlar, yüksek gerilim sistemleri, gelişmiş enerji depolama birimleri, termal yönetim mekanizmaları ve karmaşık elektronik mimarilerle çalışan yeni nesil mobil platformlardır (Uydur, 2025). Tam da bu nedenle, bu araçlarda meydana gelen arıza, çarpışma veya yangın olayları, klasik araç yangınlarından farklı karakteristikler taşımaktadır.

Elektrikli araç yangınları bağlamında en kritik meselelerden biri, lityum-iyon bataryaların yangın davranışlarının geleneksel yakıt temelli araç yangınlarından önemli ölçüde ayrılmasıdır. Yüksek enerji yoğunluğuna sahip batarya paketleri; termal kaçak, yeniden alevlenme, toksik ve yanıcı gaz salımı, yüksek sıcaklıkta uzun süreli yanma ve müdahale sonrasında dahi devam edebilen gecikmeli reaksiyonlar gibi nedenlerle itfaiye personeli açısından farklı ve çoğu zaman daha karmaşık riskler doğurmaktadır (Anıl, 2022). Bu nedenle elektrikli araç yangınları, iş sağlığı ve güvenliği bakımından yeni bir mesleki tehlike alanı olarak değerlendirilmelidir. Yangına müdahale eden personelin elektrik çarpması riski, batarya modüllerinin patlayıcı reaksiyonları, yoğun duman ve toksik gaz maruziyeti, araçta depolanmış enerjinin devam eden tehdidi, söndürme ve soğutma işlemlerinin uzun sürmesi, olay yerinde güvenli çevreleme ihtiyacı ve olay sonrası yeniden tutuşma olasılığı gibi etkenler, bu yangın türünü klasik araç yangınlarından ayıran temel güvenlik boyutlarıdır (Can, 2025). Dolayısıyla elektrikli araç yangınlarına müdahale meselesi, müdahale personelinin sağlığını ve güvenliğini merkeze alan bütüncül bir risk yönetimi anlayışıyla ele alınmalıdır. Bununla birlikte, elektrikli araç teknolojisinin ulaştırma alanında gösterdiği hızlı yaygınlaşmaya rağmen, bu araçlara bağlı yangın risklerine yönelik kurumsal hazırlık düzeyinin aynı hızla gelişip gelişmediği tartışmalıdır. Özellikle itfaiye teşkilatlarının eğitim programları, müdahale prosedürleri, kişisel koruyucu donanım yeterliliği, teknik ekipman altyapısı, olay komuta yapısı ve kurum içi standartları açısından homojen ve yeterli bir hazırlık düzeyine sahip olup olmadığı önemli bir araştırma problemidir (Topal, 2023). Çünkü teknoloji yaygınlaştıkça riskin saha karşılığı da büyümektedir. Ancak kurumsal kapasite aynı ölçüde güçlendirilmediğinde, yeni teknolojik tehlikeler acil müdahale personeli için ciddi bir güvenlik açığına dönüşmektedir. Elektrikli araç yangınlarında olayın yönetimi, sadece yangının söndürülmesiyle sınırlı değildir (Hynymen, vd., 2023) aracın enerji durumunun değerlendirilmesi, batarya sisteminin özelliklerinin anlaşılması, olay yerinin çevresel

güvenliğinin sağlanması, uygun söndürme-soğutma stratejisinin belirlenmesi, uzun süreli izleme ihtiyacı ve olay sonrası taşıma/karantina süreçlerinin de iyi planlanmasını gerektirmektedir (Shen, vd., 2024). Bu çok katmanlı yapı, kurumsal hazırlığın yalnızca araç sayısındaki artışa paralel nicel bir düzenleme değil, niteliksel bir uzmanlaşma süreci olması gerektiğini göstermektedir.

Bu çerçevede mevzuat boyutu da ayrı bir önem taşımaktadır. Elektrikli araç yangınlarıyla ilgili risklerin etkin biçimde yönetilebilmesi için güncel, açık, uygulanabilir ve standartlaştırılmış mevzuat, rehber ve talimatnamelere ihtiyaç vardır (Tohir ve Martin-Gomez, 2023). Oysa yeni nesil teknolojilerin mevzuat üretim hızından daha hızlı yayılması, pek çok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de uygulama ile düzenleme arasında boşluklar oluşturabilmektedir. Elektrikli araç yangınlarında müdahale sınırları, olay yeri güvenliği, batarya izolasyonu, yeniden alevlenme riskine karşı izleme süresi, eğitim standartları, kurumlar arası koordinasyon ve çalışan sağlığının korunmasına yönelik önlemler gibi başlıklarda yeterince açık ve operasyonel düzenlemelerin bulunmaması, itfaiye personelinin karar verme yüküyle baş başa bırakabilmektedir (Sun, vd., 2020). Bu durum ise hem müdahale güvenliğini hem de kurumsal sorumluluk alanlarını belirsizleştirmektedir. Dolayısıyla elektrikli araç yangınları bağlamında mevzuat yeterliliği, doğrudan doğruya iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını, kurumsal standardizasyonu ve sahadaki müdahale etkinliğini belirleyen yapısal bir unsur olarak görülmelidir (Klock, 2024). Buradan hareketle, elektrikli araç teknolojisinin tarihsel ve teknik gelişimi, itfaiye hizmetlerinin maruz kaldığı yeni risk rejimini anlamak bakımından da kritik bir bağlam sunmaktadır (Brzezinska ve Bryant, 2022). Sessiz, verimli, düşük emisyonlu ve yüksek performanslı ulaşım araçları olarak öne çıkan elektrikli araçlar, yangın ve acil durum senaryolarında farklı müdahale paradigmlarını zorunlu kılmaktadır (Di Matteo, 2023). Bu nedenle mesele, teknolojik ilerlemenin olumlu yanlarının kabulü ile bu ilerlemenin beraberinde getirdiği mesleki tehlikelerin gerçekçi biçimde değerlendirilmesini birlikte gerektirmektedir. Özellikle itfaiye personelinin deneyimleri, sahadaki görünmeyen sorunları, eğitim gereksinimlerini, mevzuat boşluklarını ve kurumsal hazırlık düzeyini ortaya koyması bakımından son derece kıymetlidir (Liu, vd., 2023). Çünkü yeni risk alanlarının en güvenilir analizi, çoğu zaman bu risklerle doğrudan yüzleşen uygulayıcıların deneyimsel bilgisinden hareketle yapılabilir. Bu çalışma, tam da bu ihtiyaçtan hareketle, elektrikli araç yangınlarında müdahale güvenliği, kurumsal hazırlık ve mevzuat yeterliliği konularını itfaiye personelinin deneyimleri üzerinden değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın temel varsayımı, elektrikli araçların hızla yaygınlaşmasına karşın, bu araç yangınlarına müdahalede eğitim, donanım, prosedür ve düzenleyici çerçeve bakımından çeşitli yetersizliklerin bulunabileceğidir. Bu doğrultuda araştırmada, itfaiye personelinin elektrikli araç yangınlarına yönelik hizmet içi eğitim deneyimleri, Türkiye’deki müdahale hazırlık düzeyine ilişkin değerlendirmeleri, mevcut mevzuat ve rehberlere dair eleştirileri, batarya yangınlarında en kritik gördükleri risk aşamaları ve risk azaltmaya yönelik öncelikli önerileri nitel bir bakış açısıyla ele alınacaktır. Böylece çalışma, hem iş sağlığı ve güvenliği literatürüne yeni bir risk alanı üzerinden katkı sunmayı hem de itfaiye teşkilatlarının eğitim, kurumsal kapasite ve politika geliştirme süreçlerine uygulamaya dönük bir bilgi zemini oluşturmayı hedeflemektedir.

## YÖNTEM

### Araştırma Modeli

Bu araştırma, sosyal bilimlerde sıklıkla başvurulan nitel araştırma yöntemleri çerçevesinde desenlenmiştir. Nitel araştırma yaklaşımı, olguları sayısal verilerle ölçmekten ziyade, onların anlamını, bağlamını ve aktörler üzerindeki yansımalarını derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Elektrikli araç yangınları gibi teknik, kurumsal ve insan kaynağı boyutlarını bir arada barındıran çok katmanlı bir olgunun araştırılmasında, nitel yaklaşım özellikle deneyim, algı ve pratik uygulamaların bütüncül biçimde ortaya çıkarılması açısından uygun görülmüştür.

Araştırma modeli, durum çalışması (case study) stratejisi üzerine temellendirilmiştir. Bu strateji, belirli bir bağlamda (itfaiye teşkilatlarının elektrikli araç yangınlarına müdahale süreçleri) yaşanan olayları ayrıntılı biçimde incelemeyi, bağlam ile olgu arasındaki etkileşimi görünür kılmayı amaçlamaktadır. Çalışmada kullanılan yarı yapılandırılmış görüşme tekniği, katılımcıların deneyimlerini sistematik biçimde aktarmalarına olanak tanıırken, aynı zamanda araştırmacıya konunun farklı boyutlarını derinlemesine sorgulama esnekliği sağlamaktadır. Bu bağlamda görüşme formunda yer alan sorular, katılımcıların bilgi düzeylerini, müdahale deneyimlerini, ekipman yeterliliklerini, toksik maruziyet farkındalıklarını ve kurumsal hazırlıklarını kapsamlı biçimde değerlendirmeye yöneliktir. Nitel araştırma modelinin temel gerekçesi, elektrikli araç yangınlarına ilişkin mevcut literatürde çoğunlukla teknik raporlar ve nicel istatistikler bulunmasına karşın, uygulayıcıların deneyimlerini ve sahadaki kurumsal gerçekliği merkeze alan çalışmaların sınırlı olmasıdır. Bu nedenle araştırma, itfaiye personelinin yaşadığı pratik sorunları, karşılaştıkları riskleri ve çözüm önerilerini doğrudan onların perspektifinden anlamayı hedeflemektedir. Böylece elde edilen veriler yalnızca betimleyici nitelikte olmayacak, aynı zamanda katılımcıların deneyimleri aracılığıyla elektrikli araç yangınlarına müdahaleye ilişkin yeni kavramsal çerçevelerin geliştirilmesine katkı sunacaktır.

### Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubunu, Türkiye'nin farklı illerinde görev yapan toplam 72 itfaiye personeli oluşturmaktadır. Katılımcıların seçiminde amaçlı örnekleme stratejilerinden maksimum çeşitlilik örnekleme benimsenmiştir. Bu yaklaşım, araştırma konusunun farklı kurumsal bağlamlarda ve görev kademelerinde nasıl deneyimlendiğini ortaya koymayı hedeflemektedir. Dolayısıyla elde edilen bulguların zenginliğini ve geçerliliğini artırmaktadır. Çalışma grubuna dâhil edilen katılımcılar, elektrikli araç yangınlarına doğrudan müdahale etme potansiyeli olan ve görev tanımları gereği bu tür olaylarda aktif rol alan personelden seçilmiştir. Bu anlamda katılımcıların demografik bilgileri şu şekildedir;

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Dağılımı

Değişken	Kategori	f	%
Cinsiyet	Erkek	72	100
	Kadın	0	0
Görev Unvanı	İtfaiye Eri	48	66,7
	Ekip Amiri / Amir	19	26,4
	Eğitimci / Teknik Personel	5	6,9
Görev Süresi	0-5 yıl	21	29,2
	6-10 yıl	18	25,0
	11-20 yıl	17	23,6
	21 yıl ve üzeri	16	22,2
Kurum Türü	İl / İlçe Belediyesi İtfaiyesi	49	68,1
	Büyükşehir İtfaiyesi	23	31,9

Araştırmaya katılan 72 itfaiye personelinin tamamının erkek olması, itfaiyeciliğin Türkiye'de hâlen yüksek fiziksel güç, saha riski ve ağır çalışma koşullarıyla özdeşleşmiş bir meslek olarak algılandığını göstermektedir. Bu durum toplumsal cinsiyet bağlamında yorumlanabilmekle birlikte, çalışmanın odaklandığı operasyonel deneyim ve kurumsal hazırlık düzeyi açısından veri çeşitliliğini sınırlayıcı bir unsur olarak değerlendirilmemektedir.

Katılımcıların yaklaşık üçte ikisinin itfaiye eri, dörtte birinden fazlasının ise ekip amiri veya yönetici pozisyonunda görev yapması, araştırmanın hem saha uygulayıcılarının pratik deneyimlerini hem de karar alma süreçlerine hâkim yöneticilerin değerlendirmelerini yansıtmasını sağlamıştır. Bu durum, bulguların yalnızca operasyonel düzeyle sınırlı kalmayıp organizasyonel yapı, koordinasyon ve komuta mekanizmalarına ilişkin kapsamlı bir perspektif sunmasına katkı sağlamıştır. Görev süresi dağılımı incelendiğinde, katılımcıların büyük bölümünün 10 yıl ve üzeri mesleki deneyime sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu, elde edilen değerlendirmelerin tekil olaylara değil, uzun yıllara dayanan birikimli saha deneyimine dayandığını göstermekte ve özellikle elektrikli araç yangınları gibi yeni ve teknik bilgi gerektiren risk alanlarında araştırmanın güvenilirliğini artırmaktadır. Kurum türüne ilişkin dağılım, katılımcıların büyükşehir, il ve ilçe belediyesi itfaiyelerinden seçildiğini ortaya koymaktadır. Bu çeşitlilik, elektrikli araç yangınlarına müdahale kapasitesinin kurumsal ölçek ve kaynak farklılıkları bağlamında karşılaştırmalı olarak analiz edilmesine olanak tanımış; büyükşehir-taşra ayırımında ekipman, eğitim ve protokol farklılıklarının görünür hâle gelmesini sağlamıştır. Katılımcıların belirlenmesinde gönüllülük esası gözetilmiş; görüşmeler öncesinde araştırmanın amacı, kapsamı ve gizlilik ilkeleri hakkında bilgilendirme yapılmış ve gönüllü onamları alınmıştır. Bu etik süreç, katılımcı haklarının korunması ve verilerin bilimsel güvenilirliğinin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

### Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Görüşme formu, elektrikli araç yangınlarında güvenlik önlemleri ve müdahale tekniklerini bütüncül bir bakış açısıyla incelemek amacıyla hazırlanmış; ilgili literatür, uluslararası kılavuzlar ve saha uygulamalarına ilişkin bulgular doğrultusunda yapılandırılmıştır. Bu araç, katılımcıların mesleki deneyimlerini, teknik bilgi düzeylerini ve kurumsal bağlamda karşılaştıkları sorunları ayrıntılı biçimde ortaya koymayı hedeflemektedir. Aynı zamanda katılımcıların kişisel gözlem ve önerilerini ifade etmelerine imkân tanıyarak veri toplama sürecinin hem sistematik hem de esnek bir yapıda yürütülmesini sağlamıştır.

Görüşme formu; katılımcıların demografik özelliklerini ve mesleki deneyimlerini belirlemeye yönelik soruların ardından, elektrikli araç yangınlarına ilişkin bilgi, farkındalık, müdahale deneyimi ve uygulamalarını derinlemesine inceleyen açık uçlu sorular içermektedir. Bu kapsamda; müdahale protokollerinin varlığı, teknik zorluklar, ekipman ve kişisel koruyucu donanım yeterliliği, toksik gaz riskleri, hizmet içi eğitimlerin niteliği, kurumsal koordinasyon süreçleri, Türkiye'nin müdahale hazırlık düzeyi ve mevzuat eksikliklerine ilişkin değerlendirmeler sorgulanmıştır. Formun son bölümünde ise katılımcılara teknik, eğitsel ve yönetsel önlemlere yönelik önerilerini ifade etme fırsatı sunulmuştur.

Nitel araştırma yaklaşımıyla uyumlu olan bu veri toplama aracı, katılımcıların deneyimlerini kendi anlam dünyaları içinde aktarmalarına ve elde edilen verilerin teorik bağlamla ilişkilendirilmesine olanak tanımaktadır. Görüşme soruları, içerik geçerliliğini sağlamak amacıyla literatür ve uzman görüşleri doğrultusunda hazırlanmış ve farklı deneyim düzeylerine

sahip katılımcılardan karşılaştırılabilir veriler elde edilmesine imkân tanıyacak şekilde yapılandırılmıştır. Bu yönüyle görüşme formu, elektrikli araç yangınlarına müdahale alanındaki mevcut durumu ortaya koymanın yanı sıra literatüre katkı sağlayacak özgün bulguların elde edilmesine hizmet etmektedir.

### Veri Toplama Süreci

Araştırmanın veri toplama süreci, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulunun 14/07/2025 tarih ve 28/03 sayılı kararı doğrultusunda yürütülmüştür. Çalışma kapsamında veriler, 01 Haziran 2025–30 Eylül 2025 tarihleri arasında Türkiye'nin farklı bölgelerinde görev yapan toplam 72 itfaiye personeli ile gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla elde edilmiştir. Bu süreçte temel amaç, elektrikli araç yangınlarına ilişkin deneyim ve bilgi düzeylerini uygulayıcıların perspektifinden ortaya koyarak sahadaki mevcut durumu bütüncül biçimde analiz etmektir. Görüşmeler öncesinde katılımcılara araştırmanın amacı, kapsamı ve etik ilkeleri hakkında bilgilendirme yapılmış, yazılı gönüllü onamları alınmıştır.

Görüşmeler, katılımcıların görev yaptıkları kurumların uygun gördüğü ortamlarda araştırmacı tarafından yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak verilerin sistematik biçimde toplanması sağlanırken, katılımcıların deneyimlerini serbestçe ifade etmelerine olanak tanınmıştır. Bu yöntem, karşılaştırılabilir veri üretmenin yanı sıra araştırma problemine ışık tutan yeni bulguların ortaya çıkmasına da imkân vermiştir. Görüşmeler ortalama 40–60 dakika sürmüştür; katılımcıların izniyle ses kaydı alınmış, kayıtlar yazılı metne dönüştürülerek analiz için hazır hâle getirilmiştir. Araştırmacı notları ve gözlemleri ise verileri destekleyici nitelikte kullanılmıştır.

Veri toplama sürecinde katılımcıların gizliliği ve etik ilkeler titizlikle gözetilmiştir; elde edilen tüm verilerin yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacağı ve anonimleştirileceği belirtilmiştir. Görüşmeler sessiz ve güvenli ortamlarda gerçekleştirilmiş, itfaiye personelinin yoğun çalışma temposu dikkate alınarak uygun zaman dilimleri tercih edilmiştir. Ayrıca saha ziyaretleri sırasında mevcut ekipman, eğitim materyalleri ve müdahale düzenekleri gözlemlenmiş; bu gözlemler katılımcı beyanlarını doğrulayıcı ve zenginleştirici nitel veriler olarak değerlendirilmiştir. Böylece sözlü anlatımlar ve saha gözlemlerini içeren bütüncül bir veri seti oluşturulmuştur.

### Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen veriler, nitel araştırma yöntemlerine uygun olarak içerik analizi tekniğiyle çözümlenmiştir. İçerik analizi, katılımcı görüşlerini sistematik biçimde inceleyerek tekrar eden temaları, kavramsal yapıları ve olgusal örüntüleri ortaya çıkarmayı amaçlayan bir yöntemdir. Bu kapsamda görüşmelerden elde edilen veriler, katılımcı onayıyla alınan ses kayıtlarının kelimesi kelimesine deşifre edilmesiyle oluşturulmuş; metinler bilgisayar ortamına aktarılarak analiz edilmiştir. Deşifre sürecinde katılımcı ifadeleri korunmuş ve herhangi bir yönlendirme ya da yorum eklenmemiştir.

Analiz sürecinde öncelikle veriler tekrar tekrar okunarak veriyle bütünleşme sağlanmış, ardından açık kodlama aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada katılımcı ifadeleri anlamlı birimlere ayrılarak kavramsal kodlarla etiketlenmiştir. Kodlama sürecinde müdahale protokollerinin yeterliliği, kişisel koruyucu donanımların kullanımı, toksik gaz farkındalığı, hizmet içi eğitimlerin niteliği, organizasyonel sorunlar ve mevzuat eksiklikleri gibi araştırma sorularıyla ilişkili temalar belirlenmiştir. Daha sonra benzer kodlar bir araya getirilerek kategoriler oluşturulmuş ve üst düzey temalar geliştirilmiştir. Böylece veriler yalnızca betimsel olarak değil, neden-sonuç ilişkileri ve katılımcı deneyimleri dikkate alınarak yorumlayıcı bir perspektifle analiz edilmiştir.

Araştırmanın güvenilirliğini artırmak amacıyla çeşitli stratejiler uygulanmıştır. Kodlama süreci belirli aralıklarla tekrarlanarak tutarlılık sağlanmış, sınırlı sayıda veri üzerinde kodlayıcılar arası uyum kontrol edilmiştir. Ayrıca kodlamalar uzman görüşüne tabi tutularak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Elde edilen bulgular literatürle karşılaştırılarak desteklenmiş ve katılımcı doğrulaması (member check) yöntemiyle analiz sürecinin geçerliliği güçlendirilmiştir.

## BULGULAR

Tablo 2. Elektrikli Araç Yangınlarına Yönelik Hizmet İçi Eğitimlere İlişkin Tema, Alt Tema ve Frekans Dağılımı

Tema	Alt Tema	f
Hizmet İçi Eğitim Durumu	Elektrikli araç yangınlarına yönelik eğitim alınması	11
	Eğitime kısmi katılım	3
Eğitimin İçeriği ve Kapsamı	Batarya yapısı ve riskler	4
	Elektrikli araç yangınlarına müdahale adımları	6
	Şarj istasyonları ve GES yangınları	2
	Üretici ve firma tanıtımları	2
Eğitimin Süresi ve Uygulamalı Niteliği	Kısa süreli eğitimler (yaklaşık 16 saat)	3
	2 gün ve üzeri süren eğitimler	2

	Uygulamalı eğitimin sınırlı olması	4
	Batarya veya senaryo temelli uygulamalar	2
Eğitimin Yeterliliğine İlişkin Değerlendirmeler	Eğitimin yeterli bulunması	3
	Eğitimin kısmen yeterli bulunması	4
	Eğitimin yetersiz bulunması	2
	Daha fazla uygulamalı eğitim ihtiyacı	6
	Sürekli ve güncel eğitim ihtiyacı	3

Elektrikli araç yangınlarına yönelik hizmet içi eğitimlere ilişkin bulgular, bu alanda kurumsal farkındalığın arttığını; ancak eğitimin niteliği, kapsamı ve sürdürülebilirliği açısından geliştirilmesi gereken yönlerin bulunduğunu göstermektedir. Analizler, hizmet içi eğitim alma durumu, eğitimin içeriği ve kapsamı, süresi ve uygulamalı niteliği ile yeterliliğine ilişkin değerlendirmeler olmak üzere dört temel eksende şekillenmektedir.

Katılımcıların büyük bir kısmı elektrikli araç yangınlarına yönelik en az bir hizmet içi eğitime katıldıklarını belirtmiş ve bu durum kurumların konuya verdiği önemi ortaya koymuştur. “Elektrikli araç yangınlarına yönelik eğitim aldık” (K1) ve “Kurumumuzda bu konuyla ilgili eğitimler veriliyor” (K6) ifadeleri, eğitimin kurumsal düzeyde ele alındığını göstermektedir. Bununla birlikte, bazı katılımcılar vardiya sistemi ve operasyonel yoğunluk nedeniyle eğitimlere eşit katılım sağlanamadığını vurgulamıştır. Bu durum, “Eğitimler var ama herkes katılamıyor” (K7) ve “Bazı arkadaşlar eğitim alamadan sahaya çıkmak zorunda kalıyor” (K11) sözleriyle dile getirilmiştir.

Eğitimin içeriği incelendiğinde, batarya yapısı, termal kaçak riski ve müdahale adımlarına ilişkin teorik bilgilerin öne çıktığı görülmektedir. Katılımcılar, “Bataryaların nasıl çalıştığı ve neden tehlikeli olduğu anlatıldı” (K6) ve “Termal kaçak ve batarya yangınlarının farkları üzerinde duruldu” (K10) ifadeleriyle bu durumu açıklamıştır. Müdahale süreçlerine ilişkin olarak ise “Olay yerine nasıl yaklaşılacağı ve neye dikkat edileceği anlatıldı” (K4) ve “Elektrikli araç yangınlarında müdahale sırası ve dikkat edilecek hususlar işlendi” (K7) görüşleri öne çıkmaktadır. Buna karşılık, şarj istasyonları ve GES yangınları gibi konuların daha sınırlı düzeyde ele alındığı anlaşılmaktadır.

Eğitimlerin süresi ve uygulamalı niteliğine ilişkin bulgular, katılımcıların en fazla eleştiri yönelttiği alanlardan biridir. Eğitimlerin çoğunlukla kısa süreli ve teorik ağırlıklı olduğu belirtilmiştir. Bu durum, “Eğitim çok kısa sürdü, daha çok teorik anlatım vardı” (K1) ve “Kısa sürede çok konu anlatıldı ama uygulama azdı” (K5) ifadeleriyle dile getirilmiştir. Daha uzun süreli eğitimlere katılanlar ise “İki gün süren bir eğitim aldık, daha faydalıydı” (K10) sözleriyle sürenin önemine dikkat çekmiştir. Uygulamalı eğitim eksikliği ise “Gerçek bir batarya üzerinde uygulama yapılmadı” (K8) ve “Tatbikat olmadan bu iş öğrenilmiyor” (K9) ifadeleriyle vurgulanmıştır. Buna karşın, uygulamalı eğitime katılanlar “Batarya üzerinden yapılan uygulama çok öğreticiydi” (K11) sözleriyle bu tür eğitimlerin etkinliğini ortaya koymuştur.

Eğitimin yeterliliğine ilişkin değerlendirmeler incelendiğinde, katılımcı görüşlerinin yeterli, kısmen yeterli ve yetersiz şeklinde dağıldığı görülmektedir. Eğitimi yeterli bulan katılımcılar “Temel anlamda neyle karşılaşacağımızı öğrendik” (K3) ifadesiyle görüşlerini belirtmiştir. Kısmen yeterli bulan katılımcılar ise “Bilgi var ama sahada nasıl uygulanacağı eksik” (K7) ve “Teorik anlatım yeterli, pratik zayıf” (K10) sözleriyle uygulama eksikliğine dikkat çekmiştir. Eğitimi yetersiz bulan katılımcılar ise “Bu eğitimler elektrikli araç yangınları için yeterli değil” (K9) görüşünü dile getirmiştir. Ayrıca sürekli ve güncel eğitim ihtiyacı “Bu teknoloji sürekli değişiyor, eğitimlerin de sürekli güncellenmesi gerekiyor” (K2) ifadesiyle vurgulanmıştır.

Tablo 3. Türkiye’de Elektrikli Araç Yangınlarına Müdahale Hazırlık Düzeyine İlişkin Tema, Alt Tema ve Frekans Dağılımı

Tema	Alt Tema	f
Genel Hazırlık Düzeyine İlişkin Algı	Hazırlık düzeyinin yetersiz bulunması	6
	Hazırlık düzeyinin çok zayıf bulunması	2
	Hazırlık düzeyinin orta seviyede görülmesi	3
Mevcut Uygulamaların Güçlü Yönleri	Tecrübeli ve disiplinli itfaiye personeli	3
	Temel yangın müdahale altyapısının varlığı	2
	Büyükşehir teşkilatlarında farkındalık ve eğitim	3
	Sahaya dayalı öğrenme ve deneyim kazanımı	2
Mevcut Uygulamaların Zayıf Yönleri	Elektrikli araçlara özgü ekipman eksikliği	8
	Ulusal standart ve protokol eksikliği	5
	Mevzuatın içten yanmalı araçlara göre düzenlenmiş olması	3
	Şarj istasyonları ve otopark riskleri	3
	Eğitimlerin uygulama ağırlıklı olmaması	3
Ulusal Düzeyde İyileştirme ve Bütünleşme İhtiyacı	Tek çatı altında örgütlenme ihtiyacı	1
	Ulusal müdahale standardı geliştirilmesi	3
	Kamu, üretici ve yerel yönetim iş birliği ihtiyacı	3
	Halkın bilinçlendirilmesi gerekliliği	2

Türkiye’de elektrikli araç yangınlarına müdahale hazırlık düzeyine ilişkin katılımcı değerlendirmeleri, genel algının ağırlıklı olarak yetersizlik ve kırılganlık etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, elektrikli araç teknolojilerinin hızla yaygınlaşmasına karşın müdahale kapasitesinin bu dönüşüme aynı hızla uyum sağlayamadığını göstermektedir.

Genel hazırlık düzeyine ilişkin değerlendirmelerde, katılımcıların önemli bir kısmı mevcut durumu yetersiz veya çok zayıf olarak nitelendirmiştir. Bu durumu “Türkiye genelinde elektrikli araç yangınlarına yeterince hazır olduğumuzu düşünmüyorum” (K4) ve “Hazırlık düzeyi mevcut risklere göre çok geride” (K8) ifadeleri açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca “Mevcut durum ciddi riskler barındırıyor” (K2) görüşü, hazırlık eksikliğinin kamu güvenliği açısından kritik sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir. Buna karşın bazı katılımcılar hazırlık düzeyini orta seviyede değerlendirmiş ve belirli bir farkındalığın oluştuğunu ifade etmiştir. Bu durum “Bir farkındalık var ama hazırlık tam değil” (K7) ve “Bazı yerlerde ilerleme var ama genel tablo yeterli değil” (K11) sözleriyle dile getirilmiştir.

Mevcut uygulamaların güçlü yönleri incelendiğinde, Türkiye’deki itfaiye teşkilatlarının tecrübeli ve disiplinli insan kaynağı ön plana çıkmaktadır. Katılımcılar, “İtfaiye personelimiz tecrübeli ve disiplinli” (K10) ve “Yangın müdahalesi konusunda ciddi bir tecrübemiz var” (K7) ifadeleriyle bu durumu vurgulamıştır. Ayrıca temel müdahale altyapısının varlığı “Araç ve personel açısından temel altyapımız mevcut” (K6) sözleriyle ifade edilmiştir. Büyükşehirlerde farkındalık ve eğitim çalışmalarının daha ileri düzeyde olduğu da “Büyükşehirlerde bu konu daha fazla gündemde” (K11) ifadesiyle desteklenmiştir. Bunun yanında sahaya dayalı öğrenme süreçleri de kurumsal adaptasyon kapasitesinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Mevcut uygulamaların zayıf yönleri ise katılımcı görüşlerinde daha belirgin biçimde öne çıkmaktadır. En önemli sorun alanı, elektrikli araç yangınlarına özgü ekipman eksikliğidir. Bu durum “Elektrikli araç yangınlarına özel ekipmanımız yok” (K1) ve “Batarya yangınları için özel bir donanım bulunmuyor” (K9) ifadeleriyle dile getirilmiştir. Ayrıca ulusal standart ve protokol eksikliği “Her il kendi imkânına göre hareket ediyor” (K7) ve “Ortak bir prosedür yok” (K10) sözleriyle vurgulanmıştır. Mevcut mevzuatın içten yanmalı araçlara göre düzenlenmiş olması, müdahale süreçlerinde yapısal bir boşluk oluşturmaktadır. Katılımcılar ayrıca kapalı otoparklar ve şarj istasyonlarının yüksek risk taşıdığına dikkat çekmiş; “Kapalı otoparklar büyük risk” (K11) ve “Şarj istasyonları için özel bir önlem yok” (K10) ifadeleriyle bu durumu belirtmiştir.

Katılımcı değerlendirmeleri, ulusal düzeyde bütünlük bir iyileştirme ihtiyacını da açıkça ortaya koymaktadır. Bu kapsamda ortak müdahale standartlarının geliştirilmesi, kurumlar arası iş birliğinin güçlendirilmesi ve toplumsal farkındalığın artırılması gerektiği vurgulanmıştır. Nitekim “Ulusal bir standart olmadan bu iş yürümez” (K11) ifadesi, bu gerekliliği net biçimde ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Batarya Yangınlarına Müdahalede Güvenlik Açısından Kritik Aşamalara İlişkin Tema, Alt Tema ve Frekans Dağılımı

Tema	Alt Tema	f
Bataryaya İlk Yaklaşma ve Müdahale Anı	Bataryaya ilk temasın en riskli aşama olması	4
	Bataryanın konumunun net olmaması	3
	Kapalı alanlarda ilk müdahalenin riskli olması	3
Termal Kaçak, Ani Parlama ve Patlama Riski	Termal kaçak sürecinin kontrol edilememesi	5
	Ani parlama (flash) riski	3
	Batarya patlama ihtimali	3
Toksik Gaz ve Kimyasal Maruziyet	Yoğun toksik duman oluşumu	7
	Kimyasal gazların bilinmeyen etkileri	2
	Solunum cihazı olmadan yaklaşmanın tehlikesi	3
Elektriksel Riskler ve Yeniden Alevlenme	Yüksek voltaj ve elektrik kaçağı riski	4
	Söndürme sonrası yeniden alevlenme	2
	Uzun süreli gözetim gerekliliği	3

Batarya yangınlarına müdahale sürecinde güvenlik açısından kritik görülen aşamalara ilişkin katılımcı değerlendirmeleri, bu tür yangınların klasik araç yangınlarından farklı olarak müdahalenin tamamına yayılan çok boyutlu riskler içerdiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, riskin özellikle bataryaya ilk yaklaşma, termal kaçak süreçleri, toksik gaz maruziyeti ve elektriksel tehlikeler etrafında yoğunlaştığını göstermektedir.

Bataryaya ilk yaklaşma ve müdahale anı, katılımcılar tarafından en kritik aşama olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, “En riskli an, bataryaya ilk yaklaştığımız an” (K10) ve “İlk müdahalede neyle karşılaşacağınızı bilmiyorsunuz” (K7) ifadeleriyle ortaya konulmaktadır. Ayrıca bataryanın konumuna ilişkin belirsizlik de önemli bir risk faktörü olarak belirtilmiştir. Katılımcılar bu durumu “Bataryanın tam olarak nerede olduğunu her araçta bilmiyorsunuz” (K11) ve “Araçtan araca batarya yerleri değişiyor, bu da ilk müdahaleyi riskli yapıyor” (K7) sözleriyle ifade etmiştir. Kapalı alanlarda gerçekleştirilen müdahalelerin risk düzeyini artırdığı da vurgulanmış; “Kapalı otoparkta ilk müdahale çok daha tehlikeli” (K10) ve “Bodrum katlarda hem duman hem de patlama riski çok yüksek” (K11) ifadeleri bu durumu desteklemiştir.

Termal kaçak, ani parlama ve patlama riski, müdahale sürecinin en tehlikeli teknik boyutlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Katılımcılar, “Termal kaçak başladığında kontrol etmek çok zor” (K7) ve “Isı bir hücreden diğerine geçiyor ve yangın büyüyor” (K5) sözleriyle bu sürecin kontrol edilmesindeki zorluklara dikkat çekmiştir. Ani parlama riskine ilişkin olarak “Bir anda parlama oluyor, mesafe çok önemli” (K4) ve “Ani alev yükselmesi personeli hazırlıksız yakalayabiliyor” (K1) ifadeleri öne çıkmaktadır. Patlama ihtimali ise “Batarya hücreleri patlayabiliyor” (K2) ve “Parça savrulması riski var” (K10) sözleriyle vurgulanmıştır.

Toksik gaz ve kimyasal maruziyet, katılımcılar tarafından en yaygın ve sürekli risk alanı olarak değerlendirilmiştir. Bu durum “Duman çok yoğun ve zehirli” (K7) ve “Gaz hem görüşü kapatıyor hem de solunumu tehlikeye sokuyor” (K9) ifadeleriyle dile getirilmiştir. Gazların türüne ilişkin belirsizlik “Hangi gaz çıktığını tam bilmiyoruz” (K8) sözleriyle ifade edilirken, solunum güvenliğinin önemi “Solunum cihazı olmadan yaklaşmak büyük risk” (K10) ve “THSC olmadan batarya yangınına girmek mümkün değil” (K11) ifadeleriyle vurgulanmıştır.

Elektriksel riskler ve yeniden alevlenme ihtimali, müdahale sürecinin söndürme sonrasında da devam eden kritik tehlikeleri arasında yer almaktadır. Katılımcılar bu riski “Akımın tamamen kesildiğinden emin olamıyorsunuz” (K9) ve “Yüksek voltaj her zaman risk” (K10) sözleriyle ifade etmiştir. Ayrıca yeniden alevlenme ihtimali “Yangın söndükten sonra bile tekrar alevlenebiliyor” (K7) ve “Söndürme sonrası mutlaka uzun süre gözetim gerekiyor” (K11) ifadeleriyle dile getirilmiştir.

Tablo 5. Elektrikli Araç Yangınlarına İlişkin Mevzuat, Rehber ve Talimatnamelerde Algılanan Eksiklikler ve Revizyon İhtiyacına Yönelik Tema, Alt Tema ve Frekans Dağılımı

Tema	Alt Tema	f
Mevzuatın Güncelliği ve Yeterliliği	Mevcut mevzuatın yetersiz bulunması	6
	Mevzuatın tamamen revize edilmesi gerekliliği	4
	Mevzuatta eksik görmeme / farkında olmama	2
Elektrikli Araçlara Özgü Düzenleme Boşlukları	EV yangınlarına özel başlık bulunmaması	5
	Batarya yangınlarına özgü prosedür eksikliği	3
	Yangın sonrası süreçlerin tanımlanmamış olması	2
Uygulama ve Saha Gerçekliğiyle Uyumsuzluk	Mevzuatın sahadaki riskleri yansıtmaması	3
	Saha deneyimlerinin mevzuata yansımaması	2
	Standart eksikliğinin kurumlar arası farklılık yaratması	3
Yapısal, Teknik ve Eğitsel Düzenleme İhtiyacı	Şarj istasyonları ve kapalı otoparklara yönelik eksiklik	3
	Batarya yangınlarına özel teknik standart eksikliği	2
	Mevzuatta eğitim zorunluluğunun yer almaması	2

Elektrikli araç yangınlarına ilişkin mevcut mevzuat, rehber ve talimatnamelerin yeterliliğine dair katılımcı görüşleri, Türkiye’de düzenleyici çerçevenin güncellik, kapsam ve uygulanabilirlik açısından önemli boşluklar içerdiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, mevzuatın elektrikli araç yangınlarının özgül risklerini yeterince tanımlayamadığını ve saha uygulamalarını yönlendirme kapasitesinin sınırlı kaldığını göstermektedir.

Mevzuatın güncelliği ve yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerde, katılımcıların büyük çoğunluğu mevcut düzenlemeleri yetersiz bulmaktadır. Bu durum “Mevcut mevzuat elektrikli araç yangınlarını kapsayacak düzeyde değil” (K1) ve “Elektrikli araç yangınlarına yönelik bir düzenleme görmüyoruz” (K3) ifadeleriyle dile getirilmiştir. Ayrıca mevzuatın bütüncül biçimde yenilenmesi gerektiği “Mevzuatın tamamen revize edilmesi gerekiyor” (K4) ve “Parça parça değil, komple ele alınmalı” (K5) sözleriyle vurgulanmıştır. Buna karşın bazı katılımcılar mevzuatta eksiklik görmediklerini ifade etmiş; “Mevzuatta bir eksiklik görmedim” (K6) görüşü bu durumu yansıtmıştır.

Elektrikli araçlara özgü düzenleme boşlukları incelendiğinde, mevzuatta EV yangınlarına yönelik özel başlık ve prosedürlerin bulunmaması temel bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Katılımcılar bu durumu “EV yangınlarına özel bir başlık yok” (K10) ve “Düzenlemeler hâlâ içten yanmalı araç odaklı” (K2) ifadeleriyle dile getirmiştir. Batarya yangınlarına özgü prosedür eksikliği ise “Termal kaçak ve yeniden alevlenme süreçleri mevzuatta yok” (K11) ve “Batarya yangınına özel prosedür tanımlı değil” (K7) sözleriyle vurgulanmıştır. Ayrıca olay sonrası süreçlere ilişkin belirsizlik “Söndürme sonrası ne yapılacağı net değil” (K10) ifadesiyle ortaya konulmuştur.

Uygulama ve saha gerçekliğiyle uyumsuzluk boyutunda, katılımcılar mevzuatın sahadaki riskleri yeterince yansıtmadığını belirtmiştir. Bu durum “Mevzuat sahadaki riskleri yansıtmıyor” (K7) ve “Teorik düzenlemeler pratikle örtüşmüyor” (K2) ifadeleriyle dile getirilmiştir. Ayrıca saha deneyimlerinin mevzuata yeterince yansımaması “Sahadaki tecrübeler mevzuata yansımıyor” (K7) sözleriyle vurgulanmıştır. Standart eksikliğinin kurumlar arası farklılıklara yol açtığı ise “Standart olmadığı için her kurum farklı uyguluyor” (K11) ifadesiyle ortaya konulmuştur.

Yapısal, teknik ve eğitsel düzenleme ihtiyacı kapsamında katılımcılar, özellikle şarj istasyonları ve kapalı otoparklara yönelik düzenlemelerin yetersiz olduğunu belirtmiştir. Bu gereklilik “Kapalı otoparklar ve bodrum katlar için özel

*düzenleme şart*” (K10) sözleriyle ifade edilmiştir. Batarya yangınlarına yönelik teknik standart eksikliği ve eğitim gerekliliği de vurgulanmış; *“Bu konuda eğitim zorunlu olmalı”* (K4) ifadesi, mevzuatta eğitim yükümlülüğünün yer alması gerektiğini ortaya koymuştur.

Tablo 6. Elektrikli Araç Batarya Yangınlarında Riskleri Azaltmaya Yönelik Öncelikli Teknik, Eğitsel ve Yönetsel Adımlara İlişkin Tema, Alt Tema ve Frekans Dağılımı

Tema	Alt Tema	f
Teknik ve Ekipman Temelli Önlemler	Batarya yangınlarına özgü söndürme maddesi geliştirilmesi	5
	Bataryaya doğrudan müdahale edilebilecek özel ekipmanlar	4
	Yeniden alevlenmeyi önleyici soğutma ve izleme sistemleri	3
	Elektrikli araçlara özgü KKD geliştirilmesi	3
	Şarj altyapısı ve batarya tasarımında güvenlik iyileştirmeleri	3
Eğitsel ve Kapasite Geliştirici Adımlar	Sürekli ve uygulamalı hizmet içi eğitimler	7
	Eğitimlerin tüm personeli kapsayacak şekilde yaygınlaştırılması	3
	Üretici firmalarla ortak eğitim ve tatbikatlar	3
	Halkın ve EV kullanıcılarının bilinçlendirilmesi	2
	Ulusal düzeyde standart müdahale protokolü oluşturulması	3
Yönetsel, Mevzuatsal ve Yapısal Düzenlemeler	Mevcut mevzuatın elektrikli araçlara göre revize edilmesi	4
	Şarj istasyonları ve kapalı otoparklara yönelik özel düzenlemeler	3
	Kurumlar arası koordinasyon ve merkezi yapı ihtiyacı	1
	Olay komuta sistemlerinin EV yangınlarına göre güncellenmesi	2

Elektrikli araç batarya yangınlarında risklerin azaltılmasına yönelik katılımcı değerlendirmeleri incelendiğinde, önerilerin teknik ve ekipman temelli önlemler, eğitsel ve kapasite geliştirici adımlar ile yönetsel, mevzuatsal ve yapısal düzenlemeler olmak üzere üç ana düzlemde yoğunlaştığı görülmektedir. Bulgular, risk azaltımının ancak teknoloji, eğitim ve yönetim boyutlarının bütüncül biçimde ele alınmasıyla mümkün olacağını ortaya koymaktadır.

Teknik ve ekipman temelli önlemler bağlamında, katılımcılar batarya yangınlarına özgü söndürme maddelerinin geliştirilmesini öncelikli bir ihtiyaç olarak vurgulamıştır. Bu durum *“Batarya yangınları için klasik söndürme maddeleri yeterli olmuyor”* (K10) ve *“Lityum-iyon bataryalar için özel solüsyonlar geliştirilmesi şart”* (K3) ifadeleriyle dile getirilmiştir. Ayrıca bataryaya doğrudan müdahale edilebilecek özel ekipmanların geliştirilmesi gerekliliği *“Bataryaya güvenli şekilde müdahale edebilecek özel ekipmanlara ihtiyaç var”* (K7) ve *“Bataryayı izole edebilecek sistemler olmalı”* (K11) sözleriyle vurgulanmıştır. Yeniden alevlenmeyi önleyici soğutma ve izleme sistemlerine ilişkin olarak ise *“Yangın söndükten sonra da bataryayı izlemek gerekiyor”* (K7) ve *“Termal kamera gibi izleme sistemleri şart”* (K10) ifadeleri öne çıkmaktadır. Bunun yanında elektrikli araçlara özgü kişisel koruyucu donanımların geliştirilmesi *“Elektrikli araç yangınları için özel tasarlanmış KKD’ler gerekli”* (K8) ve *“Yüksek voltaj ve kimyasal riskler için mevcut ekipmanlar sınırlı”* (K6) sözleriyle dile getirilmiştir. Risklerin kaynağında azaltılması açısından batarya ve şarj altyapısına yönelik güvenlik iyileştirmeleri de önemsenmiş ve *“Bataryaların daha güvenli tasarlanması gerekiyor”* (K1) ifadesiyle vurgulanmıştır.

Eğitsel ve kapasite geliştirici adımlar incelendiğinde, katılımcıların en güçlü ortak görüşü sürekli ve uygulamalı hizmet içi eğitimlerin yaygınlaştırılması yönündedir. Bu gereklilik *“Tatbikat olmadan bu riskler yönetilemez”* (K9) ve *“Gerçek araç üzerinde uygulama şart”* (K10) ifadeleriyle dile getirilmiştir. Eğitimlerin tüm personeli kapsamı gerektiği *“Herkes aynı eğitimi almalı”* (K11) sözleriyle vurgulanırken, üretici firmalarla iş birliği içinde yürütülecek eğitim ve tatbikatların önemi *“Araç üreticileriyle birlikte eğitim yapılmalı”* (K10) ifadesiyle ortaya konulmuştur. Ayrıca toplumun bilinçlendirilmesi gerekliliği *“Kullanıcılar da bu riskleri bilmeli”* (K8) sözleriyle ifade edilmiştir.

Yönetsel, mevzuatsal ve yapısal düzenlemeler kapsamında katılımcılar, ulusal düzeyde standart müdahale protokollerinin oluşturulması gerektiğini belirtmiştir. Bu gereklilik *“Ulusal bir standart olmadan bu riskler yönetilemez”* (K11) ifadesiyle dile getirilmiştir. Mevzuatın elektrikli araç teknolojilerine uygun biçimde güncellenmesi gerektiği *“Mevzuat elektrikli araçlara göre güncellenmeli”* (K7) sözleriyle vurgulanmıştır. Ayrıca şarj istasyonları ve kapalı otoparklara yönelik düzenlemelerin önemi *“Bodrum katlar ciddi risk”* (K10) ifadesiyle ortaya konulmuştur. Kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesi ve olay komuta sistemlerinin güncellenmesi gerekliliği ise *“Olay komuta sistemi bu yangınlara göre yeniden düşünülmeli”* (K7) sözleriyle ifade edilmiştir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Araştırma bulguları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, elektrikli araç yangınlarının Türkiye’de itfaiye hizmetleri açısından artık istisnai ya da marjinal bir risk alanı olmaktan çıktığı, buna karşılık kurumsal hazırlık, müdahale güvenliği, eğitim altyapısı ve mevzuat düzenlemeleri bakımından bu yeni risk alanına henüz tam anlamıyla uyum sağlanamadığı görülmektedir. Katılımcı ifadeleri, elektrikli araç teknolojisinin sahadaki yaygınlığı ile bu araçların yangın risklerine karşı geliştirilen kurumsal kapasite arasında belirgin bir asimetri bulunduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, teknoloji sahada hızla görünür hâle gelirken, bu teknolojinin ürettiği özgül tehlikelere karşı yangın hizmetlerinin örgütsel, teknik

ve normatif hazırlığı aynı hızda gelişmemektedir. Bu durum, araştırmanın temel bulgularını daha geniş ölçekte bir uyum açığı problemi olarak yorumlamayı gerekli kılmaktadır. Nitekim katılımcılar, mevcut yapının tamamen işlevsiz olmadığını; belirli bir kurumsal farkındalık, deneyimli insan kaynağı ve temel müdahale altyapısının var olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak aynı katılımcılar, bu mevcut altyapının elektrikli araç ve özellikle lityum-iyon batarya yangınlarının karmaşık, dinamik ve çok katmanlı risk yapısını karşılamakta yetersiz kaldığını güçlü biçimde vurgulamıştır.

Araştırmanın hizmet içi eğitim boyutuna ilişkin bulguları, kurumsal farkındalığın oluşmaya başladığını, ancak bu farkındalığın henüz standartlaşmış, sürekliliği güvence altına alınmış ve uygulama temelli bir eğitim rejimine dönüşmediğini ortaya koymaktadır. Katılımcıların tamamına yakınının elektrikli araç yangınlarına ilişkin en az bir tür eğitim aldığını belirtmesi, bu alanın kurumsal gündeme girmiş olduğunu göstermesi bakımından önemli ve olumlu bir bulgudur. Bununla birlikte, eğitimlerin kısa süreli, çoğunlukla teorik ağırlıklı ve tüm personele eşit biçimde yayılmamış olması, bu olumlu başlangıcın niteliksel olarak derinleşmediğini göstermektedir. Özellikle gerçek araç, gerçek batarya ya da senaryo temelli tatbikatların sınırlı kalması, öğrenmenin bilişsel düzeyde kalmasına ve sahadaki davranışsal yeterliliğe tam olarak dönüşmemesine yol açmaktadır. Bu bağlamda bulgular, elektrikli araç yangınlarına yönelik eğitimin klasik hizmet içi eğitim mantığıyla, yani kısa süreli bilgi aktarımı ekseninde kurgulanmasının yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Çünkü katılımcıların da vurguladığı üzere, bu alandaki riskler statik değil; teknolojiye, araç tasarımına, batarya yapısına ve şarj sistemlerine bağlı olarak sürekli değişmektedir. Dolayısıyla bu çalışma, elektrikli araç yangınları bağlamında eğitimin bir defalık kurumsal faaliyet olarak değil, sürekli güncellenen, uygulamalı, senaryo temelli ve bütün personeli kapsayan bir kapasite geliştirme süreci olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Türkiye’de elektrikli araç yangınlarına müdahale hazırlık düzeyine ilişkin bulgular ise, araştırmanın eğitim boyutunda saptanan eksikliklerin daha geniş kurumsal yapıya nasıl yansıdığını açık biçimde göstermektedir. Katılımcıların büyük çoğunluğunun hazırlık düzeyini “yetersiz”, “çok zayıf” ya da en iyi ihtimalle “orta” düzeyde görmesi, Türkiye’de bu alandaki kapasitenin henüz kurumsal olgunluğa ulaşmadığını düşündürmektedir. Burada dikkat çekici olan husus, katılımcıların tamamen karamsar bir tablo çizmemesi; insan kaynağının deneyimli oluşunu, temel yangın müdahale altyapısının ve bazı büyükşehir teşkilatlarındaki artan farkındalığı güçlü yönler arasında saymasıdır. Bununla birlikte bu güçlü yönler, daha çok geleneksel yangınlara ilişkin deneyim ve reflekslerin elektrikli araç yangınlarına uyarlanma potansiyeline işaret etmektedir. Yani bunlar elektrikli araç yangınlarına özgü özel bir hazırlık düzeyini değil, mevcut yapının uyarlanabilirliğini göstermektedir. Öte yandan ekipman eksikliği, ulusal standart ve protokol yokluğu, mevzuatın içten yanmalı araçlara göre biçimlenmiş olması ve şarj istasyonları ile kapalı otoparklar gibi yüksek riskli alanlara yönelik önlemlerin yetersizliği, bu uyarlanabilirliğin sınırlarını açıkça ortaya koymaktadır. Bu noktada araştırma, Türkiye’de elektrikli araç yangınlarına hazırlığın parçalı, bölgesel ve kurumsal kapasiteye göre değişen bir nitelik taşıdığını göstermektedir. Böyle bir yapı ise müdahale güvenliğini yerel olanaklara bağımlı hâle getirerek, yangın hizmetlerinde ulusal ölçekte eşitsiz bir güvenlik rejimi yaratma riski taşımaktadır. Özellikle “her il kendi imkânına göre hareket ediyor” biçimindeki katılımcı ifadeleri, standartlaşma eksikliğinin yalnızca idari bir sorun değil, doğrudan doğruya saha güvenliğini etkileyen yapısal bir zafiyet olduğunu göstermektedir.

Batarya yangınlarında güvenlik açısından kritik aşamalara ilişkin bulgular, elektrikli araç yangınlarının neden klasik araç yangınlarından ayrı bir risk kategorisi olarak ele alınması gerektiğini güçlü biçimde ortaya koymaktadır. Katılımcıların riskin özellikle bataryaya ilk yaklaşma anı, termal kaçak süreci, ani parlama ve patlama ihtimali, toksik gaz maruziyeti, yüksek voltaj ve söndürme sonrası yeniden alevlenme ihtimali etrafında yoğunlaştığını belirtmesi, bu yangınların tekil bir olay olmaktan çok, zamana yayılan ve aşamalar hâlinde derinleşen bir risk matrisi ürettiğini göstermektedir. Bu sonuç, güvenli müdahalenin yalnızca yangın anına yönelik reflekslerle açıklanamayacağını; olay öncesi bilgi, olay sırası karar verme ve olay sonrası izleme süreçlerinin bütüncül biçimde planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle bataryanın konumuna ilişkin belirsizlik, ilk yaklaşma sırasında karşılaşılan teknik bilinmezlikler ve termal kaçak sürecinin öngörülemez yapısı, müdahalenin ilk dakikalarını son derece kritik hâle getirmektedir. Bunun yanında toksik gaz maruziyeti ve kimyasal belirsizlik, bu yangınların iş sağlığı ve güvenliği boyutunu daha da görünür kılmaktadır. Çünkü burada tehlike solunum yoluyla maruziyet, görüş kaybı, kimyasal belirsizlik ve elektrikli temas riskidir. Dahası, söndürme sonrası yeniden alevlenme ve uzun süreli gözetim ihtiyacı, olayın söndürme ile sona ermediğini; aksine riskin müdahale sonrası fazda da devam ettiğini göstermektedir. Bu çerçevede araştırma, elektrikli araç batarya yangınlarının klasik yangın güvenliği anlayışının ötesinde, süreç temelli, çok aşamalı ve yüksek belirsizlik içeren bir risk yönetimi modeli gerektirdiği sonucunu desteklemektedir.

Araştırmanın mevzuat, rehber ve talimatnamelere ilişkin bulguları ise, sahadaki teknik ve kurumsal eksikliklerin önemli bir kısmının düzenleyici çerçevede karşılık bulmayan boşluklarla ilişkili olduğunu göstermektedir. Katılımcıların çoğunluğu mevcut mevzuatı güncellik, kapsam ve uygulanabilirlik bakımından yetersiz bulmuştur. Özellikle mevzuatın hâlen içten yanmalı araç odaklı bir mantıkla düzenlenmiş olmasını temel bir sorun olarak tanımlamıştır. Bu bulgu son derece önemlidir; çünkü mevzuat eksikliği burada yalnızca “yeni bir konuya henüz madde eklenmemiş olması” anlamına

gelmemektedir. Daha derinde, elektrikli araç yangınlarının ayrı bir risk sınıfı olarak kavramsallaştırılmaması, termal kaçak, yeniden alevlenme, toksik gaz, yüksek voltaj, söndürme sonrası taşıma ve karantina gibi süreçlerin düzenleyici zeminde tanımlanmamış olması söz konusudur. Bu durum, sahadaki personelin riskle mücadele ederken normatif belirsizlik içinde hareket etmesine yol açmaktadır. Mevzuatın parça parça değil, bütüncül biçimde revize edilmesi gerektiğine ilişkin katılımcı vurgusu da tam olarak bu nedenle önemlidir. Zira mesele, birkaç teknik ekleme ile çözülebilecek dar kapsamlı bir revizyon ihtiyacının ötesine geçmektedir. Görev, yetki, sorumluluk, ekipman standardı, eğitim zorunluluğu, olay sonrası gözetim ve kurumlar arası koordinasyon gibi unsurları da içeren yeni bir düzenleyici mantık gerektirmektedir. Ayrıca bazı katılımcıların mevzuat konusunda bilgi sahibi olmaması veya sorun görmemesi, mevcut metinlerin sahaya aktarılması, anlaşılması ve içselleştirilmesi konusunda da bir kurumsal iletişim sorunu bulunduğunu düşündürmektedir.

Risk azaltımına yönelik teknik, eğitsel ve yönetsel önerilere ilişkin bulgular ise, katılımcıların meseleyi, çözüm eksenleri üzerinden de oldukça berrak biçimde kavradıklarını göstermektedir. Batarya yangınlarına özgü söndürme maddesi geliştirilmesi, bataryaya güvenli doğrudan müdahale sağlayacak özel ekipmanların temini, termal kamera ve uzun süreli soğutma-izleme sistemlerinin yaygınlaştırılması, elektrikselsel ve kimyasal risklere uygun kişisel koruyucu donanımların geliştirilmesi gibi teknik öneriler, mevcut müdahale kapasitesinin neden yetersiz görüldüğünü açık biçimde ortaya koymaktadır. Benzer biçimde, uygulamalı ve sürekli hizmet içi eğitimlerin yaygınlaştırılması, eğitimlerin tüm personeli kapsamaması, üretici firmalarla ortak tatbikatların yapılması ve halkın da bilinçlendirilmesi yönündeki vurgular, risk azaltımının; teknoloji üreticileri, yerel yönetimler, kamu kurumları ve kullanıcı davranışlarını kapsayan geniş bir ekosistem sorunu olduğunu göstermektedir. Ulusal düzeyde standart müdahale protokollerinin oluşturulması, mevcut mevzuatın elektrikli araçlara göre revize edilmesi, kapalı otoparklar ve şarj istasyonlarına yönelik özel düzenlemelerin getirilmesi ve olay komuta sisteminin bu yangınların çok disiplinli yapısına göre güncellenmesi gereği ise çözümün kurumsal ve yönetsel katmanını işaret etmektedir.

## **ÖNERİLER**

Öneriler araştırma sonuçlarından çıkarılmalıdır. Özel olmalıdır. Çalışmada ulaşılan sonuçlar dikkate alınarak ilgili kişi ve kurumlara, araştırmacılara veya uygulayıcılara yönelik öneriler yazılmalıdır. Öneriler ayrı başlık kullanılmadan sonuç ve tartışma bölümünün sonuna da eklenebilir.

## **KATKI BELİRTME**

Yazar/yazarlardan başka makalenin herhangi bir safhasında katkı sağlayan kişiler varsa yazının sonunda bu kişilerin isimleri ayrıca belirtilmelidir.

Makale kurum ya da kuruluş tarafından desteklenen bir araştırma/proje bulgularından oluşuyorsa desteği sağlayan kurum/kuruluşun adı, projenin ismi, (varsa) tarih, sayı ve numarası verilmelidir.

## **ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI**

Yazarlar aralarında çıkar çatışması olmadığını "The authors declare that they have no conflict of interest" beyan ederler.



## EXTENDED SUMMARY

**INTERVENTION SAFETY, INSTITUTIONAL PREPAREDNESS AND REGULATORY ADEQUACY IN ELECTRIC VEHICLE FIRES: AN EVALUATION BASED ON FIREFIGHTER EXPERIENCES****INTRODUCTION**

Electric vehicles have long been discussed as one of the defining technologies of the future of transportation; however, particularly during the last decade, they have moved beyond the status of a technological alternative and have become a central component of the global automotive system. Although the current expansion of electric mobility is often perceived as a recent development, the history of electric vehicles dates back to the late nineteenth century, when early electric vehicle experiments demonstrated the technical feasibility of electrically powered mobility. The renewed rise of this technology in the twenty-first century has been shaped by environmental concerns, public policy priorities, technological advances, and increasing private-sector investment in low-emission transportation systems (Sperling, 2013; Ajanovic, 2015; Husain et al., 2021). In this respect, electric vehicles represent not only a change in propulsion technology but also a wider transformation of mobility, energy use, emergency response, occupational safety, and institutional preparedness.

The rapid diffusion of electric vehicles has made this transformation more visible in both global and national contexts. The growing share of electric vehicles in new vehicle sales, the expansion of charging infrastructure, and the strategic orientation of major automotive manufacturers toward electrification show that electric mobility is no longer a marginal trend but a structural shift in transportation systems (Yilmaz, 2024). Global electric vehicle sales and the number of electric cars on the road have increased substantially in recent years, while the share of electric vehicles in new vehicle sales has risen from a very limited level to a significant market segment (Khaleel et al., 2024; Muratori et al., 2021). Türkiye is also affected by this transformation through both international brands and domestic production initiatives. As electric vehicles become more common in daily life, the potential for accidents, fires, technical failures, and emergency response situations involving these vehicles also increases.

Electric vehicles differ from conventional internal combustion engine vehicles in terms of energy source, powertrain structure, electrical architecture, and control systems. Battery electric vehicles, hybrid electric vehicles, and fuel-cell electric vehicles all involve different forms of energy storage and conversion; however, battery electric vehicles are particularly important due to their dependence on lithium-ion battery technologies. Lithium-ion batteries provide high energy density, longer cycle life, and improved performance compared with earlier battery systems, thereby contributing to the range, efficiency, and commercial viability of electric vehicles (Demirkol, 2024; Kaba et al., 2021). Modern electric vehicles also include high-voltage systems, power electronics, thermal management units, battery management systems, fast-charging capabilities, and sophisticated electronic control structures (Uydur, 2025). These technological characteristics create new forms of operational complexity when electric vehicles are involved in fire incidents.

One of the most critical issues in electric vehicle fires concerns the fire behavior of lithium-ion battery packs. Unlike fuel-based vehicle fires, lithium-ion battery fires may involve thermal runaway, delayed ignition, re-ignition, toxic and flammable gas release, high-voltage exposure, prolonged cooling requirements, and post-fire monitoring needs (Anil, 2022). These features create distinct occupational hazards for firefighters. During intervention, firefighters may face electrical shock risks, explosive reactions in battery cells, intense smoke, chemically uncertain gas emissions, limited visibility, long-lasting heat release, and the possibility that a fire may re-ignite even after it appears to have been extinguished (Can, 2025). Therefore, electric vehicle fires should be considered as a new occupational safety and health risk category for fire services. The issue is not limited to extinguishing the visible flames; it also includes evaluating the vehicle's energy status, understanding the battery structure, securing the incident area, selecting an appropriate cooling strategy, monitoring the battery after suppression, and managing transportation or quarantine processes after the incident (Topal, 2023; Hynynen et al., 2023; Shen et al., 2024).

The regulatory dimension is also essential. Effective management of electric vehicle fire risks requires clear, up-to-date, applicable, and standardized regulations, guidelines, operational procedures, and training requirements. However, new technologies often develop faster than regulatory frameworks, which may create gaps between actual field risks and existing legal or institutional arrangements. In electric vehicle fires, issues such as approach distance, battery isolation, high-voltage risk management, toxic gas exposure, re-ignition monitoring, post-fire storage, charging station safety, indoor parking risks, inter-institutional coordination, and firefighter protection should be addressed through specific standards and operational protocols (Tohir and Martín-Gómez, 2023; Sun et al., 2020). If these areas are not clearly regulated, firefighters may be forced to make critical decisions under conditions of uncertainty. In this context, regulatory adequacy directly affects intervention safety, institutional responsibility, professional training, and standardization in the field (Klock, 2024). Studies also emphasize that electric vehicles in enclosed spaces, such as parking garages and underground facilities, may require performance-based fire safety evaluations and different emergency response models (Brzezinska and Bryant, 2022; Di Matteo, 2023). Since firefighters are among the first professionals directly exposed to these risks, their field experiences provide valuable evidence for understanding institutional preparedness, training gaps, equipment needs, and regulatory deficiencies (Liu et al., 2023).

Based on this background, the present study aims to evaluate intervention safety, institutional preparedness, and regulatory adequacy in electric vehicle fires through the experiences of firefighters. The main assumption of the study is that although electric vehicles are becoming increasingly common, fire services may not yet be fully prepared in terms of practical training, specialized equipment, standard operating procedures, and updated regulatory frameworks. Accordingly, the study focuses on firefighters' in-service training experiences, their perceptions of Türkiye's preparedness level for electric vehicle fires, their evaluations of current legislation and guidelines, the critical safety stages they identify in battery fire interventions, and their recommendations for reducing risks. In this way, the study contributes to the occupational safety and health literature by addressing electric vehicle fires as an emerging risk area and provides practice-oriented insights for fire service training, institutional capacity building, and policy development.

## METHOD

This research was designed within the framework of qualitative research methodology. Since electric vehicle fires involve technical, institutional, regulatory, and human-resource-related dimensions, a qualitative approach was considered appropriate for examining the meanings, perceptions, experiences, and field-based evaluations of firefighters in depth. Rather than measuring the phenomenon through numerical indicators alone, the study aimed to understand how firefighters interpret the risks associated with electric vehicle fires, how they evaluate their institutional preparedness, and what kinds of operational problems they encounter or anticipate in the field.

The research was structured as a case study. This design made it possible to examine electric vehicle fire intervention processes within the specific institutional context of fire services in Türkiye. Semi-structured interviews were used as the primary data collection technique. This method enabled the researchers to collect systematic and comparable data while also allowing participants to express their experiences, concerns, and recommendations in their own words. The interview form included questions on participants' knowledge levels, intervention experiences, equipment adequacy, personal protective equipment, toxic gas awareness, institutional coordination, in-service training, preparedness level, regulatory gaps, and risk-reduction strategies.

The study group consisted of 72 firefighters working in different provinces of Türkiye. Participants were selected through maximum variation sampling, one of the purposeful sampling strategies. This approach was preferred in order to reflect different institutional contexts, duty positions, professional experience levels, and organizational scales. All participants were male. In terms of duty title, 48 participants were firefighters, 19 were team leaders or supervisors, and 5 were trainers or technical personnel. Regarding professional experience, 21 participants had 0–5 years of experience, 18 had 6–10 years, 17 had 11–20 years, and 16 had 21 years or more. In terms of institutional affiliation, 49 participants worked in provincial or district municipal fire departments, while 23 worked in metropolitan fire departments. This distribution allowed the study to include both operational personnel and participants with supervisory or technical responsibilities.

The data collection process was conducted in accordance with the ethics committee approval obtained from Kocaeli Health and Technology University Non-Interventional Research Ethics Committee, dated 14 July 2025 and numbered 28/03. Data were collected between 1 June 2025 and 30 September 2025 through face-to-face semi-structured interviews. Before the interviews, participants were informed about the purpose, scope, confidentiality principles, and voluntary nature of the research, and written informed consent was obtained. The interviews were conducted in suitable environments approved by the participants' institutions and lasted approximately 40–60 minutes. With participants' permission, audio recordings were taken and later transcribed verbatim. Researcher notes and field

observations regarding equipment, training materials, and intervention arrangements were also used to support and enrich the interview data.

The data were analyzed using content analysis. First, the interview transcripts were read repeatedly to ensure familiarity with the data. Then, open coding was conducted by identifying meaningful units in participants' statements. Codes related to intervention protocols, personal protective equipment, toxic gas awareness, in-service training, organizational problems, equipment needs, and regulatory deficiencies were grouped into categories. These categories were then organized under broader themes. To strengthen reliability and validity, coding was reviewed at different stages, expert opinion was obtained, and participant confirmation was used where necessary. The analysis therefore produced both descriptive and interpretive findings regarding the preparedness of fire services for electric vehicle fires.

## FINDINGS

The findings show that institutional awareness of electric vehicle fires has begun to increase; however, this awareness has not yet been fully transformed into standardized, continuous, and practice-based preparedness. The first major theme concerns in-service training. Most participants stated that they had received at least some form of training on electric vehicle fires. This indicates that the issue has entered the institutional agenda of fire departments. Nevertheless, the content, duration, accessibility, and practical dimension of these trainings remain limited. Training content generally focused on battery structure, battery-related risks, thermal runaway, and basic intervention steps. Some participants also referred to training related to charging stations, solar energy systems, and manufacturer presentations. However, practical training based on real vehicles, real battery systems, or realistic scenarios was found to be insufficient.

The participants' evaluations of training adequacy were divided into three groups: those who found the training sufficient, those who considered it partially sufficient, and those who regarded it as insufficient. A common concern was that theoretical knowledge did not always translate into field competence. Participants emphasized that electric vehicle fires cannot be learned effectively through short presentations alone. Since the technology changes rapidly and vehicle designs differ by manufacturer and model, firefighters need repeated, updated, scenario-based, and hands-on training. The most frequently emphasized need was more practical training, followed by continuous and updated training. This finding shows that training should not be treated as a one-time institutional activity but as a permanent capacity-building process.

The second major theme concerns Türkiye's preparedness level for electric vehicle fire interventions. Participants generally described the current level of preparedness as insufficient, weak, or at best moderate. They acknowledged that Turkish fire services have strong human resources, disciplined personnel, basic fire intervention infrastructure, and significant experience in traditional fire response. They also noted that some metropolitan fire departments have developed greater awareness and have begun to organize training activities. However, these strengths mostly reflect the general capacity of fire services rather than a specific preparedness structure for electric vehicle fires. The weaknesses were more strongly emphasized. Participants identified the lack of electric-vehicle-specific equipment, absence of national standards and protocols, insufficient practical training, regulations designed mainly for internal combustion engine vehicles, and inadequate measures for charging stations and parking garages as major deficiencies.

A particularly important finding is that preparedness appears to vary by institutional capacity and local resources. In the absence of a national standard, each fire department may respond according to its own possibilities. This creates a fragmented preparedness structure and may lead to unequal levels of intervention safety across different regions. The participants' statements indicate that electric vehicle fire response should not depend solely on local initiative, individual experience, or improvised decision-making. Instead, a national intervention standard, inter-institutional coordination, cooperation with manufacturers, and public awareness activities are needed.

The third major theme concerns the critical safety stages in battery fire interventions. Participants identified several high-risk phases: the first approach to the battery or vehicle, uncertainty regarding battery location, intervention in enclosed areas, thermal runaway, flash fire, explosion risk, toxic smoke, unknown chemical gas exposure, high-voltage hazards, electrical leakage, re-ignition after suppression, and the need for long-term monitoring. The first approach was considered especially critical because firefighters may not know the exact condition of the battery, the energy status of the vehicle, or the location of battery modules. In enclosed areas such as underground parking garages, the risk increases due to smoke accumulation, limited ventilation, heat concentration, and restricted movement.

Thermal runaway was evaluated as one of the most dangerous technical processes. Once thermal runaway begins, heat may spread from one cell to another, causing a chain reaction that is difficult to control. Participants also emphasized sudden flame intensification, flash risk, and possible battery cell rupture. Toxic gas and chemical exposure emerged as

one of the most widespread and continuous risk areas. Participants reported that smoke from battery fires may be dense, toxic, and chemically uncertain. This makes respiratory protection essential. Approaching such fires without appropriate breathing apparatus was considered highly dangerous. Electrical risks and re-ignition were also considered critical because the danger may continue after visible flames have been suppressed. For this reason, post-extinguishment monitoring and thermal imaging were emphasized as necessary components of safe intervention.

The fourth major theme concerns regulatory adequacy. The majority of participants considered the current regulatory framework insufficient in terms of scope, currency, and applicability. They stated that existing regulations do not adequately address the specific risks of electric vehicle fires and are still largely shaped by the logic of conventional vehicle fires. The absence of explicit provisions for electric vehicle fires, battery fire procedures, thermal runaway, re-ignition, post-fire monitoring, battery isolation, and post-incident storage creates uncertainty in the field. Participants also emphasized that legislation does not sufficiently reflect field realities. In practice, firefighters face complex and dynamic risks, but the regulatory framework does not yet provide detailed operational guidance for these situations. This gap may result in differences between institutions and increase the burden of decision-making on field personnel.

The fifth major theme includes participants' recommendations for risk reduction. These recommendations were grouped under technical and equipment-based measures, educational and capacity-building measures, and managerial, regulatory, and structural measures. In terms of technical measures, participants recommended the development of extinguishing agents suitable for lithium-ion battery fires, equipment that enables direct and safe intervention in battery areas, cooling and monitoring systems to prevent re-ignition, electric-vehicle-specific personal protective equipment, and safety improvements in charging infrastructure and battery design. In terms of training, participants emphasized continuous and practical in-service training, training programs that include all personnel, joint exercises with manufacturers, and public awareness activities for electric vehicle users. In terms of management and regulation, participants recommended a national standard intervention protocol, revision of existing legislation according to electric vehicle technologies, special regulations for charging stations and enclosed parking areas, improved inter-institutional coordination, and updating incident command systems for electric vehicle fires.

## **CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS**

When the findings are evaluated as a whole, the study shows that electric vehicle fires are no longer exceptional or marginal risks for fire services in Türkiye. However, institutional preparedness, practical training, specialized equipment, intervention safety, and regulatory arrangements have not yet reached a level that fully corresponds to this emerging risk. The findings point to a clear asymmetry between the rapid spread of electric vehicle technology and the slower development of institutional response capacity. Firefighters are aware of the risks, and fire departments possess experienced personnel and basic response infrastructure; however, electric vehicle fires require a more specialized, standardized, and technology-sensitive preparedness model.

The study also shows that electric vehicle battery fires should be treated as a distinct risk category. These fires differ from conventional vehicle fires because they involve thermal runaway, toxic gas emission, high-voltage hazards, delayed reactions, prolonged cooling, and re-ignition risk. Therefore, safe intervention requires a process-based model covering pre-incident preparation, first approach, suppression, cooling, isolation, monitoring, transportation, and post-incident evaluation. A response strategy limited to extinguishing visible flames is inadequate for this type of incident. Firefighters need reliable information about vehicle structure, battery location, emergency shutdown procedures, gas hazards, and post-fire risks. They also need tools and equipment that are suitable for high-voltage and chemically uncertain environments.

The findings further indicate that training must be redesigned. Short and theoretical training sessions may increase awareness, but they are not sufficient to develop operational competence. Electric vehicle fire training should be practical, scenario-based, recurrent, and updated in line with technological developments. All personnel who may be involved in emergency response should receive standardized training. Training programs should include real vehicle scenarios, battery fire simulations, thermal runaway behavior, use of thermal cameras, breathing apparatus discipline, high-voltage isolation, charging station incidents, enclosed parking fires, and post-extinguishment monitoring. Cooperation with vehicle manufacturers, battery experts, occupational safety specialists, and local authorities would increase the effectiveness of these programs.

Regulatory revision is another central requirement. The current framework should be updated to define electric vehicle fires as a specific operational and occupational safety risk. Regulations and guidelines should include clear provisions on approach distances, incident command responsibilities, battery isolation, cooling duration, re-ignition monitoring, post-fire quarantine, towing and storage procedures, charging station safety, indoor parking requirements, mandatory

training standards, and minimum equipment criteria. Such a framework would reduce uncertainty in the field and support consistent practice across fire departments.

Finally, the study recommends strengthening technical equipment and institutional coordination. Fire departments should be equipped with thermal cameras, high-voltage safety equipment, appropriate respiratory protection, battery cooling and monitoring systems, electric-vehicle-specific personal protective equipment, and access to vehicle-specific emergency response information. National authorities should develop common protocols, while local governments, manufacturers, charging infrastructure operators, and fire services should work together. Public awareness should also be improved because electric vehicle users need to understand charging safety, accident reporting, post-collision risks, and the importance of informing emergency responders about vehicle type and battery condition.

In conclusion, electric vehicle fires constitute a new and structural risk area for fire services. Managing this risk requires more than individual experience or local adaptation. It requires standardized protocols, continuous practical training, strengthened equipment, revised legislation, manufacturer cooperation, and a national preparedness strategy. By foregrounding the experiences of firefighters, this study provides evidence that can contribute to occupational safety, emergency management, fire service modernization, and policy development in the field of electric vehicle fire response.

## KAYNAKÇA

- Ajanovic, A. (2015). The future of electric vehicles: prospects and impediments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 4(6), 521-536.
- Anıl, S., (2022). Elektrikli araçlarda batarya ve şarj istasyonu konfigürasyonlarının İstanbul metrobüs hattı üzerinden incelenmesi. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Brzezinska, D., & Bryant, P. (2022). Performance-based analysis in evaluation of safety in car parks under electric vehicle fire conditions. *Energies*, 15(2), 649.
- Can, İ. (2025). Elektrikli araçlarda yangın ve yangın güvenliği. (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Demirkol, M. O. (2024). *Ordu İlinde Elektrikli ve Hibrit Araçların İçten Yanmalı Motorlu Araçlara Göre Çevreye Etkisi* (Yüksek lisans tezi), Ordu Üniversitesi.
- Di Matteo, S. (2023). *Fire risk of electric vehicles in confined spaces* (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino).
- Husain, I., Ozpineci, B., Islam, M. S., Gurpinar, E., Su, G. J., Yu, W., ... & Sahu, R. (2021). Electric drive technology trends, challenges, and opportunities for future electric vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 109(6), 1039-1059.
- Hynynen, J., Quant, M., Pramanik, R., Olofsson, A., Li, Y. Z., Arvidson, M., & Andersson, P. (2023). Electric vehicle fire safety in enclosed spaces. *Fire Safety Journal*, 139.
- Kaba, M. Y., Kalkan, O., & Celen, A. (2021). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Bataryalar ve Termal Yönetim Sistemlerinin İncelenmesi. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 9(4), 1119-1136.
- Khaleel, M., Nassar, Y., El-Khozondar, H. J., Elmnifi, M., Rajab, Z., Yaghoubi, E., & Yaghoubi, E. (2024). Electric vehicles in China, Europe, and the United States: Current trend and market comparison. *Int. J. Electr. Eng. and Sustain.*, 1-20.
- Liu, J., Xu, N., Shi, Y., Barnett, T., & Jones, S. (2023). Are first responders prepared for electric vehicle fires? A national survey. *Accident Analysis & Prevention*, 179, 106903.
- Muratori, M., Alexander, M., Arent, D., Bazilian, M., Cazzola, P., Dede, E. M., ... & Ward, J. (2021). The rise of electric vehicles—2020 status and future expectations. *Progress in Energy*, 3(2), 022002.
- Shen, R., Quan, Y., McIntosh, J. D., Salem, A., & Wang, Q. (2024). Fire safety of battery electric vehicles: hazard identification, detection, and mitigation. *SAE International Journal of Electrified Vehicles*, 13(14-13-03-0024), 279-294.
- Sperling, D. (2013). *Future drive: Electric vehicles and sustainable transportation*. Island Press.
- Sun, P., Bisschop, R., Niu, H., & Huang, X. (2020). A review of battery fires in electric vehicles. *Fire technology*, 56(4), 1361-1410.
- Tohir, M. Z. M., & Martín-Gómez, C. (2023). Electric vehicle fire risk assessment framework using Fault Tree Analysis. *Open Research Europe*, 3, 178.
- Topal, O. (2023). Türkiye’de Elektrikli ve Hibrit Araçlar İçin Acil Müdahale Yaklaşımları. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(3), 190-206.
- Uydur, C. Ç. (2025, 23-24 Haziran). Elektrikli Araç Tasarımında Batarya Teknolojileri: Yapı, Performans ve Entegrasyon Stratejileri. 6th International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences June 23-24, 2025: Konya, Turkey
- Yılmaz, N. (2024). *Elektrikli Araçlar İçin Şarj Sisteminin Tasarımı* (Yüksek lisans tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi.