



# Artvin Çoruh Üniversitesi

Mühendislik ve  
Fen Bilimleri Dergisi  
Artvin Çoruh University  
Journal of Engineering  
and Sciences ACUJES

# Artvin Çoruh University

Mühendislik ve  
Fen Bilimleri Dergisi  
Artvin Çoruh University  
Journal of Engineering  
and Sciences ACUJES

Cilt/Volume:2

Sayı/Issue:1

Yıl/Year:2024

**Sahibi / Owner**

Artvin Çoruh Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi Adına  
Prof. Dr. Özgür EMİNAGAOĞLU

**Baş Editör / Editor in Chief**  
Doç.Dr.Ayla BİLGİN

**Yardımcı Editör / Associate Editor**  
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TEMİZ

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor**  
Doç. Dr. Ömer KASAR

**Alan Editörleri/ Field Editors**  
Prof. Dr. Özgür EMİNAGAOĞLU (Yaşam Bilimleri)  
Prof. Dr. Yaşar KOBYA (Temel Bilimler)  
Doç. Dr. Ayla BİLGİN (Çevre Mühendisliği)  
Doç. Dr. Ayşe YAVUZ ÖZALP (Harita Mühendisliği)  
Doç. Dr. Ömer KASAR (Elektrik Elektronik Mühendisliği)  
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TEMİZ (Bilgisayar Mühendisliği)

**Editör Kurulu / Editorial Board**

**Bilgisayar Mühendisliği/ Computer Engineering**

Prof. Dr. Ersin ELBAŞI (American University of the Middle East)  
Doç. Dr. Ahmet TOPÇU (American University of the Middle East)  
Dr. Öğr. Üyesi Mete YAĞANOĞLU (Atatürk Üniversitesi)  
Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGİNOĞLU (Kayseri Üniversitesi)  
Dr. Öğr. Üyesi Ramazan TERZİ (Amasya Üniversitesi)  
Dr. Öğr. Üyesi Serdar ÇİFTÇİ (Harran Üniversitesi)  
Dr. Öğr. Üyesi Faruk Baturalp GÜNAY (Atatürk Üniversitesi)

**Çevre Mühendisliği/Environmental Engineering**

Prof. Dr. Selim LATİF SANİN (Hacettepe Üniversitesi)  
Prof. Dr. Feryal AKBAL (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği/ Electrical Electronics Engineering**

Prof. Dr. BÜLENT ORAL (Marmara Üniversitesi)  
Doç. Dr. Gökhan ELMACI (Adıyaman Üniversitesi)  
Prof. Dr. Nurettin UMURKAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. YÜCEL ÖZMEN (Karadeniz Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. MÜSLÜM CENGİZ TAPLAMACIOĞLU (Gazi Üniversitesi)

**Harita Mühendisliği/ Surveying Engineering**

Prof. Dr. Nursu TUNALIOĞLU ÖCALAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI (Yıldız Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Bahattin ERDOĞAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)

**Matematik/ Mathematics**

Prof. Dr. Hanlar REŞİDOĞLU (İğdır Üniversitesi)

**Temel Bilimler/ Basic Sciences**

Prof. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK (Atatürk Üniversitesi)  
Prof. Dr. Ahmet Turan ALAN (Batman Üniversitesi)

**Yaşam Bilimleri/ Life Sciences**

Prof. Dr. Özgür EMİNAGAOĞLU (Artvin Çoruh Üniversitesi)  
Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK (Artvin Çoruh Üniversitesi)

**Yabancı Dil Editörü / Language Editor**

Dr. Öğr. Üyesi Serkan BİÇİCİ

**Mizanpaj/ Layout**

Arş. Gör. Dr. Ali KAYA  
Arş. Gör. Dr. Haluk KELEŞ  
Arş. Gör. Bekir BERKCAN

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ RESEARCH ARTICLES

- Türkiye’de Çevre Hizmeti Veren Yetkilendirilmiş Kuruluşların Mevcut Durumu, Sorunlar ve Hizmet Kalitesinin Artırılmasına Yönelik Öneriler  
*Current Situation of Authorized Organizations Providing Environmental Services in Türkiye, Problems and Suggestions for Increasing Service Quality*  
**Gülen Güllü, Bülent Kadoğlu, İlkin Yiğit, Evren Türkmenoğlu, Ali Telliöğlü** .....1-13
- Ice Load Effect on Martian Buildings  
*Mars Gezegeninde Buzun Varlığı ve Yapılara Etkisi*  
**Saffet Kılıçer** .....14- 23
- Ağır Vasıta Fren Balatalarında Sarı Talaş Yerine Ultimate-Ts Kullanımının Frenleme Performansına Etkisinin İncelenmesi  
*Investigation of The Effect of Using Ultimate-Ts Instead of Yellow Chips on Braking Performance of Heavy Vehicle Brake Pads*  
**Osman Dalar, İrem Yaren Çapkın, Buse Demirel, Merve Kalaycı, Turgay Yıldız, İlker Sugözü** .....24-31
- Gıda Sektöründe Kullanılan Bazı Kimyasalların Honduras Rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) Ahşabında Renk Açma Kimyasalı Olarak Kullanılması Üzerine Bir Çalışma  
*A Study on the Use of Some Chemicals Used in the Food Sector as Color-Changing Chemical for Honduras Rosewood (Dalbergia stevensonii Standl.) Wood*  
**Ümit Ayata, Elif Hümeýra Bilginer, Osman Çamlıbel** .....32-40
- Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Odunu Yüzeyine Uygulanmış Solvent Bazlı Yat Verniği Katmanlarında Yüzey Kat Sayısının Bazı Optik Özellikler Üzerine Etkisi  
*The Effect of the Number of Surface Coats of Solvent-Based Yacht Varnish Applied to False Acacia (Robinia pseudoacacia L.) Wood on Some Optical Properties*  
**Ümit Ayata, Elif Hümeýra Bilginer, Osman Çamlıbel, Şerif Kaplan** .....41 – 49

### DERLEME MAKALELERİ REVIEW ARTICLES

- Review of the Charging System and Communication Protocols of the Electric Vehicles  
*Elektrikli Araç Şarj ve Haberleşme Protokollerinin Gözden Geçirilmesi*  
**Mehmet Burak Arslan, Şaban Özdemir** .....50 – 79

---

## Araştırma Makalesi / Research Article

---

# Türkiye’de Çevre Hizmeti Veren Yetkilendirilmiş Kuruluşların Mevcut Durumu, Sorunlar ve Hizmet Kalitesinin Artırılmasına Yönelik Öneriler

Gülen GÜLLÜ<sup>1\*</sup>, Bülent KADIOĞLU<sup>1</sup>, İlkin YİĞİT<sup>1</sup>, Evren TÜRKMEÑOĞLU<sup>1</sup>, Ali TELLİOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

<sup>2</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE  
ggullu@hacettepe.edu.tr, bkadioglu@assystem.com, erenilkim@gmail.com, evrent@gmail.com,  
alitellioglu2003@yahoo.com

Received/Geliş Tarihi: 11.10.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 24.06.2024

**Özet:** Türkiye’de çevre hizmeti veren yetkilendirilmiş kuruluşların mevcut durumunun tespiti, hizmeti veren ve alan kurum/kuruluşların gözlemediği sorunların tespiti ve verilen hizmetin kalitesinin artırılmasına yönelik önerilerin oluşturulmasına yönelik olarak bir araştırma yürütülmüştür. İncelemede ÇED, Çevre Yönetim Hizmetleri, Toprak Kirliliği Kontrolü ve Deniz Çevresinin Petrol ve Zararlı Maddelerle Kirlenmesine ilişkin Risk Değerlendirmesi, yeni uygulamaya girecek olan Atık Yönetim hizmetleri ele alınmıştır. Yeterlik hizmeti veren kurum/kuruluşların sayısı, coğrafi dağılımı, görev alan personel sayısı ve yapısı, hizmet alması gereken işletmelerin sayısı, Bakanlık/İl Müdürlüğü çalışan profili ve denetim sayısı incelemeleri ile mevcut durum değerlendirmeleri yapılmıştır. Bakanlık/İl Müdürlüğü, Yetkilendirilmiş kuruluşlar, Hizmet alan tesisler gibi paydaşların katılımı ile çalıştaylar ve anket çalışmaları ile sorunlar ve çözüm önerileri belirlenmiştir. Önerilen başlıca konular, Bakanlığın kontrol ve denetim mekanizmasının etkinleştirilmesi, yetkilendirme sürecinde bürokrasinin azaltılması, Bakanlığa sunulan hizmet ve rapor kalitesinin artması için sertifika programlarının düzenlenmesi, bürokrasinin ve denetimin kolaylaştırılması için yeterlik hizmetlerinin tek bir çatı altında toplanması, asgari birim fiyat tarifesi uygulaması olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Atık yönetim hizmeti, ÇED yeterlik, Çevre görevlisi, Çevre yönetim hizmetleri yeterlik şartları

---

## Current Situation of Authorized Organizations Providing Environmental Services in Türkiye, Problems and Suggestions for Increasing Service Quality

---

**Abstract:** The research was conducted to determine the current situation of the authorized institutions providing environmental services in Türkiye, to identify the problems observed by the institutions/organizations providing and receiving the service, and to formulate suggestions for increasing the quality of the service provided. In the review, EIA, Environmental Management Services, Soil Pollution Control and Risk Assessment of Marine Environment Pollution by Petroleum and Harmful Substances, and Waste Management services that will come into effect were discussed. The number of institutions/organizations providing qualification services, their geographical distribution, the number and structure of the personnel employed, the number of enterprises that need service, the Ministry/Provincial Directorate’s employee profile and the number of inspections, and the current situation evaluations were performed. With the participation of stakeholders such as the Ministry/Provincial Directorate, Authorized Organizations, Service receiving facilities, problems and solution proposals were determined through workshops and surveys. The main proposed issues were the activation of the control and supervision mechanism of the Ministry, the reduction of bureaucracy in the authorization process, the regulation of certificate programs to increase the quality of services and reports provided to the Ministry, the gathering of competence services under a single roof to facilitate bureaucracy and auditing, and the application of a minimum unit price tariff.

**Keywords:** Waste management service, EIA qualification, Environmental officer, Environmental management services qualification requirements

---

## 1. Giriş

Tüm ülkelerde Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED), kuruluşların çevresel performanslarının izlenmesi, raporlanması ve denetimleri gibi çevre yönetimi uygulamalarında, hizmetin yararlılığı ve kalitesi ve ÇED raporlarının kalitesi konusunda endişeler taşınmaktadır. Bu şikayet, ÇED süreci ve çevre yönetim uygulamalarının nispeten yeni bir araç olduğu ülkelerde ve aynı zamanda ÇED'in uzun yıllardır faaliyet gösterdiği ülkelerde de duyulabilir. Bir çevre yönetim sisteminin olgunluğu ne olursa olsun, ülkelerin belirli bir hizmetin asgari düzeyde kalitesini sağlayan akreditasyon, sertifikasyon gibi mekanizmalara yatırım yapması gerekli görünmektedir. İdeal olarak, bu tür mekanizmalar verilen çevre yönetimi hizmetinin kalitesini artırır ve uygulayıcıları iyi uygulamalara yönlendirir (IEMA, 2011; Jha-Thakur ve Fischer, 2016).

Dünyada, ÇED dahil olmak üzere, çevre ve sürdürülebilirlik alanında çalışanlar için, verilen hizmetin kalitesinin artırılması, bu alanda görev alan profesyonellerin performanslarını desteklemek, bilgilerinin güncellenmesine yönelik sertifika programları düzenlemek, öğrenmelerini teşvik etmeye yönelik olarak kaynak, araç hizmeti sunmak, araştırma ve bilgi paylaşımında bulunmaya yönelik bağımsız organizasyonların hizmet verdiği görülmektedir. Bu organizasyonlar, firmaları akredite eden, firmalarda çalışan bireyleri de sertifikalandıran yapılardır (IEMA, 2011; URL-1; URL-2). Bu organizasyonlar içinde ülkemizde de Çevre Yönetimi Sertifika Programı yürüten kuruluşlardan biri İngiltere'nin çevre yönetimi alanında sertifika programları yürüten Çevre Yönetimi ve Değerlendirme Enstitüsü (Institute for Environmental Management and Assessment, IEMA) dır. Bu Enstitü, öğrenci, mezun, uygulayıcı gibi farklı deneyim ve statüdeki üyelerine uluslararası alanda geçerliliği olan çevre yönetimi, atık yönetimi, net sıfır uygulamaları, çevresel sürdürülebilirlik alanlarında sertifika programları düzenlemektedir (IEMA, 2011).

Çevresel Etki Değerlendirme sürecinin yeni olduğu ülkeler kadar, uzun yıllardır faaliyet gösterilen ülkelerde de, üretilen ÇED raporlarının kalitesi hakkında endişeler vardır. Bir ÇED sisteminin olgunluğu ne olursa olsun, ülkelerin asgari düzeyde ÇED uygulaması kalitesi sağlayan akreditasyon/sertifikasyon gibi mekanizmalara yatırım yapması gerekli görünmektedir. İdeal olarak, bu tür mekanizmalar çevre yönetim uygulamalarının performansını artırır.

Bu araçlardan biri, ÇED kapsamında kilit görevleri üstlenen kişi veya kuruluşların akreditasyonu veya belgelendirilmesidir. Genellikle ÇED akreditasyonu, ÇED hazırlayıcılarının kalitesini yönetmeyi amaçlar, ancak ÇED incelemecilerinin sertifikalandırıldığı örnekler de mevcuttur. Hizmet verecek kişiler ve/veya bağlı oldukları firmalara akreditasyon verilmesi, düşük kalitedeki ÇED raporlarının kalitesinin artırılması için “kolay bir düzeltme” olduğu kanıtlanmamıştır. Sertifikasyon ve akreditasyon sistemleri, önemli bir ön yatırım ve devam eden yönetim maliyetleri gerektirir.

Ülkemizde, çevre yönetimi hizmeti kapsamında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevre Yeterlik Hizmetleri Dairesi Başkanlığı tarafından düzenlemesi yapılan ve makale kapsamında incelenen yönetmelik ve tebliğler ve içerikleri aşağıda verilmiştir:

- 30/7/2019 tarihli ve 30847 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Çevre Yönetimi Hizmetleri Hakkında Yönetmelik:  
Çevre mevzuatı ve 10/9/2014 tarihli ve 29115 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği kapsamında ülkemizde çevre yönetimi hizmeti verecek personelin, çevre yönetim birimlerinin ve çevre danışmanlık firmalarının taşınması gereken şartları, yükümlülüklerini, çalışma usul ve esaslarını, yeterlik belgesi başvurusunun yapılması ve değerlendirilmesi ile yeterlik belgelerinin verilmesi, denetlenmesi, askıya alınması ve iptali ile ilgili konuları içerir.

- 29/11/2019 tarihli ve 30963 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yeterlik Belgesi Tebliği:  
29/7/2022 tarihli ve 31907 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan ÇED Yönetmeliği kapsamında gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmaları derlemeye yönelik olarak hazırlanacak olan proje tanıtım dosyası, çevresel etki değerlendirme başvuru dosyası, çevresel etki değerlendirme raporu ve proje ilerleme raporu hazırlayacak kurum ve kuruluşlarda aranacak şartlar başvuruların değerlendirilmesi, ÇED yeterlik belgesinin verilmesi, vize edilmesi, askıya alınması, iptali ve denetimi ile ilgili konuları kapsar.
- 17/6/2011 tarihli ve 27967 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik Yeterlilik Belgesi Tebliği:  
8/6/2010 tarihli ve 27605 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik uyarınca kirlenmiş saha değerlendirme ve temizleme çalışmalarını yapacak olan kurum ve/veya kuruluşun asgari özelliklerinin belirlenmesine ilişkin usul ve esasları düzenler, bu amaçla gerekli raporları hazırlayacak ve faaliyetleri yürütecek kurum ve/veya kuruluşta aranacak şartları, Yeterlilik Belgesi Komisyonunun oluşumu, çalışma usul ve esaslarını, başvuruların değerlendirilmesi, yeterlilik belgesi verilmesi, denetlenmesi, vize edilmesi ve iptali ile ilgili konuları kapsar.
- 12/12/2014 tarihli ve 29203 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesine İlişkin Risk Değerlendirmesi Ve Acil Müdahale Planlarını Hazırlayacak Kurum Ve Kuruluşların Asgari Özelliklerine Dair Tebliği:  
21/10/2006 tarihli ve 26326 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanunun Uygulama Yönetmeliği uyarınca risk değerlendirme ve acil müdahale planlarını hazırlayacak kurum/kuruluşların asgari özelliklerinin belirlenmesine ilişkin usul ve esasları düzenler, bu amaca ilişkin risk değerlendirme ve acil müdahale planlarını hazırlayacak kurum/kuruluşlarda aranacak koşulları, çalışma usul ve esaslarını, başvuruların değerlendirilmesi ve denetlenmesine ilişkin hükümleri kapsar.

Tüm bu hizmetlerin yürütülmesini talep eden firmalar, yetkilendirme için Bakanlığa ayrı ayrı başvuru yapması gerekmekte, aynı nitelikli başvuru belgelerin her bir başvuru için E-ÇED sisteme yüklenmesi, ilgili yeterlik mevzuatı gereğince Bakanlık/İl Müdürlüğü tarafından tüm başvuruların inceleme ve denetlenmesinin yapılması gerekmektedir. Verilen hizmetin kalitesi incelendiğinde ise, hizmeti veren kişilerin değişen şartlar ve hızla gelişen çevresel/teknolojik konular açısından eğitime ihtiyaç duyduğu, hizmet alması gereken kişilerin çevre duyarlılığının yeterince yüksek olmamasından ötürü verilecek hizmeti gereksiz görmeleri vb. nedenlerle istenilen düzeyde hizmet üretilmediği görülmektedir.

Bu makalenin amacı, hizmet veren tüm paydaşların sorunlarının, mevcut durumların tespiti ile verilen hizmetin kalitesinin artırılmasına yönelik alternatiflerin gözden geçirilmesi, uygulanabilecek farklı yöntemleri tanıtmak ve ülkemizde uygulanabilecek yöntem önerisi yapmak, ve bu yöntemin uygulanması ile ilgili sürdürülebilirlik değerlendirme yapmaktır. Makale kapsamında kullanılan tüm veriler Bakanlığın E-ÇED uygulamasında kayıtlı olan bilgilerden edinilmiştir. Yapılan değerlendirmeler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından sağlanan mali destek ile 2021-2022 yılları arasında yürütülmüş olan Yeterlik Hizmetlerinin Etkinleştirilmesine Dair Kapasite Geliştirilmesi Projesi sonuçlarından derlenmiştir. Proje sonucunda yapılan değerlendirmeler ve öneriler doğrultusunda Çevre Yönetimi Hizmetleri Yönetmeliği 01.11.2022 tarihinde, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yeterlik Belgesi Tebliği 31.12.2022 tarihinde yenilenmiştir.

## 2. Mevcut durum

Mevcut durum değerlendirmeleri, yeterli hizmeti veren kurum/kuruluşların sayısı, coğrafi dağılımı, görev alan personel sayısı ve yapısı, hizmet alması gereken işletmelerin sayısı, Bakanlık/İl Müdürlüğü çalışan profili ve denetim sayısı incelemeleri ile başlatılmıştır. İlgili veri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı e-ÇED sisteminden 2021 yılında temin edilmiştir.

Katılımcılara ön analiz ile tespit edilen sorunlar ve bunlara dair bazı önerilere dair görüşleri sorulmuştur. Sorulan sorular ve katılımcıların verdikleri yanıtlar ÇED ve Çevre Yönetim Hizmetleri yönetmelikleri özelinde Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmektedir.

2021 yılı itibariyle, ÇED Yeterlik Belgesi aktif olan 207 adet kurum kuruluş bulunduğu, bu kuruluşların büyük bir kısmının Ankara, Bursa, İstanbul ve İzmir’de yerleşik olduğu, ÇED Yeterlik Belgesine sahip kurum/kuruluşlarda çalışan toplam aktif personel sayısının 2219 ve toplam personelin yaklaşık %48’inin çevre mühendisi olduğu tespit edilmiştir. Enerji Yatırımları, Ulaşım ve Kıyı Yatırımları ve Turizm ve Konut sektörlerinde ÇED Yeterlik Belgesine sahip bazı kurum/kuruluşlar sektörlerinde rakiplerine göre çok daha fazla raporun hazırlanmasında görev aldığı görülmüştür. Bu durum hali hazırda sektörel bazlı olarak bazı firmaların kurumsal kapasitesinin ve tecrübesinin olduğunu göstermektedir (ÇŞİDB, 2022).

**Tablo 1.** Çevresel Etki Değerlendirmesi Yeterlik Belgesi Tebliği'ne ilişkin sorulara verilen yanıtlar

Soru	Yanıt Sayısı	Evet (%)	Hayır (%)	Fikrim Yok (%)
ÇED Yeterlik Belgesi Tebliği sizce anlaması ve uygulaması kolay bir mevzuat mıdır?	247	75	19	5
ÇED Yeterlik Belgesi Tebliğinde talep edilen şartlar yeterli midir?	246	51	40	9
ÇED Yeterlik Belgesi Tebliğindeki yeterlik kriterlerinin ÇED Raporu / Proje Tanıtım Dosyalarının kalitesinin artırılmasında etkili bir araç olduğunu düşünüyor musunuz?	247	60	36	4
Sektörel bazda yeterlilik şartlarının oluşturulması ve bu kurum/kuruluşlarda görev alan personellerin alan uzmanlığa sahip olması konusunda düzenlemeler yapılmalı mıdır?	246	82	15	4
Sizce ÇED Firmaları yetkili idare tarafından yeterince denetlenmekte midir?	245	29	56	15
Sizce ÇED Raporları / Proje Tanıtım Dosyalarının için asgari ücret tarifesi uygulanmalı mıdır?	246	78	14	8
Sizce ÇED Yeterlik hizmetlerinde merkezi danışmanlık belirleme sistemi uygulanmalı mıdır?	247	68	17	15
İnceleme ve Değerlendirme Komisyon Toplantıları sonucunda veya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinin Proje Tanıtım Dosyalarını incelemeleri sırasında ÇED Yeterlik Belgesine sahip firmalara verilen ceza puanlarının derecelendirilmesi yeniden düzenlenmeli midir?	246	66	22	12
Sizce ÇED Yeterlik Belgesi Tebliğinde çok sık mı değişiklik yapılmaktadır?	247	23	58	19
Sizce ÇED Yeterlik Belgesi Tebliğinde değişiklik yapılması gerekmekte midir?	245	61	22	17

Çevre yönetim hizmetleri kapsamında görev alan çevre mühendisi/yetkilendirilmiş kişi belgesi sahibi sayısının 11814 adet olduğu, bu belgeye sahip kişilerin %91'inin çevre mühendisi olduğu tespit edilmiştir. Çevre görevlilerinin/çevre mühendislerin yoğun olarak yerleştiği illerin, İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa olduğu doğu bölgelerinde oldukça düşük oranda çevre görevlisi/mühendisinin bulunduğu tespit edilmiştir. 11814 çevre görevlisinin 6738 kişisi belgesini aktif olarak kullanmaktadır. Belgesini aktif olarak kullanan 6738 kişinin yaklaşık % 54'ü çevre danışmanlık firmalarında, %21,1'i ise çevre yönetim birimlerinde görev yapmaktadır. Kalan %24,9'u ise tesislerde tam zamanlı çevre görevlisi olarak görev almaktadır. Bakanlık tarafından bugüne kadar verilen çevre yönetim birimi yeterlik belgesi sayısı 338 adettir. Çevre yönetim belgelerinin %57'si tesisler tarafından, %28'i Belediye, %10'u Kurumlar tarafından alınmıştır (ÇŞİDB, 2022). Çevre danışmanlık firmalarının sanayinin yoğun olduğu bölgelerde kurulduğu gözlenmiştir. 2019 yılı Çevre Hizmetleri Yönetmeliği kapsamında bu hizmeti vermeye yetkilendirilmiş çevre görevlisi/çevre mühendisi sayısı ve hizmet vereceği tesis sayıları göz önüne alındığında yetkilendirilmiş kişi sayısının olması gerekenden 3,5 kat fazla olduğunu söylemek mümkündür. Bununla birlikte hali hazırda aktif olarak çalışan yetkilendirilmiş kişilerin ortalama %20 kapasite ile çalıştığı da söylenebilir. Bu durum rekabeti getirmekte, oldukça düşük ücretlerle hizmet verilmesi ile sonuçlanmaktadır.

**Tablo 2.** Çevre Yönetim Hizmetleri Hakkında Yönetmeliğe ilişkin sorular

Soru	Yanıt Sayısı	Evet (%)	Hayır (%)	Fikrim Yok (%)
Çevre Yönetimi Hizmetleri Hakkında Yönetmelik sizce anlaması ve uygulaması kolay bir mevzuat mıdır?	410	77	20	3
Çevre Yönetim Hizmeti yeterlik kriterlerinde talep edilen şartlar yeterli midir?	410	52	39	10
Çevre Danışmanlık firması yeterlik kriterlerinde talep edilen şartlar yeterli midir?	409	52	42	6
Çevre görevlisi ve çevre mühendisinin, çevre yönetim biriminin ve çevre danışmanlık firmalarının mükellefiyetlerinin çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve / veya önlenmesi yönünde etkili bir araç olduğunu düşünüyor musunuz?	407	67	30	3
Mevcut durumda çevre görevlisi ve çevre mühendisinin, çevre yönetim biriminin ve çevre danışmanlık firmalarının mükellefiyetlerinin eksiksiz ve zamanında yerine getirildiğini düşünüyor musunuz?	407	27	68	5
Sektörel bazda yeterlilik şartlarının oluşturulması ve bu kurum/kuruluşlarda görev alan personellerin alan uzmanlığa sahip olması konusunda düzenlemeler yapılmalı mıdır?	408	80	16	5
Sizce çevre görevlileri/mühendisleri, çevre yönetim birimleri, çevre danışmanlık firmaları yetkili idare tarafından yeterince denetlenmekte midir?	408	41	53	6
Sizce çevre danışmanlık firmaları hizmetleri için asgari ücret tarifesi uygulanmalı mıdır?	409	87	7	6
Sizce çevre danışmanlık firmaları hizmetlerinde merkezi danışmanlık belirleme sistemi uygulanmalı mıdır?	409	71	21	8
Denetimler sonunda çevre görevlisi, çevre mühendisi, çevre yönetim birimi ve firmaların; yeterlik belgelerin askıya alınması ve iptali konusunda ceza puanlarının derecelendirilmesi yeniden düzenlenmeli midir?	408	63	28	9
Sizce Çevre Yönetimi Hizmetleri Hakkında Yönetmeliği'nde çok sık mı değişiklik yapılmaktadır?	408	21	65	14
Sizce Çevre Yönetimi Hizmetleri Hakkında Yönetmeliği'nde değişiklik yapılması gerekmekte midir?	409	64	22	13



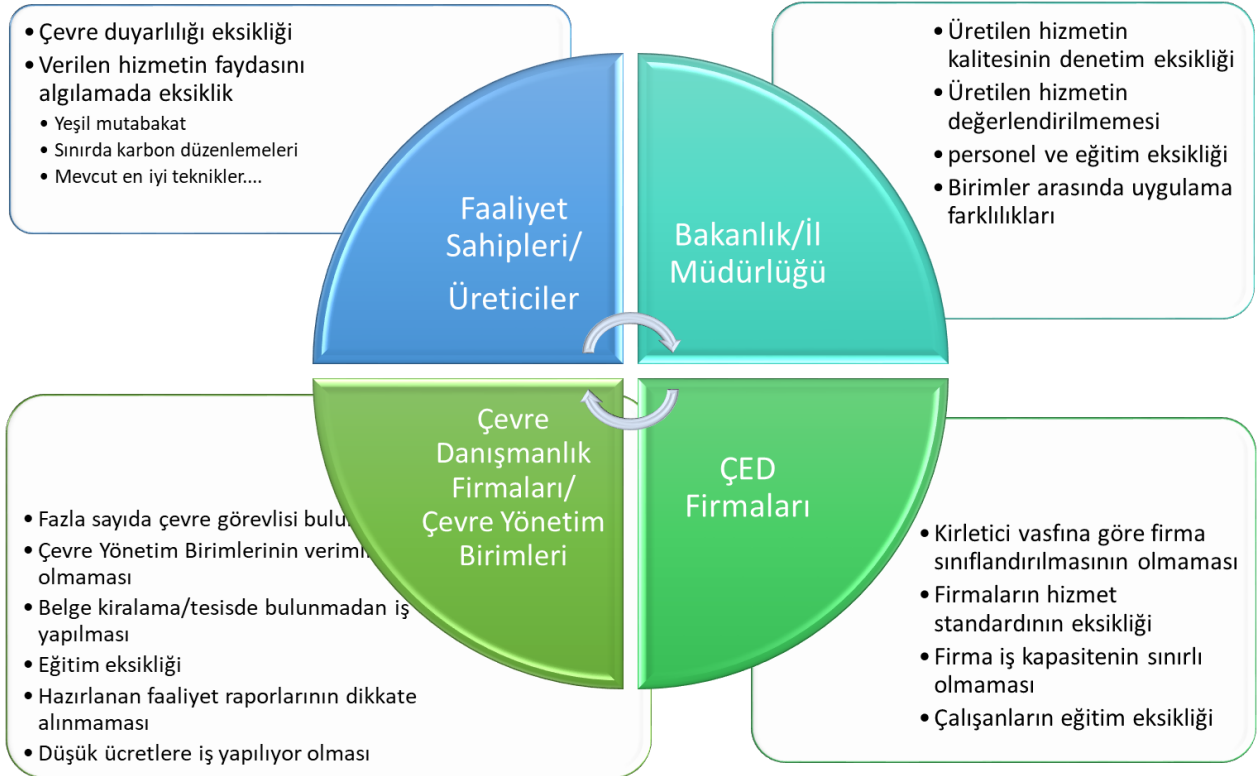
Farklı paydaşların yeterli hizmetleri kapsamında görüş ve önerileri düzenlenen anket çalışması ve çalıştaylar ile toplanmıştır. 238’i Bakanlık ve İl Müdürlüğü personeli, 137’isi çevre danışmanlık firması, 65’i Çevre danışmanlık ve ÇED yeterlik firması, 12’si ÇED yeterlik firması 10’u toprak kirliliği ve 6’sı Deniz kirliliği yeterlik belgesine sahip katılımcılardan oluşan toplam 542 yanıt alınmıştır.

### 3. Sorunlar

Yapılan birebir görüşmeler, düzenlenen anket sonuçları, çevresel etki değerlendirmesi uygulamaları konusunda çalışan Bakanlık Birimleri temsilcileri, ilgili kurum ve kuruluşların temsilcileri, üniversiteler, sanayiciler, sivil toplum kuruluşları, Çevre Hizmetleri, ÇED Yeterliği olan firma temsilcileri ve özel sektörden 423 temsilcinin bir araya geldiği 13-14 Nisan 2022 tarihinde çevrimiçi olarak düzenlenen çalıştaylar sonunda Şekil 1’de gösterilen başlıca sorunlar tespit edilmiştir.

Yapılan değerlendirmelere göre en önemli sorunun faaliyet sahiplerinin çevre duyarlılığı eksikliği olduğu, alacakları hizmet ile döngüsel ekonomiye katkıları ve çevresel kayıplarının maliyetleri gibi görece uzun vadede kendilerine olası etkilerinin farkında olmadıkları görülmektedir. Bu nedenle yasal olarak almaları gerekli olan çevresel yönetim hizmetini en düşük ücretle, herhangi bir fayda beklemeeksizin alma yoluna gittikleri gözlenmiştir. Verilen hizmetin kalitesinin Bakanlık/İl Müdürlüğü tarafından yetersiz personel/bilgi eksikliği/uygulama farklılıkları nedenleriyle yeterince denetlenmemesi de verilen hizmetin faydasını ortaya koyamamaktadır.

Çevre Yönetim hizmeti vermeye aday çok sayıda çevre görevlisinin/çevre mühendisinin sektörde bulunuyor olması rekabeti artırmakta, bu da önemli fiyat kırımlarına neden olabilmektedir. Çevre Yönetim Hizmeti verecek mülga çevre görevlileri ise yeterli mevzuat ve farklı sektörlerle yönelik teknik bilgi eksikliği nedeniyle yeterince fayda sağlayamamakta, farklı İl Müdürlüklerinde uygulamalardaki standart dışı uygulamalar hizmetin kalitesini düşürmektedir.



Şekil 1. Farklı paydaşlar açısından tespit edilen başlıca sorunlar

#### 4. Öneriler

Kurumsal kapasitenin geliştirilmesi kapsamında incelenen ÇED, Çevre Yönetimi Hizmetleri, Toprak Kirlenmesi ve Deniz Kirliliği Risk Değerlendirmesi mevzuatları doğrultusunda yeterlik belgesi almak isteyen ve yeterlik alan tüm firmalar için geçerli olması planlanan ortak öneriler aşağıda verilmiştir.

**Tek Yeterlik Çatısı Altında Yeterlik Konularının Birleştirilmesi :**

İstenilen bilgi ve belgeler ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü tarafından yetkilendirilen diğer Yeterlik Belgesi mevzuatlarında (ÇED, Çevre Yönetimi Hizmetleri, Toprak Kirlenmesi ve Deniz Kirliliği Risk Değerlendirmesi) da yer aldığından birden fazla Yeterlik Belgesine başvuru yapan kurum/kuruluşlardan mükerrer belge talebine yol açmakta, süreci uzatmakta ve ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü'nün iş yükünü arttırmaktadır. Bu nedenle Yeterlik Belgesi Mevzuatının kurum/kuruluşlara ait özlük bilgilerin tek bir madde altında toplanması önerilmektedir. Çevre Yeterlik Hizmetlerinin başvuru süreçlerinin elektronik ortamda tek bir çatı altında toplanması önerilmektedir.

Tek yeterlik mevzuatı kapsamında başvuru yapan firmadan aşağıda yer alan ortak bilgi ve belgelerin sunulması önerilmektedir.

- Çevre ile ilgili mühendislik, müşavirlik, araştırma geliştirme, etüt, fizibilite, proje, rapor, eğitim ve benzeri konularda çalıştığını gösteren Türkiye Ticaret Sicili Gazetesi
- Verilen hizmetin özelliğine, personel sayısına ve çalışma şartlarına uygun olacak şekilde çalışma mekânları, toplantı salonu, arşiv odası ve hizmet aracı,
- Çalışanların SGK sigortalı işe giriş bildirgesi veya şirket ortağı ise ortak olduğuna dair belge,
- Başvuru yılına ait ticaret ve sanayi odasından alınacak sicil belgesi veya sicil kaydı,
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliğine bağlı ve ilgili meslek odalarından herhangi birinden alınan mühendislik-müşavirlik belgesi veya büro tescil belgesi,
- Başvuru bedelinin, Bakanlık Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü hesabına yatırılması,
- Gelir İdaresi Başkanlığı "Borcu Yoktur Yazısı"
- Kayıtlı Elektronik Posta adresi,
- Firmanın faaliyet konularını ve iletişim bilgilerini aktaran web sayfası,
- İl Müdürlüğü Uygunluk Yazısı

**Diğer Öneriler:**

- Şahıs şirketlerine çevre danışmanlık firması yeterlik belgesi verilmemesi önerilmektedir.
- İlgili yeterlik konularında ÇED Raporlarının ve çevre danışmanlık firmalarının kalitesinin bağımsız kuruluşlar tarafından değerlendirilerek ödüllendirilmesinin sağlanması ile hizmet kalitesinde artırılması planlanmaktadır.
- Çevre Yönetimi, ÇED hizmeti veren tüm personelin temel eğitim programlarını alması, su, hava, toprak, atık yönetimi, gürültü kirlenmesi gibi teknik konularda uzmanlaşmalarını sağlayacak sertifika programlarına katılmaları önerilmiştir.
- Çevre yönetimi hizmeti asgari birim fiyatının tanımlanması önerilmiştir.
- Sınırlı denetim kapasitesinin artırılması için denetime yardımcı olabilecek aşağıdaki hususların çevre yönetim hizmetinin yerinde yapıldığının kanıtlanması için önerilmektedir.
  - QR kodun okutulması ile tesise giriş yapılması, (EK-1 tesislere kart okuyucu bulundurma zorunluluğu getirilmesi)
  - IP ve GPS datsının eşleşmesinin sağlanması, (EK-2'ler için sağlanabilir.)
  - Aylık faaliyet raporlarının konum bilgisi eşleşmesi yapılmadan imzalanmaması,
- Uygulanan ceza puanlarının çeşitlendirilmesi, ihlaller, kusurlu durumlar, yanlış ve yanıltıcı bilgi verme vb. konularda hem yetkili firmaya hem de firmada görev alan çevre yöneticisine uygulanması önerilmiştir.

- Hizmet verilmesi planlanan sektörlerin çok çeşitli olması ve farklı çevresel etkiler göstermesi ve işbaşı eğitim prensibi göz önüne alınarak sürekli gelişen ve değişen mevzuat ve uygulamaları konularında kişilerin bilgilerinin de güncellenmesi önerilmiştir.
- Bakanlık merkez ve taşra teşkilatlarında ilgili konularda görev yapan kişilerin de eğitim alması önerilmektedir.

## 5. Önerilerin sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi

Ortaya konulan çıktıların uzun vadede başarılı olması “Sürdürülebilir” niteliğe sahip olmasına bağlıdır. Sürdürülebilir hedeflerle hazırlanmış öneri paketleri, belirli bir zaman sınırıyla karşılaşmaksızın uygulanan alanda katkı sağlamaya devam edecektir. Bu makalede önerilen faaliyetlerin uygulamasının hangi koşullara bağlı olduğu mali, kurumsal ve politik unsurlar açısından ele alınarak irdelenmiştir.

### 5.1. Önerilerin mali sürdürülebilirliği

Mali destek sağlanarak başlanmış ve sonuçlarına ulaşılmış bir projenin etkilerinin uzun bir zaman dilimine yayılması için proje bittikten sonra gerekli olan mali kaynağın nasıl ve nereden sağlanacağı mali sürdürülebilirlik olarak açıklanır. Bu bölümde belirlenen kısa ve orta vadeli eylem planlarının uygulanmasında ilave bir mali bütçe gerekliliği irdelenmiştir.

Önerilen kısa ve orta vadeli eylem planları Tablo 3’te sıralanmıştır:

**Tablo 3.** Eylem planı önerileri

No	Konu	Yapılacak Faaliyetin Niteliği	Önceliklendirme	Öncelikle Tamamlanması Gereken Adımlar
1	Tüm Yeterlik konularının tek bir mevzuat altında toplanması	Yönetmelik Değişikliği	Kısa vade	Taslak mevzuatın hazırlanması Çevre Yeterlik Hizmetleri Dairesi Başkanlığının yapısının değişmesi, <b>Yazılım ihtiyacı için hizmet alımı</b>
2	Toprak Kirliliği, Deniz Kirliliği, ÇED ve Çevre Yönetim Hizmeti sürecinin iyileştirilmesi için bu konularda görev yapan kişilerin sertifikasyona sahip olmasının sağlanmasına yönelik altyapının kurulması	Yönetmelik Değişikliği  Sertifika programlarının açılması	Kısa vade	Sertifika programlarının tanımlanması, <b>Sertifika programlarının hazırlanması,</b> Yönetmeliğin Geçici Madde ile yapının kurulmasına ilişkin açıklamanın yer alması,
3	Sertifikasyon Programlarını yürütecek Eğitim Kurumlarının ve Eğiticilerin Yetkilendirilme Şartlarının Belirlenmesi ve Yetkilendirilmesi	Çevre Ajansı Kanunu Değişikliği, Yönetmelik Değişikliği / Sertifikasyon Programlarını yürütecek eğitim kurumlarının ve eğiticilerin tanımlanması,	Kısa Vade	<b>Eğiticilerin eğitiminin tamamlanması,</b> Eğiticilerin ve eğitim kurumlarının yetkilendirilme şartlarının tanımlanması, Eğiticilerin sertifikasyon programlarının tamamlanması

**Tablo 3. (devamı)** Eylem planı önerileri

No	Konu	Yapılacak Faaliyetin Niteliği	Önceliklendirme	Öncelikle Tamamlanması Gereken Adımlar
4	Çevre Yönetim Hizmetleri konusunda asgari birim fiyat tarifesi uygulanması	Yönetmelik Değişikliği	Kısa Vade	Asgari birim fiyat tarifesinin tanımlanması
5	Çevre Yönetim hizmeti verenlerin tesiste bulunduğu tespitine yönelik altyapının kurulması	Yönetmelik Değişikliği/Altyapının tanımlanması ve kurulması	Orta Vade	Yazılım alt yapının kurulması, Ekipmanların yerleştirilmesi, donanım altyapısının kurulması
6	Kusurlu çevre yönetim hizmeti veren kişi ve firmaların ceza uygulamalarının etkinleştirilmesi	Yönetmelik Değişikliği	Kısa vade	Yönetmelikte ceza sisteminin yenilenmesi, Ceza şartlarının mevcut yazılımlara entegrasyonu
7	ÇED yeterlik belgesi sahibi özel sektör yatırımcıların dışarıdan ÇED hizmeti alma zorunluluğu eklenmesi	Yönetmelik Değişikliği	Kısa Vade	Yönetmeliğin taslağın yayınlanması
8	Çevre yönetim birimi yeterlik sahibi olan kurum ve kuruluşların dışardan Çevre Yönetim Hizmeti alma zorunluluğu eklenmesi	Yönetmelik Değişikliği	Kısa vade	Yönetmeliğin taslağın yayınlanması
9	Çevre yönetim hizmeti veren kişinin farklı firmalara ÇED konusunda hizmet vermesinin engellenmesi	Yönetmelik Değişikliği, Yazılımda gerekli altyapının tanımlanması	Kısa Vade	Yönetmeliğin taslağın yayınlanması
10	Çevre Yönetim Hizmeti Verecek Kişilerin, "Aday Çevre Yöneticisi" "Çevre Yöneticisi" "Kıdemli Çevre Yöneticisi" şeklinde Tanımlanması	Çevre Kanunu Değişikliği, Yönetmelik Değişikliği	Kısa Vade	Çevre Kanununun Değiştirilmesi, Yönetmeliğin taslağının yayınlanması,
11	ÇED Raporlarının ve çevre danışmanlık firmalarının kalitesinin bağımsız kuruluşlar tarafından değerlendirilerek ödüllendirilmesinin sağlanması	Yönetmelik Değişikliği / Akreditasyon Hizmetini verecek kurumsal yapının tanımlanması	Orta vade	Ödül kriterlerinin belirlenmesi

Bu eylemler içinde önemli ölçüde bütçe gerektiren eylemler yer almaktadır. Tüm yeterlik konularının tek bir yazılım ile yürütülmesi, denetlenmesi işlemleri bir yazılım hazırlanması gereklidir. Bu yazılımın hazırlanması için hizmet alımına yönelik bütçe tanımlanması gereklidir.

Bir başka bütçe ayrılmasını gerektiren eylem Sertifikasyon Programlarının hazırlanması eylemidir. Hem ÇED hem de Çevre Danışmanlık hizmeti verecek firmalarda çalışan teknik personelin, Bakanlık ve İl Müdürlüğünde görevli uzmanların Yönetmelikte tanımlanan uzmanlık sertifika eğitimlerinin hazırlanması, eğitici eğitimlerinin verilmesi için düzenlemelerin yapılması ve bütçe tanımlanması gereklidir.

## **5.2. Kurumsal Sürdürülebilirlik**

Önerilen eylem planlarının uygulamasında yer alan paydaşların (Bakanlık, İl Müdürlüğü, ÇED Yeterlik Firmaları, Çevre Danışmanlık Firmaları vb.) mevcut görevlerine devam edip etmeyeceği, ya da hangi şartlarda devam edeceği, önerilerin paydaşlar üzerindeki etkilerinin sürdürülebilirliği bu başlık altında değerlendirilmiştir.

ÇED Yeterlik sahibi firmalar halihazırda ÇED/PTD ayrımı olmaksızın her türlü raporu hazırlayabilme yetkinliğine sahip olabilmektedir. ÇED yeterliği alabilmesi için firmaların sahibi olması gereken personel yapısına göre, biri çevre mühendisi, diğer ikisi farklı meslek gruplarından olacak şekilde 3 kişiyi sürekli olarak istihdam etmeleri, bunlar dışında bir personeli de Rapor koordinatörü olarak daimi olarak çalıştırması gereklidir. Bu yapıyı kuran firmalar herhangi bir kota olmaksızın diledikleri sayıda ÇED/PTD raporu hazırlayabilmektedir. Önerilen yeterlik şartları ise firmaları PTD/ÇED raporu hazırlayabilme durumuna göre A/B sınıfı şeklinde ayırmakta, proje koordinatörü üzerinden firmanın yürütebileceği rapor sayısına kota getirilmiştir. A sınıfı firmalar, 2'si çevre mühendisi, 2'si diğer meslek gruplarından, 2'si proje koordinatörü olabilecek yeterlikte toplam 6 kişiyi sürekli olarak istihdam etmek zorundadır ve koordinatör başına aynı anda 6 ÇED raporu hazırlayabileceklerdir. Bu durumda mevcut durumda 4 personel ile ÇED yeterliği alınabilirken, önerilen mevzuat ile belli yıl deneyimine sahip toplam 6 personel ile ÇED raporu hazırlayabileceklerdir. Halihazırda yeterliği olan bazı firmaların bu yapıyı kurabilmeleri için ilave personel istihdam etmeleri ve önerilen yönetmelikteki teknik uzmanlık sertifikalarına sahip olmalarını sağlamaları gerekmektedir. B sınıfı firmalar ise, biri çevre mühendisi, diğeri diğer meslek gruplarından olacak şekilde, bir proje koordinatörü ile birlikte toplam 3 personel ile bu hizmeti verebileceklerdir. Tek proje koordinatörü ile B sınıfı firma aynı anda en fazla 20 PTD raporu hazırlayabilecektir. Bu durumda sadece PTD raporu hazırlayacak olan firmaların sürekli istihdam etmeleri gereken personel sayısı 4'ten 3'e indirilmiştir.

Halen ÇED Yeterlik Belgesi olan firmaların ortalama personel sayısı 10 civarındadır (ÇŞİDB, 2022). TEİAŞ, DSİ, Karayolları gibi yatırımcı kuruluşların haricindeki ÇED firmalarının ortalama personel sayısı ise 7 civarındadır. Bu durumda, halen ÇED yeterlik belgeli firmaların ilave personel istihdamından çok, personelinin teknik uzmanlık sertifikasına sahip olması önerilen yönetmelik şartları için en önemli gerekliliktir.

Çevre Danışmanlık firmaları açısından ise, mevcut durumda çevre mühendisi lisans veya lisansüstü programından mezun olmuş, Bakanlık merkez ve taşra teşkilatlarında en az 5 yıl çalışmış veya tarafından düzenlenen eğitime katılıp başarılı olmuş olan yetkilendirilmiş en az dört personelin sürekli olarak istihdam edildiği firmalar yeterlik alabilmektedir. Çevre Danışmanlık firmaları, Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği Ek-1 ve Ek-2'sinde yer alan tüm işletmelere herhangi bir ayırım olmaksızın hizmet verebilmektedir. Önerilen değişiklik ile Ek-1 faaliyetlerine hizmet verebilecekler A sınıfı, Ek-2 faaliyetlerine hizmet verenler B sınıfı olmak üzere Danışmanlık firmaları 2 ayrı sınıfa ayrılması önerilmiştir. A sınıfı firmalar sürekli istihdam edilen 6 Çevre Yöneticisinden oluşurken, B

sınıfı firmalar toplam 4 Çevre Yöneticisi ile kurulabilecektir. A sınıfı firmada görevli çevre yöneticilerinden birinin en az 6 yıl deneyimi yeterliyken, B sınıfı firmada en az 3 yıl deneyimli bir çevre yöneticisi yeterli olabilmektedir. Mevcut durumda Çevre Danışmanlık hizmeti veren kişilerin %53.4'ü 3-10 yıl arasında, %21'i 10-20 yıl, %7'si ise 20 yıl üzerinde deneyime sahip olduğu düşünüldüğünde, gerekli olan deneyimin firmalar açısından sıkıntı yaratması beklenmemektedir. Halihazırda çevre danışmanlığı yapabilecek toplam yetkili personel sayısının 12 bin kişi civarında olması nedeniyle, Ek-1 ve Ek-2 kapsamındaki tesislere A ve B sınıfı firmalarla hizmet verilebilmesinde herhangi bir personel eksikliği yaratması beklenmemektedir. Önerilen yönetmelik kapsamında hizmet verilebilmesinde en büyük eksiklik yönetmelikte tanımlanan temel eğitim programları ile izin ve lisans konularında belirlenmiş olan teknik uzmanlık sertifikalarının tamamlanmış olması gerekliliği olacaktır.

Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği ek-1 veya ek-2 listesinde yer alan işletmelerin bünyesinde kurulan, sürekli istihdam edilmek üzere en az iki personelden oluşan Çevre Yönetim Birimi ise C sınıfı olarak tanımlanmıştır. Mevcut durumda çevre yönetim birimi kuran işletmeler dışarıdan danışmanlık hizmeti almak zorunda değildir. Ancak özellikle çevre sorunları yaratma potansiyeli yüksek Bakanlıkça belirlenecek işletmelerin kendi bünyelerinde kurulan Çevre Yönetim Birimlerinin yanı sıra A sınıfı Çevre Danışmanlık firmalarından da hizmet alması önerilmiştir. Bu öneri, işletmelerin iç birimleri tarafından yapılan çevreye ilişkin kanun ve ikincil düzenlemelere uygunluğu, alınan tedbirlerin etkili olarak uygulanıp uygulanmadığının değerlendirmelerinin dış bir taraf olan A sınıfı firmalar tarafından doğrulanması ile çevreye zarar verilmediğinden emin olunmasına yol açacaktır.

Çevre Danışmanlık firmalarının hizmet şartları için asgari fiyat tarifesi uygulanması, asgari fiyat tarifesine uyulduğunun kayıt altına alınması, danışmanlık veren tüm çevre yöneticilerinin gerekli temel eğitim ve teknik uzmanlık eğitimlerinin alınmasının sağlanması gibi öneriler, düşük ücretle, sahaya gitmeden verilen hizmetin iyileştirilmesini sağlayacaktır. A sınıfı danışmanlık firmalarının her vize döneminde en az 1 yeni mezun Çevre Yöneticisini işe alması önerisi de yeni istihdam sağlaması açısından önemlidir. Bu önerilerden asgari fiyat tarifesi uygulanması önerisi 01.11.2022 tarihli ve 32000 sayılı Resmi Gazete'de yeniden düzenlenerek yayınlanan Çevre Yönetim Hizmetleri Hakkında Yönetmelik ile uygulamaya geçirilmiştir.

Çevre danışmanları tarafından hazırlanan aylık faaliyet raporları halen herhangi bir paydaş tarafından etkin bir şekilde dikkate alınmamaktadır. İşletmelerde çevre kirlenmesinin önlenmesine yönelik gerekli hukuki, ekonomik ve sosyal tedbirlerin alınmadığı, çevreye ilişkin kanun ve ikincil düzenlemelerin yürütülmediğinin bildirildiği aylık faaliyet raporlarının yazılım altyapısı ile yetkili birimi anında uyarabilecek bir düzenlemeye dönüştürülmesi sistemin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

Hem ÇED hem de Çevre Danışmanlık firmalarının ceza puanlamalarında önemli değişiklikler yapılması önerilmiştir. Firmalara verilen cezanın yanı sıra kusurlu hizmet veren personele de ceza verilecek olması, verilen ceza puanlarının vize döneminden bağımsız hale gelmesi, geliştirilecek yazılım altyapısı ile yetkili idarenin uygunsuzluklara müdahalesinin sağlanabilmesi önerileri alınan hizmetin kalitesini artıracak olması nedeniyle önemlidir.

Önerilen yönetmelik kapsamına 2872 sayılı Kanununun 11. Maddesi 5. Fıkrasında tanımlanan; "Atık üreticileri, atıklarının yönetimini atık yönetim sorumlusu olarak yetki verilmiş firmalar aracılığıyla da yerine getirebilirler. Ancak, Bakanlıkça nitelikleri belirlenen atık üreticilerinin atıklarının yönetimini atık yönetim sorumlusu firmalar aracılığıyla yerine getirmeleri zorunludur. Atık üreticilerinin sorumlulukları ile atık yönetim sorumlusu firmaların yetkilendirilmesine ve yükümlülüklerine ilişkin usul ve esaslar Bakanlıkça çıkarılan yönetmelikle düzenlenir."

Atık Yönetim Sorumlusu Firma Yetkilendirilmesi şartları da eklenmiştir. Genel olarak işletmelerin Sıfır Atık, Depozito kayıt vb. belge alımları, atık beyanları, atık azaltımı, geri kazanım, bertaraf gibi

aslen Çevre Danışmanlık firmalarınca verilen çevre yönetim hizmeti kapsamındaki hizmetlerin, Atık Yönetim Sorumlusu firmalarca genişletilerek atık özelinde atık yönetim hizmetinin döngüsel ekonomiye katkı sunacak ve çevre kirlenmesinin önlenmesine yönelik bir hizmet vermesi planlanmaktadır. Bu amaçla öncelikli olarak A veya B sınıfı Çevre Danışmanlık yeterli sahibi firmaların Atık Yönetim Sorumlusu firma olarak yetkilendirilebilmesi önerilmiştir. A veya B sınıfı Çevre Danışmanlık Firması bünyesinde sürekli istihdam edilen Atık Yönetimi Teknik uzmanlık sertifikasına sahip 2 personel bulunması durumunda B sınıfı Atık Yönetim Sorumlu Firma olarak yetkilendirilebilmesi ve bu firmaların Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği Ek-2 de yer alan bazı tesislerine ve sanayi dışı atık üreticilerine (havalimanları, limanlar, hastaneler, alveriş merkezleri ve zincir marketler) hizmet verebilmesi önerilmiştir. A sınıfı Çevre Danışmanlık Firmasında sürekli istihdam edilen Atık Yönetimi Teknik uzmanlık sertifikasına sahip 3 personel bulunması durumunda A sınıfı Atık Yönetim Sorumlu Firma olarak yetkilendirilebilmesi ve bu firmaların Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği Ek-1, Ek-2 listesinde yer alan belirlenmiş tesislere ve sanayi dışı atık üreticilerine (havalimanları, limanlar, hastaneler, alveriş merkezleri ve zincir marketler) hizmet verebilmesi önerilmiştir. Atık yönetim sorumlusu firmalar yetki belgesi alabilmeleri ve atık yönetimi hizmeti verebilmeleri için A veya B sınıfı için Bakanlıkça belirlenecek olan tutarda teminat sunmakla yükümlüdür. ÇİLY Ek-1 işletmelerinde tam zamanlı Atık Yönetim uzmanı, ÇİLY Ek-2 işletmeleri ve sanayi dışı tesislerde ise haftada 1 gün tam zamanlı Atık Yönetim Uzmanı çalıştırılmasının zorunlu olması önerilmiştir. Ek-1, Ek-2 de yer alan atık yönetim hizmeti alması kararlaştırılan tesisler ile sanayi dışı tesislerin sayısı göz önüne alındığında, ülkemizde ilk etapta yaklaşık 1000 atık yönetim teknik uzmanlığına sahip çevre yöneticilerine ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir.

### **5.3. Politik Sürdürülebilirlik**

Yeterlik hizmetlerinin etkinleştirilmesine yönelik kapasite geliştirilmesi amacı ile yürütülmüş olan çalışma sonuçlarının strateji planı ile uyumu, proje sonuçlarının yapısal etkileri (mevzuatta, uygulama kurallarında, yöntemlerde vb. sağlayacağı iyileşme) ile sürdürülebilir kalkınma ve çevrenin korunmasına yönelik faydaları bu başlık altında incelenmiştir.

Önerilen yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ve gerekli yazılım alt yapısının hazırlanması ile yetkilendirilmek isteyen firma tek bir başvuru ile ilgili 5 farklı mevzuata yönelik yetkilendirme alabilecektir. Böylece bürokrasi azaltılacak, her bir yetki kapsamında gerekli olan denetim yükü azalacaktır. Yetki almış firmaların iş ve işlemlerine kota getirilmesi, daha az deneyimli ve az personeli olan firmaların kirlenici vasfı küçük tesislere hizmet verebilmesi, deneyimli ve personel sayısı fazla olan firmaların kirlenici vasfı yüksek tesislere hizmet verebilmesi önerilmiştir. ÇED yetkilendirilmiş firmaların koordinatörleri üzerinden eş zamanlı olarak yürütebilecekleri projelere kota getirilmesi önerilerek, iş yükü fazlalığından ötürü yetersiz hizmet verilmesinin önlenmesine yönelik bir önlem alınmıştır.

Çevre danışmanlık firmalarının her vize döneminde yeni mezun Çevre Mühendisi istihdamı eklenerek, sektörde yeni mezunların iş bulabilmesi fırsatı yaratılmıştır. Hem ÇED, hem Çevre Danışmanlık hem de Atık Yönetim Sorumlusu firmada görev alacak personelin temel eğitim ve teknik uzmanlık sertifikaları almalarının önerilmesiyle sürekli olarak yeni bilgilerle donatılmış, verdikleri hizmete yönelik bilgileri tazelenen, güncel çevre konularına ve gelişmelere hakim çevre danışmalarının sektörde görev almalarının sağlanması önerilmiştir.

Çevre Danışmanlık firmalarında görev alacak olan Çevre Görevlisi tanımlamasının kaldırılması, «Yetkilendirilmiş Kişi» olarak değiştirilmesi önerilmiştir. Bu öneri 1/11/2022 tarihli ve 32000 sayılı Resmi Gazete’de yeniden düzenlenerek yayınlanan Çevre Yönetim Hizmetleri Hakkında Yönetmelik ile uygulamaya geçirilmiştir.

Düşük ücretlerle yapılan hizmetin kalitesinin artırılmasına yönelik asgari birim fiyat tarifesi önerilmiş, asgari ücretin ödenmemesi veya iade fatura düzenlendiğinin tespit durumunda yetki

iptaline neden olabilecek ceza şartı getirilmesi önerilmiştir. Tesise gitmeden Çevre Danışmanlığı yapanların önlenmesi için, tesiste bulunma zorunluluğunun teknoloji ile desteklenerek, denetimin kolaylaştırılması önerilmiştir. Çevre yöneticilerince düzenlenen aylık faaliyet raporlarının dikkate alınmasını sağlayacak yazılım çözümü önerilerek, işletmelerin çevre kirliliğine neden olacak şekilde çalışmasının önlenmesi, çevre korunmasını sağlayacak yatırımları yapmasını sağlayacak öneriler verilmiştir.

Yatırımcı kuruluşların ÇED raporu hazırlama yetkisinin iptali ile, Çevre Yönetim Birimleri tarafından verilen çevre danışmanlık hizmetlerinin çıkar çatışması nedeniyle üçüncü taraflarca yerine getirilmesi önerilmiştir.

Hazırlanmış olan yönetmelik taslağı ile çevrenin korunması sağlanacaktır, önerilen yönetmeliğin başlıca avantajlarının aşağıdaki unsurlar üzerinde olacağı öngörülmektedir:

- Bakanlığın kontrol ve denetim mekanizmasının etkinleştirilmesi,
- Yetkilendirme sürecinde bürokrasinin azaltılması,
- Bakanlığa sunulan hizmet ve rapor kalitesinin artması için sertifika programlarının düzenlenmesi,
- Bürokrasinin ve denetimin kolaylaştırılması için yeterli hizmetlerinin tek bir çatı altında toplanması,
- Asgari birim fiyat tarifesi uygulanmasının sağlanması

## **Teşekkür**

Bu yayın, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından sağlanan mali destek ile 2021-2022 yılları arasında yürütülmüş olan Yeterlik Hizmetlerinin Etkinleştirilmesine Dair Kapasite Geliştirilmesi Projesi sonuçlarından hazırlanmıştır.

## **Çıkar Çatışması**

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## **Kaynaklar**

URL-1. (2022). ABCEP – Academy of Board Certified Environmental Professionals. Alıntı tarihi 14.06.2022 <https://www.abcep.org>

IEMA – Institute of Environmental Management & Assessment (ed.), (2011), Special Report. The state of Environmental Impact Assessment practice in the UK, United Kingdom, <http://www.iema.net/eiareport>

Jha-Thakur, U. & Fischer, T.B. (2016). 25 years of the UK EIA System: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats. *Environmental Impact Assessment Review*, 61: 19-26.

URL-2. (2022). NREP – National Registry of Environmental Professionals, Alıntı tarihi 14.06.2022 <https://www.nrep.org>

ÇŞİDB – Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2022), Yeterlik Hizmetlerinin Etkinleştirilmesine Dair Kapasite Geliştirilmesi Projesi Nihai Raporu, Ankara, Türkiye.



---

## Araştırma Makalesi / Research Article

---

# Ice Load Effect on Martian Buildings

Saffet KILIÇER<sup>1\*</sup> 

Artvin Coruh University, Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering, Artvin, TÜRKİYE

kilicer@artvin.edu.tr

Received/Geliş Tarihi: 17.02.2024

Accepted/Kabul Tarihi: 04.06.2024

**Abstract:** Humanity has long been in pursuit of new habitats, and in this direction, the desire to establish colonies based on technological advancements has been increasing. In this context, the National Aeronautics and Space Administration (NASA) has been sending unmanned spacecraft to Mars since 1970. For the structures to be built on Mars, it is necessary to study structural loads similar to those on our planet. Therefore, particular attention needs to be paid to structural loads on Mars, especially ice loads and how these loads vary across different regions of the planet. Specifically, the distribution and grading of Mars-specific ice loads are the focus of this study. The research has focused on how ice loads used in the design process for structures to be built on Mars differ across regions. Consequently, it has been determined that especially in the polar regions of Mars, ice loads are an important parameter to consider in structural design, while subterranean ice around the equator is critical for excavation works and anchoring applications. These findings provide critical information that will aid in making decisions in the process of constructing sustainable structures on Mars.

**Keywords:** Mars, Design loading, Ice load, NASA, Multiplanetary life

---

## Mars Gezegeninde Buzun Varlığı ve Yapılara Etkisi

---

**Özet:** İnsanlık uzun yıllardır yeni yaşam alanları arayıp bulmaya çalışmakta ve bu doğrultuda teknolojik gelişmelere dayalı koloni kurma isteği de artmaktadır. Bu kapsamda, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) 1970 yılından itibaren Mars gezegenine insansız uzay araçları göndermektedir Mars'ta inşa edilecek yapılar için, gezegenimize benzer yapısal yüklerin araştırılması gerekmektedir. Bu nedenle, Mars gezegeninde dikkate alınması gereken yapısal yükler arasında özellikle buz yükü ve bu yükün gezegenin farklı bölgelerinde nasıl değişeceği merak edilmektedir. Özellikle, Mars'a özgü buz yükleri ve bu yüklerin gezegenin farklı bölgelerindeki dağılımı ve derecelendirmesi bu çalışmanın odağını oluşturmaktadır. Araştırmalar, Mars gezegeninde inşa edilecek yapılar için tasarım sürecinde kullanılacak buz yüklerinin bölgelere göre nasıl farklılaştığına odaklanmıştır. Sonuç olarak, özellikle Mars'ın kutup bölgelerinde buz yüklerinin yapı tasarımında önemli bir parametre olarak dikkate alınması gerektiği, ekvator ve çevresindeki yer altı buzlarının ise kazı çalışmaları ve ankraj uygulamalarında kritik öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, Mars'ta sürdürülebilir yapılar inşa etme sürecinde kritik kararlar alınmasına yardımcı olacak bilgiler sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mars, Tasarım yükü, Buz yükü, NASA, Çok gezegenli yaşam

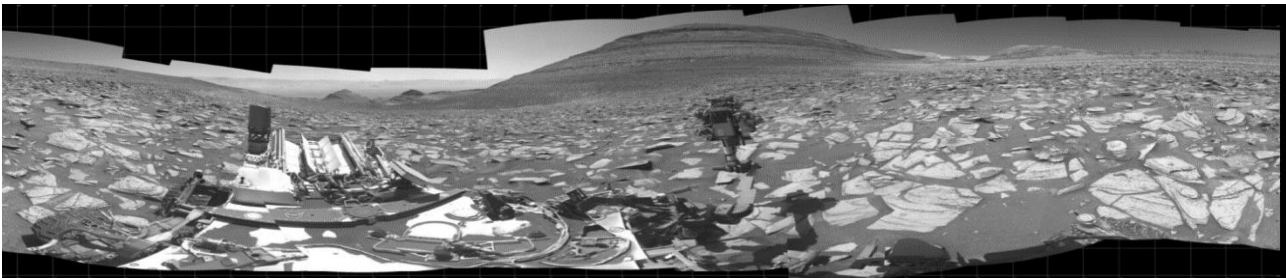
---

### 1. Introduction

Today, many developed countries and private companies are engaged and try hard to be successful in the space race. Sending uncrewed vehicles to Mars and Moon that are generally at the fore continues. In first place, mankind set the Moon as its target in the space race. Moon has come to the fore since it is the satellite of Earth and is the closest celestial body to Earth. It was the Soviet Union's (USSR) Luna 2 spacecraft that first successfully reached the surface of the Moon. Although the USSR continued its research by sending other Luna vehicles to orbit or the Moon, the United States joined this race by sending many crewed spacecraft to the Moon with the Apollo mission program in 1968. Apart from the USSR and the USA, China, India, Japan, Israel, Russia, the United Arab Emirates (UAE), Luxembourg, South Korea and Italy have participated in Moon studies with different missions

since 1968. Although Moon was more in the foreground than Mars in the early days, it is disadvantaged in terms of the lack of atmosphere and the resulting high temperature difference between day and night and the amount of water it contains. For all these reasons, mankind has shifted its research and space missions to the planet Mars.

Mars remained unknown, inaccessible and dark for mankind for many years. Mars missions were implemented by the USA and USSR in the 1960s, but no significant progress was made until 1975. Viking 1&2 spacecraft, sent to Mars as part of the Viking project launched by NASA in 1975, successfully landed in 1976. Viking 1 continued its mission until 1978 and Viking 2 until 1980 (NASA, 2024). In the following years, mission missions became more frequent, and the Sojourner spacecraft was sent to Mars with different missions by Sojourner in 1996, Spirit & Opportunity in 2003, Phoenix in 2007, Curiosity in 2011, InSight in 2018 and Perseverance in 2020, respectively. A view of Mars-Sequoia area by Mars Curiosity Rover is as shown in Figure 1 (URL-1). Curiosity Rover detected CO<sub>2</sub> (95.9%), Ar (2%), N<sub>2</sub> (1.9%), O<sub>2</sub> (0.14%) and CO (0.016%) gases on the planet Mars respectively in 2012 (URL-2). In addition, another mission is planned by the same institution to collect surface samples from Mars in 2027.



**Figure 1.** Curiosity's Navcams View the Area Around 'Sequoia'

Over 50 missions to Mars have been carried out to provide a relative understanding of aspects of Mars that can help scientists to carry out innovative studies and projects (Soureshjani et al, 2023). As a result of these studies, it would not be economical to take the materials to be used for low-rise buildings for colonization of Mars from Earth (Toklu, 2000). Thus, Petrov and Ochsendorf (2005) proposed a reliable hybrid Mars base using inflatable and on-site structures. It is an undeniable fact that procuring the materials to be used in building construction from materials found on Mars will be beneficial both in terms of time and economy. However, the regions where colonization will be determined should be chosen carefully. Because subsurface ice was discovered in studies conducted on the planet Mars (NASA, 2023). After this discovery, NASA started to prepare a subsurface water ice map to determine which region of Mars to travel to on the first manned trips. For this, Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) and Mars Odyssey orbiter, to locate water ice that could potentially be within reach of astronauts on the Red Planet (NASA, 2024). All these developments will enable the design load to be reached by determining both the 'in situ resource utilization' of water and the thickness of the ice on the structures.

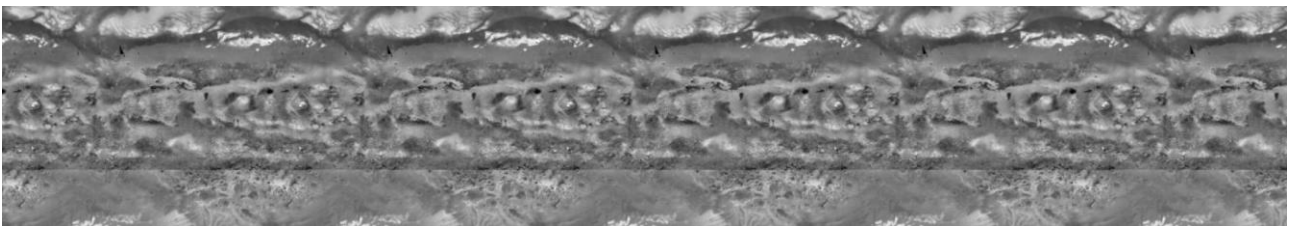
The first stage in designing buildings is to determine the loads. Accurate and realistic determination of loads is of great importance on the gravitational planet Mars, as it is on Earth. Soureshjani et al, (2023) tried to determine Mars payloads. He made suggestions regarding some loads. However, especially as stated by NASA (2023), it is understood that the presence of ice should be taken into consideration both in the selection of the region where spacecraft land and in the design of structures to be built on the planet Mars by shifting research to regions without the presence of ice. Precisely determining and mapping the surface and subsurface ice on Mars will enable astronauts to land in safe areas and will allow us to determine the ice load to be considered in the structures to be built in the coming years. Therefore, in this study, it is aimed to determine the effects of ice load on the

structure according to the surface and subsurface ice areas on the Martian surface map by revealing the ice load.

## 2. Material and Method

Detection of ice masses existing on the planet Mars is made with radar sounding data. These studies have identified many mid-latitude glacier-like forms on the planet as well (Karlsson et al., 2015). The forms discovered in mid-latitudes were estimated with 25% uncertainty by Levy et al. (2014). In their study, they tried to determine the ice volumes according to concentric crater fill (CCF), lineated valley fill (LVF), and lobate debris aprons (LDA) methods. The amount of ice discovered at latitudes of  $\pm 30$  and 50 is an important water reservoir that can be extracted by surface drilling in the future. Apart from all these studies, Berman et al. (2021), Joseph (2023), Garvin et al. (2024), Tang et al. (2022), Yoldi et al. (2022), Riu et al. (2023), Schörghofer (2021) conducted studies using methods about the presence of ice on the surface and subsurface of the planet Mars and tried to reveal the amount, location and stability of ice. They also obtained approximate values with different drilling and remote sensing techniques. Besides, Phoenix Mars Lander, managed to take sample pieces from the water ice in the Martian soil on July 31, 2008 (NASA, 2008).

In this study, the study area was considered as the entire planet Mars, including the upper Gediz valley and craters of the Gale crater at 4.5895 S, 137.4417 E according to Mars coordinate system. The visible Mars map of the planet is shown in Figure 2 (URL-3).



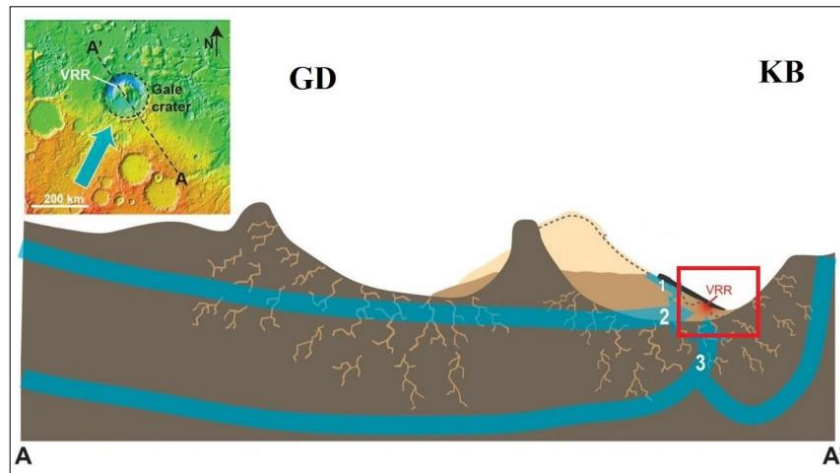
**Figure 2.** Mars visible map

Akgül and Suphi (2022) used the CRISM sensor as remote sensing data on the MRO satellite that was launched from the Cape Canaveral base in the United States on 12.08.2005 and entered Mars orbit on 10.03.2006. All the features of the sensors related to water and ice on the satellite are given below in Table 1.

**Table 1.** MRO instruments and features (NASA, 2022)

Instruments	Features
MCS	Monitoring changes in the atmosphere
SHARAD	Water ice research.
CRISM	Identification of minerals

In the light of the data obtained with sensors such as MCS, SHARAD and CRISM, although the ice effect on Mars dust is negligible, the presence of water ice reservoirs were detected in some areas very close to the surface. Visible ice layers can be found even at 50 cm excavations. Therefore, the ice effect should be taken into consideration in the subsurface excavations on Mars. Water ice at low latitudes have a structure that constantly changes according to the seasons. In foundation or anchor excavations for Martian structures, ice effect should be taken into consideration both laterally and vertically. Following the recent discoveries by the European Space Agency (ESA), the ever-changing presence of ice can create gaps around the structure anchor/foundation, creating discontinuities beneath the Martian surface. The waterways that represent the natural functioning under the crater and feed the glaciers in the Martian craters are shown in Figure 3 (Fraeman et al., 2020).



**Figure 3.** Crater waterways

It is known that the gravity of the planet Mars is 38% of the gravity of the Earth. This reduces both the total weight of the structure and the gravity of each design load. Compared to other planets, the gravity of Mars is closer to Earth's gravity. For example, the gravity on the moon is one-sixth of the Earth's gravity.

### 2.1. Design Loads

In addition to vertical loads, horizontal loads are based on the experiences and research obtained as a result of a certain period of time on Earth. Most countries have created their own design codes and load combinations related to their geography. The necessity of our planet and the occurrence of ground movements or different natural phenomena have forced researchers to consider some special loads other than horizontal loads (earthquake, wind, etc.) and vertical loads in the design.

Loads on earth consist of dead load, live load, snow load, earthquake load, wind load, etc. When these loads come together, load combinations are formed. The load combinations of the ASCE 7-10 'Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures' regulation are as follows (ASCE 7-10, 2017).

$$1.4 D \quad (1)$$

$$1.2 D+1.6 L+0.5 S \quad (2)$$

$$1.2 D+1.6 S+0.5 W \quad (3)$$

$$1.2 D+1.6 S+L \quad (4)$$

$$1.2 D+1.0 W+1.0 L+0.5 S \quad (5)$$

$$1.2 D+1.0 E+1.0 L+0.2 S \quad (6)$$

$$0.9 D+1.0 W \quad (7)$$

$$0.9 D+1.0 E \quad (8)$$

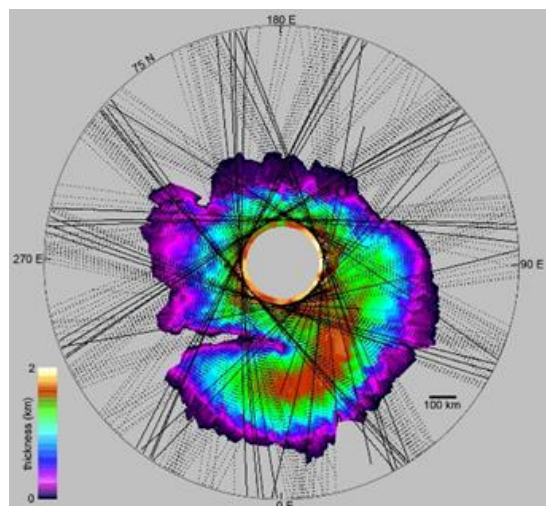
where D is the dead load, L is the live load, S is the snow load, W is the wind load and E is the earthquake load.

The effect of ice, which is not taken into consideration in the design load combinations on Earth, but is found both on the surface and subsurface in the polar regions of Mars and around the equator, on Martian structures was investigated.

### 2.1.1. Ice Load

Ice load is not included in many countries' regulations. It is mostly represented as snow load in the standards of the countries. However, the presence of ice in the polar regions of Mars is clearly noticeable in recent discoveries on the planet. Schiff and Gregg (2022) found ice-rich deposits on north-facing slopes along 40 N, 250 E. Son et al. (2023) stated that while ice presence changes seasonally in low latitudes, the change in ice presence in high latitudes is less. However, the presence of ice at low latitudes has also begun to be revealed.

The presence of ice in the northern polar region is shown in Figure 4 (NASA, 2023). These layer thicknesses are measured by the Shallow Radar instrument (Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Rome/SwRI).



**Figure 4.** The thickness of the north polar layered deposits on Mars

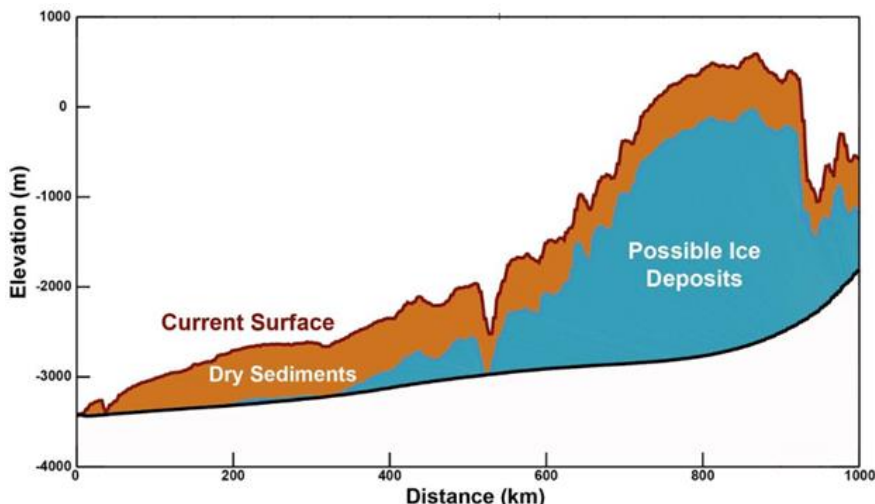
Ice load may vary depending on regions or ice thickness. As on Earth, the ice load on MARS can be determined in 3 different ways as equatorial, mid-latitude and polar regions. Ice load on Earth is calculated as;

$$L_I = k\sqrt{d} \times g_m \quad (8)$$

where  $L_I$  (N) is the ice load,  $k$  is a constant,  $d$  thickness (mm) and  $g_m$  ( $m/s^2$ ) is the gravitational acceleration of Earth and  $m$  (kg) is the mass. This equation applies only to surface structures. It is considered as a layer covering the structures, especially in high altitude regions. Equation number 9 is used especially in electricity transmission lines and electricity distribution networks. However, in order to determine the ice load to be used on the planet Mars, spacecraft must be produced resistant to weather conditions to operate in the region where ice is present. Today, spacecraft cannot approach the polar regions of the planet Mars.

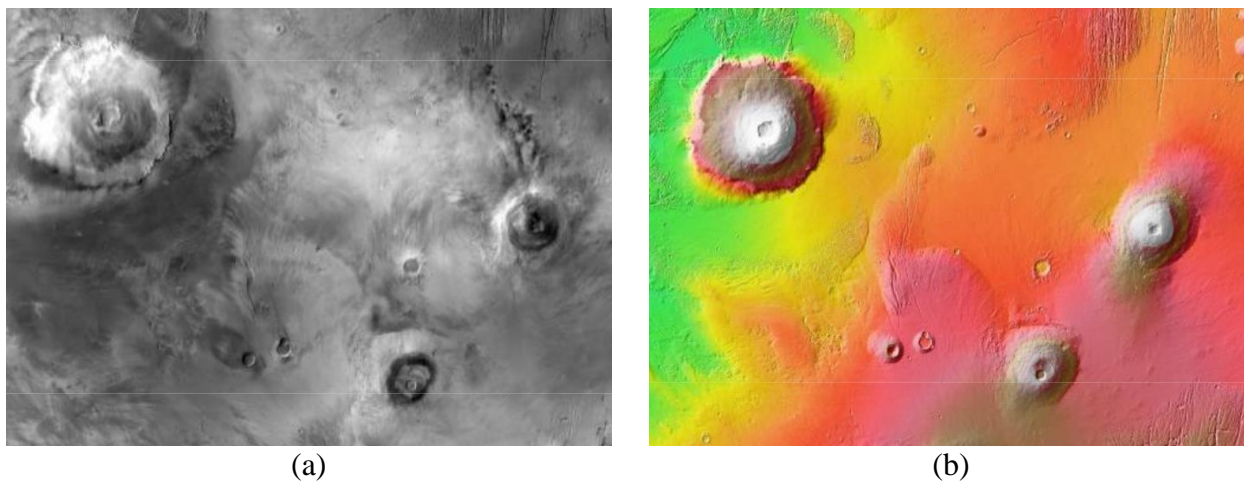
### 3. Findings and Discussion

In the discovery made by ESA probe, a possible dusty ice layer was discovered at the equator of Mars, apart from its poles, as shown in Figure 5. Buried beneath the planet's equator, this layer of dusty ice is thought to contain enough water to cover Mars in an ocean between 4.9 to 8.9 feet (1.5 to 2.7 meters) deep. Such a large volume of ice deposit has never been found outside the poles (URL-4).



**Figure 5.** Possible ice thickness in the equatorial region (ESA).

As seen in Figure 5, the possible ice deposit is seen as a result of the discovery made by ESA. This ice deposit is covered with dry sediments and the top layer of Martian dust. This ice deposit, which retreats in summer months, approaches the surface during winter. Another different situation is seen in the crater. Olympus Mons, the highest point of the planet Mars, and its surroundings (Home of the Greek gods) are seen in Figure 6.



**Figure 6.** Mars Olympus Mons and its surroundings (18.4N,134W) a) Elevation map b)Visible map

There are subsurface ice deposits at different points of Mars. Studies to date have revealed that these ice deposits are water ice, not carbon dioxide. However, how these ice deposits formed has not been fully explained. Representing the load of ice is quite complex. Especially on the planet Mars, there is ice presence both at the surface and subsurface. However, these ice deposits are covered with Martian dust and drilling works are still ongoing regarding the depth of the ice deposit. Therefore, except for some craters on the surface, as seen in Figure 6, it does not seem possible today for the ice covered with Martian dust at the equator ( $L_E$ ) and middle latitudes ( $L_M$ ) to create a load on the structure

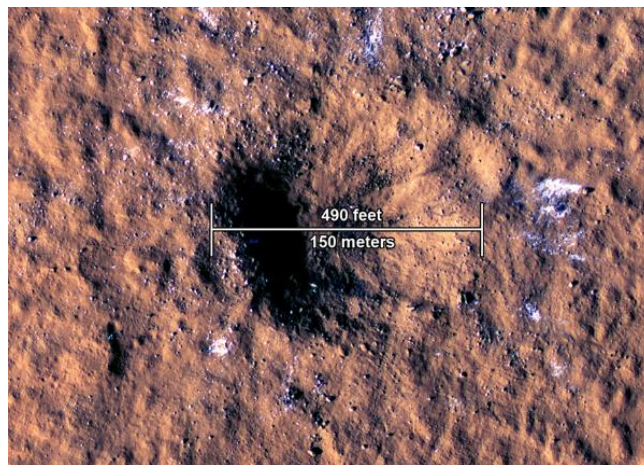
(Equations 10 and 11). In the facilities to be established in the polar regions, the ice load on the structure can be used as in Equation 9, taking into account the acceleration of gravity on Mars.

$$L_{IE} \approx 0 \quad (10)$$

$$L_{IM} \approx 0 \quad (11)$$

However, there is a high probability that ice deposits may be located very close to the surface of the Martian regions where the structure will be built or established. More detailed mapping of ice deposits on Mars will be of great importance in future research and colonization.

It is known that a space rock hitting the Amazonis Planitia region of Mars caused a 4.0 magnitude marsquake on the planet Mars. Researchers have observed that the epicenter of the earthquake and the craters formed overlap each other. They also observed ice around the 150-meter diameter crater formed on the surface of the planet Mars (NASA, 2021). Although displacement of the ice was not observed, they photographed that when the space rock hit the planet Mars, the underground ice was shaken and some of it became visible on the surface (Figure 7).



**Figure 7.** The impact crater, formed Dec. 24, 2021, by a meteoroid strike in the Amazonis Planitia region of Mars (Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)

#### 4. Conclusions

Mankind aims to use the necessary materials in the construction of Martian structures in order to colonize the planet Mars. However, the planet Mars has not yet gone beyond being a very unknown planet for humanity. With the developing technology and research and investments made in recent years, some important and remarkable data about Mars has started to be obtained.

Moving mankind to Mars brings with it the need for shelter. Today, it is very difficult to design Mars structures that can meet the need for safe and permanent shelter and to determine the loads that can affect these structures. In this study, unlike Earth, the 'ice load', which is a design load that can be considered in the structures to be built on the planet Mars, and the changes that may occur as this ice load varies according to the latitudes of Mars, were researched. The results obtained are as follows;

- Ice deposits, ice masses that can be seen with the naked eye at the surface in the polar regions of the planet Mars (especially in the south polar circle), are mixed with dust at different depths of subsurface around the equator and in mid-latitudes. After dust storms, surface ice becomes difficult to see with the naked eye, especially in the Arctic Circle.

- The margin of error of the data obtained through remote viewing is an undeniable fact. Therefore, more accurate and realistic results will be achieved with more uncrewed vehicles to be sent to Mars in the coming years.
- Design loads and load combinations can be determined in the light of many years of experience. More accurate results can be obtained by observing the ice load for many years and monitoring the direction of ice flow and the thickness of the layers that may form on Martian surface over time.
- Different ice load coefficients can be determined according to the regions of the planet Mars, where new ice masses are discovered every day, and structural loads can be applied more easily and transparently by preparing load maps according to latitudes or craters.
- Martian weather conditions should be better understood and the effects of structural load combinations should be observed.
- The spacecraft sent to the planet Mars by the international community cannot approach these regions because they are not capable of operating in extremely cold environments, especially in the polar regions. There is a tendency for underground ice in low latitudes to be used only as a water source for astronauts reaching the planet Mars. Again, there is no research on the use of craters in low latitudes and ice in high altitudes as building materials.
- It is known that the thin atmosphere of the planet Mars and the effect of wind affect ice formation both on Earth and on the planet Mars. In the literature, Soureshjani et al. (2023) published their research on wind load.

It is an undeniable fact that time and new research are needed to examine new load combinations and structural loads for the planet Mars.

### Conflict of Interest

The author declare that they have no conflict of interest.

### References

- Akgül, M. A., & Suphi, U. (2022). Mars'ta Hiperspektral CRISM Verileri Yardımıyla Mineralojik Haritalama (Mineralogical Mapping on Mars Using Hyperspectral CRISM Data). *Geosound*, 55(1), 1-19.
- American Society of Civil Engineers. (2017). Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures- ASCE 7-10. American Society of Civil Engineers.
- Berman, D., Chuang, F. C., Smith, I. B., & Crown, D. A. (2021). Ice-rich landforms of the southern mid-latitudes of Mars: A case study in Nereidum Montes. *Icarus*, 355(1), 114170.
- Fraeman, A. A., Edgar, L. A., Rampe, E. B., Thompson, L. M., Frydenvang, J., Fedo, C. M., Catalano, J. G., Dietrich, W. E., Gabriel, T. S. J., Vasavada, A. R., Grotzinger, J. P., & L'Haridon, J. vd. (2020). Evidence for a diagenetic origin of Vera Rubin ridge, Gale crater, Mars: Summary and synthesis of Curiosity's exploration campaign. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 125, e2020JE006527. <https://doi.org/10.1029/2020JE006527>.
- Garvin, J. B., Soare, R., Hepburn, A. J., Koutnik, M., & Godin, E. (2024). Ice Exploration on Mars: Where to and when. *Ices in the Solar System*, 193-219. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99324-1.00007-9>.
- Joseph, A. (2023). Liquid water lake under ice in Mars's southern hemisphere—Possibility of subsurface biosphere and life. *Water Worlds in the Solar System*, 453-522. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95717-5.00019-0>.



- Karlsson, N. B., Schmidt, L. S., & Hvidberg, C. S. (2015). Volume of Martian midlatitude glaciers from radar observations and ice flow modeling. *Geophysical Research Letters*, 42(8), 2627-2633.
- Levy, J. S., Fassett, C. I., Head, J. W., Schwartz, C., & Watters, J. L. (2014). Sequestered glacial ice contribution to the global Martian water budget: Geometric constraints on the volume of remnant, midlatitude debris-covered glaciers. *J. Geophys. Res. Planets*, 119(10), 2188–2196.
- NASA. (2008). NASA Spacecraft Confirms Martian Water, Mission Extended. Retrieved from [https://web.archive.org/web/20120418005710/http://www.nasa.gov/mission\\_pages/phoenix/news/phoenix-20080731.html](https://web.archive.org/web/20120418005710/http://www.nasa.gov/mission_pages/phoenix/news/phoenix-20080731.html) 29 Ocak 2024.
- NASA. (2021). HiRISE Views a Mars Impact Crater Surrounded by Water Ice. Retrieved from <https://mars.nasa.gov/resources/27086/hirise-views-a-mars-impact-crater-surrounded-by-water-ice/?site=msl>, 08 Nisan 2024.
- NASA. (2022). Mars Reconnaissance Orbiter- Missions- MRO Satellite- Instruments. Retrieved from <https://mars.nasa.gov/mro/mission/instruments/>, 28.01.2024.
- NASA. (2023). Jet Propulsion Laboratory, Retrieved from <https://www.nasa.gov/solar-system/planets/mars/nasa-is-locating-ice-on-mars-with-this-new-map/> 17 Ocak 2024.
- NASA. (2024). NASA Science Mars Exploration Section-Missions. Retrieved from <https://mars.nasa.gov/mars-exploration/missions/viking-1-2/>, 14 Ocak 2024.
- NASA. (2024). Solar System. Retrieved from <https://www.nasa.gov/solar-system/nasas-treasure-map-for-water-ice-on-mars/>, 20 Ocak 2024.
- Petrov, G., & Ochsendorf, J. (2005). Building on Mars. *Civil Engineering Magazine Archive*, 75(10), 46–53.
- Riu, L., Carter, J., Poulet, F., Cardesín-Moinelo, A., & Martin, P. (2023). Global surficial water content stored in hydrated silicates at Mars from OMEGA/MEx. *Icarus*, 398(1), 115537.
- Schiff, N. L. G., & Gregg, T. K. P. (2022). Probable ice-rich deposits on north-facing slopes in Alba Patera, Mars. *Icarus*, 383(1), 115063.
- Schörghofer, N. (2021). Ice caves on Mars: Hoarfrost and microclimates. *Icarus*, 357(1), 114271.
- Son, H., Zhang, J., Liu, Y., Sun, Y., & Ni, D. (2023). Modeling the distribution of subsurface seasonal water ice with varying atmospheric conditions at northern low to midlatitudes on Mars. *Icarus*, 389(1), 115262.
- Soureshjani, O. K., Massumi, A., & Nouri, G. (2023). Martian Buildings: Design loading. *Advances in Space Research*, 71, 2186-2205.
- Tang, X., Adkins, C., Mallams, J., Burnette, M., Barnes, T., Mier-Hicks, F., Meirion-Griffith, B., & Staack, D. (2022). Plasma drilling on Martian ice: Enabling efficient deep subsurface access to Mars' polar layered deposits. *Planetary and Space Science*, 223(1), 105578.
- Toklu, Y. C. (2000). Civil engineering in the design and construction of a lunar base, *7th ASCE Congress on Engineering, Construction, Operations and Business in Space, Proceedings*, 27 Mart 2000, Albuquerque, USA.
- URL-1, (2024). <https://mars.nasa.gov/mars-exploration/missions/viking-1-2/>, 14 Ocak 2024.
- URL-2, (2024). [https://tr.wikipedia.org/wiki/Mars#cite\\_note-52](https://tr.wikipedia.org/wiki/Mars#cite_note-52), 29 Ocak 2024.
- URL-3, (2024). <https://www.google.com/mars/>, 31 Ocak 2024.

URL-4, (2024). <https://www.space.com/mars-water-ice-equator-frozen-ocean>, 20 Ocak 2024.

Yoldi, Z., Pommerol, A., Poch, O., & Thomas, N. (2022). Reflectance study of ice and Mars soil simulant associations—II. CO<sub>2</sub> and HO<sub>2</sub> ice. *Icarus*, 386(1), 115116.

---

**Araştırma Makalesi / Research Article**

---

## **Ağır Vasıta Fren Balatalarında Sarı Talaş Yerine Ultimate-Ts Kullanımının Frenleme Performansına Etkisinin İncelenmesi**

**Osman DALAR<sup>1</sup>**, İrem Yaren ÇAPKIN<sup>1</sup>, Buse DEMİREL<sup>1</sup>, Merve KALAYCI<sup>1</sup>, Turgay YILDIRAN<sup>1</sup>, İlker SUGÖZÜ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Beşer Balata, İzmir, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mersin, TÜRKİYE  
osman.dalar@beser.com.tr, yaren.capkin@beser.com.tr, buse.demirel@beser.com.tr, merve.kalayci@beser.com.tr, turgay.yildiran@beser.com.tr, ilkersugozu@mersin.edu.tr

**Received/Geliş Tarihi:** 07.03.2024

**Accepted/Kabul Tarihi:** 26.06.2024

**Özet:** Balata üretiminde kullanılan hammaddeler özellik ve sınıfına göre dört gruba ayrılmaktadır. Bunlar; bağlayıcı, sürtünme düzenleyici, destek malzemesi ve dolgu malzemesidir. Sarı talaş, içerisinde bakır bulunması nedeniyle balata üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sarı talaş ağır vasıta araçlarda balatanın frenleme sırasında oluşan ısıyı dağıtması, yüksek sıcaklıkta gerçekleşen sürtünmeye karşı dayanıklı olması ve balatanın sürtünme katsayısını artırması nedeniyle önemli rol oynamaktadır. Fakat yüksek maliyet ve sürtünme esnasında oluşan frenleme tozu içerisindeki bakırın çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır. Canlılara ve çevreye olumsuz etkileri olan bakır, balata üretiminden kaldırılacak hammaddelerden biridir. Bu nedenle balatanın bakırsızlaştırma çalışmaları önem arz etmektedir. Bu çalışmada ağır vasıta fren balatalarında bakırsızlaştırma için sarı talaş yerine Ultimate TS malzemesi kullanılarak balata formülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan formülasyon toz metalürji yöntemi olan sıcak presleme yöntemi ile ağır vasıta araçlar için balata presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Balatalar fırınlama işlemi öncesi ve sonrasında kimyasal testleri gerçekleştirilmiştir. Fırınlama sonrası üretilen balataların performans özellikleri test edildi. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Ultimate TS malzemesi eklenen formülasyonun sürtünme katsayısı 0.49 bulunmuştur. Test edilen balata G sürtünme sınıfında yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır vasıta fren balataları, Aşınma, Dinamometre testi, Fren balata üretimi, Sürtünme

---

## **Investigation of The Effect of Using Ultimate-Ts Instead of Yellow Chips on Braking Performance of Heavy Vehicle Brake Pads**

---

**Abstract:** The Raw materials used in lining production are divided into four groups according to their properties and class. These are binder, friction regulator, support material and filling material. Yellow sawdust is widely used in the production of brake pads due to the presence of copper in it. Yellow sawdust plays an important role in heavy vehicles because it dissipates the heat generated during braking, is resistant to high temperature friction and increases the friction coefficient of the lining. However, the high cost and the copper in the braking dust formed during friction have negative effects on the environment. Copper, which has negative effects on living things and the environment, is one of the raw materials to be removed from pad production. For this reason, decopperization studies of the pads are important. In our study, pad formulation study was carried out using Ultimate TS material instead of yellow sawdust for decopperization of heavy vehicle brake pads. The prepared formulation was pressed for heavy vehicles by hot pressing method, which is a powder metallurgy method. Chemical tests were performed on the pads before and after baking process. The performance properties of the pads produced after baking were tested. In line with the results obtained, the friction coefficient of the formulation to which Ultimate TS material was added was found to be 0.49. The pad tested is in friction class G.

**Keywords:** Brake pad production, Dynamometer test, Friction, Heavy vehicle brake pads, Wear

---

### **1. Giriş**

Otomotiv endüstrisinin gelişiminde araç performansı ve sürücü güvenliği önemli etkenlerdir. Araçlardaki fren sistemi bu iki faktörü etkileyen temel unsurlardan biridir. Fren sistemi, aracı

kullanan kişinin araç üzerinde tam hakimiyeti sağlayarak aracı yavaşlatma ve durdurmak için çok önemlidir. Fren sisteminin en önemli parçalarından bir tanesi balatalardır. Balatalar fren sisteminin vazgeçilmez bir parçasıdır (Borawski, 2019; Gong vd., 2020; Borawski, 2022). Balata hammaddeleri özelliklerine göre 4 gruba ayrılmaktadır. Bunlar; bağlayıcı, sürtünme düzenleyici, destek malzemesi ve dolgu malzemesidir. Bağlayıcı malzeme olarak genellikle fenolik reçineler kullanılmaktadır. Bu malzemeler balata bünyesinde bulunan hammaddeleri bir arada tutarak kararlı bir matris yapısı oluşturmaktadır. Sürtünme düzenleyici malzemeler grubunda yer alan aşındırıcı ve yağlayıcı malzemeler, balatanın sürtünme katsayısını artırma ve titreşim sönmüleme gibi özellikleri kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Destek malzemesi; balatanın mekanik özelliklerini ve termal dayanıklılığını arttırmak için kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi; maliyeti düşürmek için kullanılmaktadır (Österle vd., 2014; Yavuz ve Bayrakçeken, 2022; Yavuz, 2023)

Günümüzde teknolojidaki gelişmelerle birlikte araçların ağırlık ve hız gibi parametreleri aktif değişim göstermektedir. Bu gelişim, fren sistemlerinin doğaya ve insanlara zarar vermeden, daha etkili ve dinamik çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda güncel fren sistemlerinin yeşil üretimle birlikte çevre ve insan sağlığına zarar vermeden daha etkili ve dinamik şekilde çalışma ihtiyacı doğmaktadır (Bashir vd., 2019; Bashir vd., 2021; Kholil vd., 2021; Pujari ve Srikanan 2019). Bu noktada balata üretim sektöründe kullanılan malzemelerin gelişmesi ve sağlığa zarar vermeyen organik malzemelerin kullanımı ile gerekli ihtiyaçlar karşılanmaktadır. Balata üretiminde kullanılan hammaddeler gerekli ihtiyaçlara göre değiştirilerek yeni kompozit balatalar üretilmektedir. Balataların özelliklerinin incelenmesi ve geliştirilmesi amacıyla balata üretiminde alternatif malzeme kullanımı ile ilgili birçok literatür çalışması bulunmaktadır (Kumar vd., 2019; Gawende vd., 2020; Rajan vd., 2021; Krishnan vd., 2019; Jang vd., 2004).

Bashir vd. (2019) balatanın termal stabilitesini arttırmak amacıyla oluşturdukları formüle 4 farklı oranda (%0, %7, %14 ve %21) muz lifi eklemiş ve balata üretimini gerçekleştirmişlerdir. Üretilen balatalar yüksek sıcaklık ve yüksek yüklemde test edilerek termal stabilitesini TGA (Termogravimetrik analiz) ve DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) ile kontrol etmişlerdir. Yapılan testler sonucunda %7 katkılı balatanın termal stabilitesinin önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir.

Pujari ve Srikanan (2019) sağlığa ve doğaya zararı bulunan asbest yerine hurma çekirdeği, sürtünme katsayısını arttırmak için nil gülü ve aşınma oranını azaltmak içinse buğday lifi kullanarak balata üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ürettikleri balatalara aşınma, yağ ve sertlik testi yaparak elyafların balata üretiminde alternatif olabileceğini belirlemişlerdir.

Kumar vd. (2019) kenevir lifi kullanarak balatanın fiziksel, mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Hazırladıkları formülasyona ağırlıkça %5, %10, %15, %20 oranlarında kenevir lifi ekleyerek 4 farklı formülasyona sahip balata üretimi gerçekleştirmişlerdir. Kenevir lifi oranının artışıyla sertlik, yoğunluk ve kül miktarının azaldığını, ancak sıkıştırılabilirlik, gözeneklilik ve su emme gibi özelliklerinin arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca %5 ağırlıklı kompozitin en yüksek sürtünme performansını, en yüksek solma direncini ve en düşük aşınma sergilediğini saptamışlardır.

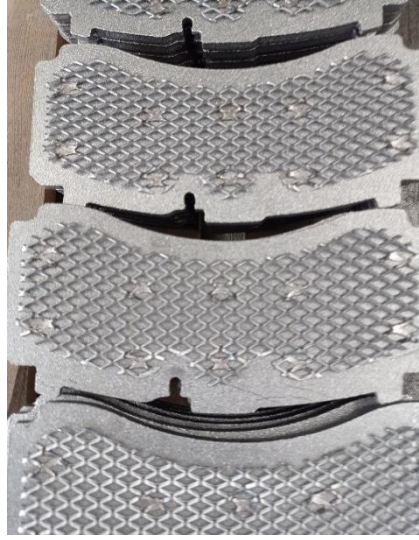
Rajan vd. (2021) hindistan cevizi ve cüruf atıkları ile ürettikleri farklı kombinasyonlardaki balataların tribolojik, fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırdılar. Yapılan analizler sonucunda yoğunluk, sertlik, kayma mukavemeti ve kül miktarının azaldığını saptamışlardır. Ayrıca hindistan cevizi lifinin artmasıyla aşınmanın da arttığını gözlemlemişlerdir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda balata üretiminde kullanılan hammaddelerin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı alternatif hammadde arayışlarına yönelim artmıştır. Balata içerisinde bulunan sarı talaş her ne kadar yüksek ısı iletkenliği, ısı dağılımı ve yüksek sıcaklıklarda yağlama özelliği olsa da hem maliyetli olması hem de içinde bakır olması nedeniyle başta deniz

canlıları olmak üzere çevreye büyük zarar vermektedir (Jang vd., 2004; Kalel vd., 2021). Bu nedenle çalışmamızda Beşer Balataçılık San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde ağır vasıta fren balataları için sarı talaş yerine maliyet düşürmek ve daha çevreci kompleks metal sülfid malzemesi olan Ultimate TS eklenerek yeni formülasyon çalışması yapıldı. Hazırlanan bu formülasyon baz alınarak toz metalürji yöntemi ile Ultimate TS içerikli balata üretimi gerçekleştirildi.

## 2. Materyal ve Metot

Ağır vasıta araçlar için balata sacının pres ile kesimi gerçekleştirildi. Üretilen saclar hazırlanan harman ile yapışma yüzey alanını arttırmak için balata yapışma yüzeyine perfore; punto kaynak ile birleştirildi ve basıldı. Perforeli saclar Şekil 1’de yer almaktadır.



**Şekil 1.** Perforeli sac

Balata üretimi için hazırlanan karışım formülasyonu Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Balata içeriğini oluşturan malzeme ve oranları

<b>Hammadde Adı</b>	<b>Ağırlık (%)</b>
Aramid	0.5-2
Reçine	3-6
Alüminyum Oksit	0.5-2
Çinko Tozu	5-15
Çelik Yünü	30-45
Kükürt	0.5-1
Zirkon Kumu	3-8
Grafit	7-15
Barit	3-5
İnce Petrol Koku	5-10
Antimontrisülfid	2-5
Ultimate TS	2-4

Hazırlanan formülasyonda sarı talaş yerine ağırlık oranı değiştirilmeden Ultimate TS eklenmiştir. Karışım hazırlama işlemi sırasında aramid elyafın hacminin yüksek olması nedeniyle tek başına helezon tipi karıştırıcıda 60 RPM’de 2 dakika karıştırılarak elyafın açılması sağlandı. Ardından diğer hammaddeler eklenerek 6 dakika daha karıştırılarak balata karışımı hazırlandı. Hazırlanan karışımın bulk yoğunluğu, aseton ve kül testleri gerçekleştirilerek karışımın kimyasal özellikleri incelendi.

Karışımın, toz metalürji yöntemi ile sıcak pres cihazı kullanılarak presleme gerçekleştirildi. Pres parametreleri Tablo 2’de yer almaktadır.

**Tablo 2.** Balata presleme parametreleri

Gösterge Basıncı (bar)	150
Deney Basıncı (bar)	495
Sıcaklık (°C)	150

Preslemesi gerçekleştirilen balatalar fırınlama işlemi için 125°C’den kademe kademe 25°C arttırılarak 200°C’ye kadar sıcaklık artışı gerçekleştirilmiş ve 6 saat boyunca fırınlanmıştır. Fırınlama sonrası balataların kimyasal testleri (aseton, kül, yoğunluk ve kalınlık değerleri) ve fiziksel testleri (sürtünme ve aşınma değerleri) gerçekleştirildi. Chase sürtünme cihazı kullanılarak SAE J661 ve TSE 555 standartlarına uygun olarak test edilmiştir (TSE 555, 2019; SAE J661, 2021). Sürtünme ve Aşınma test cihazları Şekil 2 ve 3’te yer almaktadır.



**Şekil 2.** Sürtünme test cihazı ve numune görseli



**Şekil 3.** Aşınma test cihazı ve numune görseli

Sürtünme testi için fırın sonrası balata kare şeklinde kesilerek test numunesi hazırlandı. Numune balatanın aşınma oranlarının belirlenebilmesi için test öncesi ağırlığı ölçüldü. Sürtünme testi öncesi balata numunesine zımpara yardımıyla yüzey alıştırmaya yapıldı. Numune aşınma test cihazına takıldı ve SAE J661 standardına uygun test yapıldı.

Kalınlaşma testi için balatanın disk ile temas etme yüzeyi zımparalandı ve ortam sıcaklığında balatanın 5 farklı noktasından kumpas ile kalınlık ölçümü yapıldı. Kalınlaşma testi için balata 300°C’de 10 dakika boyunca fırında bekletildi ve deney sonrası belirlenen 5 noktadan tekrar ölçülerek kalınlık farkı elde edilmiş ve kalınlaşma oranı bulunmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Fren Balatasının Kimyasal Özellikleri

Balatanın kimyasal özellikleri, içinde bulunan hammadde bileşiklerine ve üretim parametrelerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu durum aracın performansını, aşınma direncini ve sürtünme katsayısı gibi özelliklerini etkilemektedir. Tablo 3’te balatanın fırınlama öncesi ve sonrası yapılan kimyasal test sonuçlarına yer verilmiştir.

**Tablo 3.** Karışımın kimyasal özellikleri

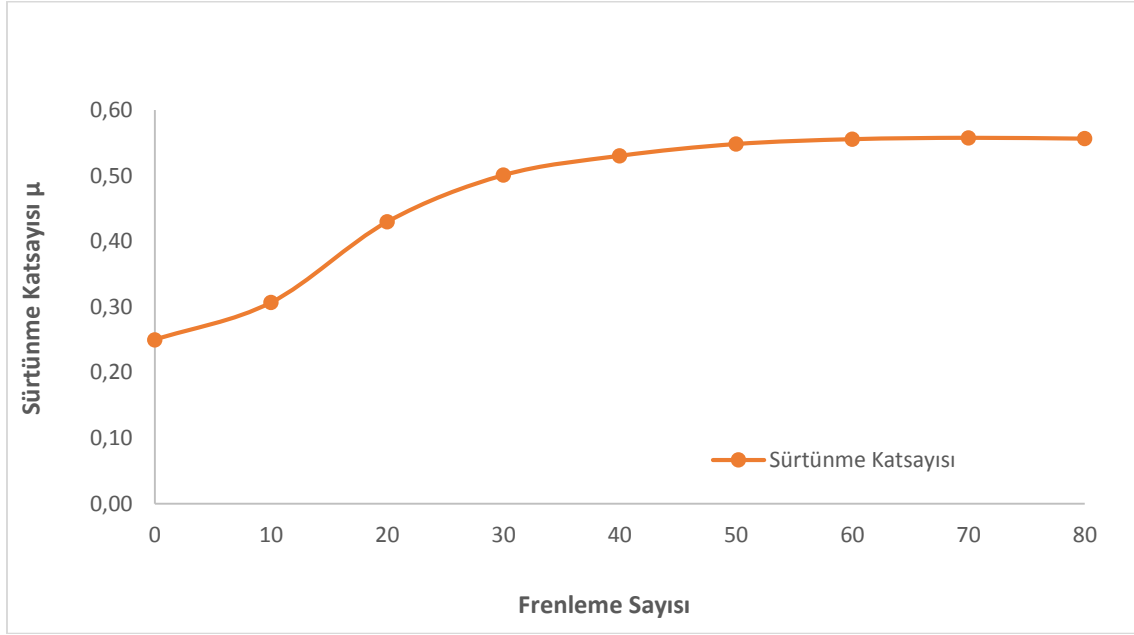
Yapılan Analiz	Fırın Öncesi	Fırın Sonrası
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	2.85	2.78
Aseton Ext. (%)	7.80	1.74
Kül miktarı (%)	86.11	87.57
Kalınlaşma (%)	-	0.32

Kalınlaşma testi sonucu %0.32 bulunmuştur. Referans alınan standartta maksimum kalınlaşma %1 olarak verilmiştir. Balata kalınlaşmasının elde edilen test sonucu standart değer aralığında olduğu saptanmıştır (TS 555, 2019).

#### 3.2. Fren Balatasının Performans Testleri

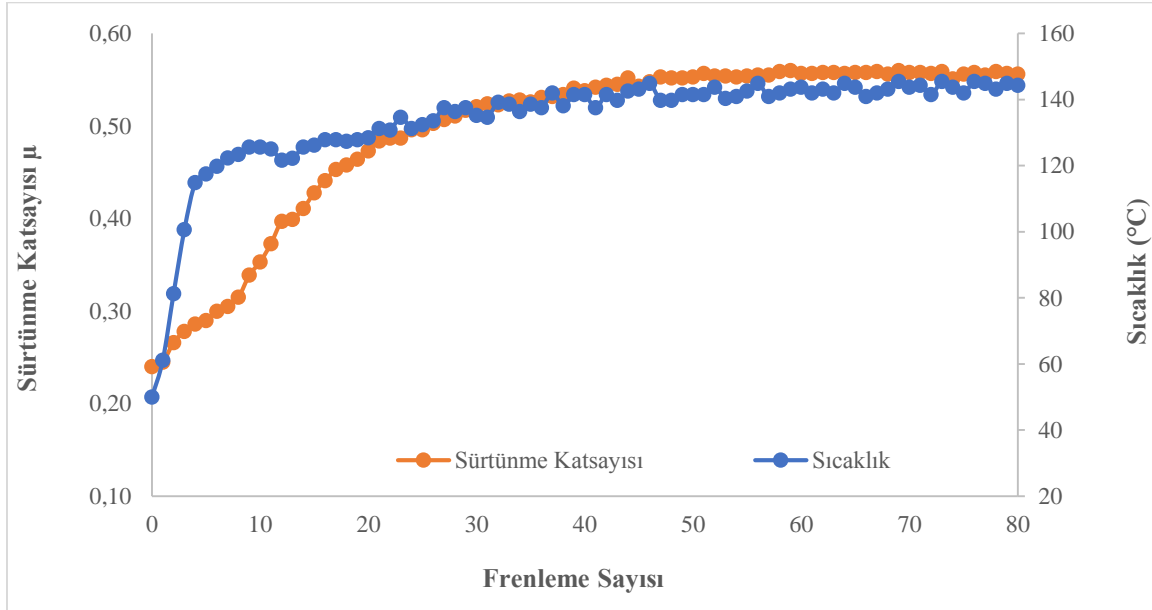
Sarı talaş yüksek ısı iletkenliği ve yüksek mukavemet özelliklerine sahip olması nedeniyle balatanın sürtünme ve aşınma değerleri için önemli rol oynamaktadır. Fakat yüksek maliyetli ve sağlık açısından tehlike arz etmesi nedeniyle ağır vasıta fren balata içeriğinde ilerleyen süreçte çıkarılacağı düşünülen malzemedir (Barros vd., 2019). Yapılan çalışmada sarı talaş malzemesine alternatif olarak TS Ultimate malzemesi kullanılmıştır. Şekil 4’te üretilen balatanın frenleme sayısına bağlı olarak sürtünme katsayısı değişimi yer almaktadır.

Balatanın sürtünme katsayısını belirlemek için 80 frenleme yapılmıştır. Sürtünme katsayısının frenleme sayısına karşılık gelen değerler incelendiğinde (Şekil 4) 60 frenlemeye kadar sürtünme katsayısında artış gözlenmektedir. 60 frenlemeden sonra balatanın sürtünme katsayı değeri 80 frenlemeye yaklaştıkça stabil hale gelmiş ve 80 frenleme sonucu sürtünme katsayısı ortalama 0.49 olarak bulunmuştur. Balatanın 0.49 sürtünme katsayısı ortalaması ile G sürtünme sınıfında olduğu belirlenmiştir (SAE J661, 2021).



Şekil 4. Balata sürtünme katsayısı

Frenleme ile birlikte balatanın diske temas etmesiyle disk sıcaklığı artmakta ve sürtünme katsayısının stabil değerlere ulaşması ile birlikte diskte oluşan sıcaklıkta stabil hale gelmektedir. Şekil 5'te sürtünme katsayısının diskte oluşan sıcaklık ile karşılaştırılması yer almaktadır.



Şekil 5. Sürtünme katsayısı-sıcaklık karşılaştırılması

Şekil 5 incelendiğinde; frenleme işlemi gerçekleştirildiğinde sürtünmeden kaynaklı sıcaklıkta ani artış gözlemlenmiştir. Balatanın disk yüzeyine alışması ve sürtünme katsayısının stabil değere ulaşması ile sıcaklık değeri ortalama 133°C olarak ölçülmüştür. Sürtünme katsayısında gerçekleşen dalgalanmalar, frenleme anında kalınlık nedeniyle sıcaklığın sürekli değişmesinden kaynaklanmaktadır. Bu etki, elde edilen değerlerin sürekli olarak azalmasına ve artmasına neden olmaktadır (Sugözü, 2018). Aşınma testi öncesi ve sonrasında balatanın kalınlığı ve ağırlığı ölçülmüş ve aşınma miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'te yer almaktadır.



**Tablo 4.** Balatanın aşınma testi öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri

	Ağırlık (g)	Kalınlık (mm)
Aşınma öncesi	78.47	10.06
Aşınma sonrası	77.40	9.94
Fark	1.07	0.12

Gerçekleştirilen deney sonrası balatanın ağırlığında %1.13, kalınlığında ise %1.19 azalma gözlemlenmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, maliyeti yüksek olan ve içerisinde bakır bulunması nedeniyle doğaya zararı bulunan sarı talaşın balatada kullanımının kaldırılması ve yerine alternatif malzeme olarak düşünülen Ultimate TS malzemesinin kullanımı gerçekleştirilmiştir. Ultimate TS içerikli balata üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen balatanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için testler gerçekleştirilmiş ve sürtünme sınıfı belirlenmiştir. Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Ultimate TS malzemesinin yoğunluğu  $4.4 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Bakır'ın yoğunluğundan az olması nedeniyle balata yoğunluğunda azalma meydana gelmiştir. Fakat elde edilen balata yoğunluğu standart değerlerdedir.
- Kalınlaşma testi %0.32 olarak bulunmuştur. Balata kalınlaşma değeri %1'in altında olduğu için standart değerler içerisindedir.
- Performans testleri sonucunda balatanın sürtünme katsayısının belirli bir frenleme sayısından sonra sabit kaldığı belirlenmiştir.
- Sürtünme testi sonucunda ağırlığın %1.13, kalınlığın ise %1.19 azaldığı gözlemlenmiştir.
- Ağır vasıta fren balatalarında binek balatalara kıyasla sürtünme kuvvetinin daha yüksek olması beklenmektedir. Performans testleri sonucunda ortalama sürtünme katsayısı 0.49 olarak bulunmuştur ve G sürtünme sınıfında yer almaktadır.
- Ağır vasıta fren balatalarında Ultimate TS malzemesinin kullanılması frenleme performansını olumlu etkilemiştir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Kaynaklar

Barros, B.R., Poletto, J.C., Neis, P.D., Ferreira, N.F. & Pereira C.H.S. (2019). Influence of Copper on Automotive Brake Performance. *Wear* 426-427, 741-749.

Bashir, M., Qayoum, A. & Saleem, S.S. (2019). Influence of Lignocellulosic Banana Fiber on The Thermal Stability of Brake Pad Material. *Materials Research Express* 6(11), 115551.

Bashir, M., Qayoum, A. & Saleem, S.S. (2021). Experimental Investigation of Thermal and Tribological Characteristics of Brake Pad Developed from Eco- Friendly Materials. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion* 7(66), 13.

Borawski, A. (2019). Common Methods in Analysing The Tribological Properties of Brake Pads and Discs- A Review. *Acta Mechanica et Automatica* 13(3), 189-199.

- Borawski, A. (2022). Testing Passenger Car Brake Pad Exploitation Time's Impact on The Values of The Coefficient of Friction and Abrasive Wear Rate Using a Pin-on-Disc Method. *Materials* 15(6), 1991.
- Gawende, S.H., Raibhole, V.N. & Banait A.S. (2020). Study on Tribological Investigations of Alternative Automotive Brake Pad Materials. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion* 6(93), 10.
- Gong, X., Ge, W., Yan, J., Zhang, Y. & Gongye, X. (2020). Review on The Development, Control Method and Application Prospect of Brake-by-Wire Actuator. *Actuators* 9(1), 15.
- Jang, H., Ko, K., Kim, S.J., Basch, R.H. & Fash, J.W. (2004). The Effect of Metal Fibers on The Friction Performance of Automotive Brake Friction Materials. *Wear* 256(3-4), 406-414.
- Kalel, N., Bhatt, B., Darpe, A. & Bijwe, J. (2021). Copper-Free Brake-Pads: A Break-Through by Selection of The Right Kind of Stainless Steel Particles. *Wear* 464-465, 11.
- Kholil, A., Dwiayati, S.T., Wirawan, R. & Elvin, M. (2021). Brake Pad Characteristics of Natural Fiber Composites from Coconut Fibre and Wood Powder. *Journal of Physics: Conference Series* 2019, 7.
- Krishnan, G.S., Babu L.G., Pradhan, R. & Kumar, S. (2019). Study on Tribological Properties of Palm Kernel Fiber for Brake Pad Applications. *Materials Research Express* 7(1), 7.
- Kumar, N., Singh, T., Grewal, J.S., Patnaik, A. & Fekete, G. (2019). Experimental Investigation on The Physical, Mechanical and Tribological Properties of Hemp Fiber-Based Non-Asbestos Organic Brake Friction Composites. *Materials Research Express* 6(8), 11.
- Österle, W., Deutsch, C., Gradt, T., Orts-Gil, G., Schneider, T. & Dmitriev, A.I. (2014). Tribological Screening Tests for The Selection of Raw Materials for Automotive Brake Pad Formulations. *Tribology International* 73, 148-155.
- Rajan, R., Tyagi, Y.K. & Singh, S. (2021). Waste and Natural Fiber Based Automotive Brake Composite Materials: Influence of Slag and Coir on Tribological Performance. *Polymer Composites* 43(3), 1508-1517.
- SAE J661, (2021), Brake Lining Quality Test Procedure, SAE International, Warrendale, USA.
- Pujari, S. & Srikanan, S. (2019). Experimental Investigations on Wear Properties of Palm Kernel Reinforced Composites for Brake Pad Applications. *Defence Technology* 15, 295-299.
- Sugözü, B. (2018). Investigation of Ulexite Usage in Automotive Brake Friction Materials. *Turkish Journal of Engineering* 2(3), 125-129.
- TS 555, (2019), Karayolu Taşıtları-Fren Sistemleri-Balatalar- Sürtünmeli Frenler için Balatalar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yavuz, H. & Bayrakçeken, H. (2022). Investigation of Friction and Wear Behavior of Composite Brake Pads Produced with Huntite Mineral. *International Journal of Automotive Science and Technology* 6(1), 9-16.
- Yavuz, H. (2023). An Experimental Case Study on The Comparison of The Use of Micronized Quartz and Alumina in Brake Pads. *Turkish Journal of Nature and Science* 12(3), 9-14. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1291333>.

Araştırma Makalesi / Research Article

## Gıda Sektöründe Kullanılan Bazı Kimyasalların Honduras Rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) Ahşabında Renk Açma Kimyasalı Olarak Kullanılması Üzerine Bir Çalışma

Ümit AYATA<sup>1\*</sup>, Elif Hümeýra BİLGİNER<sup>2</sup>, Osman ÇAMLİBEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Peyzaj Anabilim Dalı, Bayburt, TÜRKİYE

<sup>2</sup> KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya, TÜRKİYE

<sup>3</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekân Tasarımı Pr., Kırıkkale, TÜRKİYE

umitayata@bayburt.edu.tr, elifbilginer46@gmail.com, osmancamlibel@kku.edu.tr

Received/Geliş Tarihi: 18.03.2024

Accepted/Kabul Tarihi: 03.05.2024

**Özet:** Bu çalışmada, gıda sektöründe kullanılan bazı kimyasalların (karbonat, alıç ve üzüm sirkesi) Honduras Rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) ahşabında (öz ve diri odun kısımları üzerinde) renk açma kimyasalı olarak kullanılmış olup, meydana gelen yüzey değişimleri araştırılmıştır. Muamele edilmiş ve edilmemiş yüzeylere ait sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır. Sonuçlara göre, varyans analizleri bütün testler üzerinde anlamlı olarak tespit edilmiştir.  $\Delta E^*$  değerleri öz odunda üzüm sirkesi + karbonat ile 5.35 ve alıç sirkesi + karbonat ile 3.41 bulunurken, diri odunda üzüm sirkesi + karbonat ile 8.41 ve alıç sirkesi + karbonat ile 8.48 olarak belirlenmiştir. İki farklı çözelti ile öz ve diri odunda  $L^*$  değerlerinde azalışlar belirlenirken,  $b^*$  değerlerinde artışlar görülmüştür.  $a^*$  değerinde öz ve diri odunlarda üzüm sirkesi + karbonat çözeltisi ile artarken, alıç sirkesi + karbonat çözeltisi ile azalmıştır. Buna ek olarak her iki yönde  $WI^*$  değerleri öz ve diri odunlarda hazırlanan çözeltiler ile azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beyazlık indeksi, *Dalbergia stevensonii* Standl., Honduras Rosewood, Karbonat, Renk, Sirke

### A Study on the Use of Some Chemicals Used in the Food Sector as Color-Changing Chemical for Honduras Rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) Wood

**Abstract:** In this study, certain chemicals used in the food industry (carbonate, hawthorn, and grape vinegar) were employed for color lightening purposes on Honduras Rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) wood (on both heartwood and sapwood sections), and the resulting surface changes were investigated. The results of treated and untreated surfaces were compared with each other. According to the results, variance analyses revealed significant differences across all tests. In heartwood, the  $\Delta E^*$  values were determined as 5.35 for grape vinegar (A) + carbonate and 3.41 for hawthorn vinegar (B) + carbonate. In sapwood, the  $\Delta E^*$  values were determined as 8.41 for grape vinegar (A) + carbonate and 8.48 for hawthorn vinegar (B) + carbonate. A decrease in  $L^*$  values and an increase in  $b^*$  values were observed in both heartwood and sapwood with two different solutions. In heartwood and sapwood, the  $a^*$  values increased with grape vinegar (A) + carbonate solution, while they decreased with hawthorn vinegar (B) + carbonate solution. Additionally, in both directions, the  $WI^*$  values decreased in heartwood and sapwood with the solutions prepared.

**Keywords:** Carbonate, Color, *Dalbergia stevensonii* Standl., Honduras Rosewood, Vinegar, Whiteness index

#### 1. Giriş

Ahşap, birkaç fiziksel özelliği nedeniyle umut verici bir inşaat malzemesidir. Yüksek mukavemet-ağırlık oranına sahip hafiftir. Yangın durumlarında oldukça öngörülebilir davranış sergiler, deprem

bölgelerinde iyi performans gösterir. Düşük çevresel etkiye sahiptir ve prefabrik binalar için kullanımı kolaydır (Wimmers, 2017).

Aydınlatmanın etkisiyle ahşabın renk değişimi, ahşabın rengini değiştiren ekstraktifler olan kinonların üretimi ile ilişkilidir. Bu, oksidasyonla ligninin bozulmasından sonra başlar. Bu nedenle, yumuşak odunlara göre sert odunlar, daha düşük lignin içeriğinden dolayı renk değişimine karşı daha dirençli olarak kabul edilir (Mitsui ve Tsuchikawa, 2005).

Sirke genellikle yemek hazırlığında baharat ve koruyucu olarak kullanılır ve bazen içecek olarak da tüketilir (Teskaye vd., 2002). Sirke, dünya çapında sadece birkaç asidik sosdan biridir. Hammaddelerine göre, sirke genellikle tahıl sirkesi olarak düşünülebilir, buğday, pirinç, sorgum veya diğer tahılların ham maddeler olarak kullanıldığı tahıl sirkesi veya meyve sirkesi olarak, üzüm veya elma gibi meyvelerin hammaddeler olarak kullanıldığı meyve sirkesi şeklinde olabilir (Chen vd., 2016). Sirke genellikle melas, hurma, elma ve şarap gibi hammaddelerden yapılmaktadır (Johnston ve Gaas, 2006; Antoniewicz vd., 2022).

Karbonat, birçok toprağın doğal bir bileşenidir ve genellikle kalsit olarak  $\text{CaCO}_3$  (kalsit) veya  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  (dolomit) gibi az çözünen, alkali toprak karbonatları olarak mevcuttur. Kalsit veya dolomitik kireçtaşları, killi topraklar üzerinde değişiklikler yapmak için sıklıkla kullanılır. Kireçtaşı parçacıkları veya pedolojik karbonatlar şeklinde olsun, karbonat mineralleri genellikle toprak içinde homojen olarak dağılmazlar. Bu nedenle, karbonat için analiz edilecek tüm toprak örnekleri, alt örnekleme hatalarını en aza indirmek için ince öğütülmelidir (Allison ve Moodie, 1965).

Pantropikal *Dalbergia* L.f. cinsine ait ağaç türleri, yerel ve uluslararası kereste pazarlarında uzun süredir büyük ilgi görmektedir. Olağanüstü güzellikleri ve mükemmel fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle, bazıları tercih edilen keresteler olarak 300 yıldan fazla bir süredir ticarete bilinmektedir ve her türlü dolap işi, kaliteli mobilya, kesici aletler ve müzik aletleri için tercih edilmektedir. Dünya genelinde tropikal bölgelere yayılmış yaklaşık 100 *Dalbergia* ağacı ve çalısı türü bulunmaktadır (Mabberley, 1987; Richter vd., 1996).

Gül ağacı türleri, dokularıyla çok çeşitli renk tonları sunmaları nedeniyle ahşap işleme endüstrisinde büyük takdir görürler; kahverengi, mor-kahverengi, kırmızı, kıvrıklık-kahverengi, kıvrıklık-mor, siyah, açık kırmızı, açık mor ve sarı gibi. Gül ağacının mekanik ve fiziksel özellikleri endüstriyel kullanım veya çeşitli özel ahşap ürünlerin üretimi (örneğin, müzik aletleri) için son derece uygundur (Çulık vd., 2015).

Honduras rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) iyi teknik nitelikleri, renk ve lif bakımından zenginliği ve genellikle hoş kokusu ile tüm dünyada marangoz ve diğerleri tarafından bilinen yaklaşık 15 gül ağacı kerestesinden oluşan bir gruptan birisidir. Gül ağaçları Orta Amerika'nın en önemli ağaçları arasındadır. Tropikal Amerika'da en az yedi tür ve muhtemelen daha fazlası ekonomik öneme sahiptir. Bunlardan birisi olan, Honduras gül ağacı, ticarete en az 100 yıldır bilinmektedir (Record ve Hess, 1943).

Ağaç 15 ila 30 m yüksekliğe ulaşır ve genellikle yerden yaklaşık 6 veya 7,5 m çatallanır. Gövde yivlidir. Kaba kâğıt kabuğu yaklaşık 0,6 cm kalınlığındadır. Pullu dış kısım rengi soluk kahverengimsi griden soluk sarı-kahverengimsi griye değişir. Yeni kesildiğinde kabuğun kendine özgü bir kokusu ve biraz acı bir tadı vardır. Kurutulmuş ağaç kabuğu kolayca ince bir katı dış katmana ve alışılmadık benekli bir iç kısma ayrılır (Stevenson, 1927). Ağaçların çapı 0,9 m'ye ulaşır (Anonim, 1955).

Odun çok sert ve ağırdır. Diri odun genellikle 2,5 ila 5 cm kalınlığındadır ve öz odundan keskin bir şekilde çizilmiştir. İlk kesildiğinde sarı damar çizgileriyle işaretlenmiştir (Anonim, 1945). Ahşabın

kontrol etme ve ayrılma eğilimi göstererek yavaşça olgunlaştığı bildirilmektedir. Orman Ürünleri Araştırma Laboratuvarı Fırın Programı 3 tavsiye etmektedir (Stevens ve Pratt, 1952).

Sertlik bu kerestenin işlenmesini biraz zorlaştırır. Kesilmesi ve işlenmesi orta derecede zordur; kesme kenarlarını diğer birçok ağaçtan daha kolay matlaştırır. İyi düzlemseldir ancak planya sırasında titreşimi önlemek için güvenli bir şekilde tutulmalıdır. Özellikle kenetlenmiş veya dalgalı damarlı ahşap için planya bıçaklarında 20 derecelik bir kesme açısı önerilir. Çok yağlı örneklerle ilgili bazı sorunlar dışında mükemmel tornalama ve iyi bitirme sağlar. Ancak yüksek doğal cila almaz (Woods, 1951).

Yoğunluğu nedeniyle, tür, çalgı aletlerinin üretimi için ideal olması nedeniyle uluslararası talebi yüksek olduğu bildirilmiştir. Kemanlar için parmak tahtaları ve hatta bıçak sapları gibi kullanım alanlarına sahiptir (Flynn, 1994). Öz odun, zeminle temas halinde oldukça dayanıklıdır (Horn, 1918; Record, 1942).

Ahşabında; vesseller arası engel çapı 8-10 µm (Richter vd., 1996), radyal yönde daralma %2,90, teğet yönde daralma %4,60, boyuna yönde daralma %0,34 ve hacimsel daralma %8,50 (Wangaard vd., 1955), lif boyunca ses hızı 4936 m/s, akustik özelliği  $m^4.kg^{-1}.s^{-1}$ , elastikiyet modülü 24190 MPa, yoğunluğu 992 kg/m<sup>3</sup> (Danigelova vd., 2015) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, gıda sektöründe kullanılan karbonat ve sirke (alıç ve üzüm) kimyasallarının Honduras Rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) ahşabı üzerinde (öz ve diri odun kısımları üzerinde) renk açma işlemi olarak kullanılması sonrasında elde edilen yüzey değişimleri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ahşap Malzeme

Honduras Rosewood (*Dalbergia stevensonii* Standl.) odunu 100 x 100 x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (20±2°C ile %65 bağıl nem) (ISO 554, 1976).

#### 2.1.2. Gıda Sektöründe Kullanılan Bazı Kimyasallar

Karbonat ve farklı 2 tür sirke [üzüm (sodyum metabisülfid katkılı) ve alıç (doymuş şeker %0,17, karbonhidrat %1, yağ %0,05, tuz %0,07, doymuş yağ %0,02 ve protein %0,30)] kimyasalları bu çalışmada kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Renk Değişirme Uygulamasının Yapılması

2 farklı türde hazırlanan çözeltiler [50 ml üzüm sirkesi + 5 gr karbonat ve 50 ml alıç sirkesi + 5 gr karbonat] bir fırça yardımıyla ahşap malzeme yüzeylerine tek kat olarak uygulanmıştır.

#### 2.2.2. Shore D Sertlik Değerinin Belirlenmesi

Shore D sertlik değeri shore metre cihazında (ASTM D 2240, 2010) yapılmıştır.

### 2.2.3. Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Renk değişimleri, CS-10 cihazı kullanılarak ölçülmüştür (ASTM D 2244-3, 2007). Literatürde  $\Delta C^*$ : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve  $\Delta H^*$ : ton bölümü veya gölge farkı olarak tanımlanmıştır (Lange, 1999).  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999) Tablo 1’de ve  $\Delta E^*$  değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.**  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999)

Parametre	Pozitif durumda	Negatif durumda
$\Delta L^*$	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
$\Delta a^*$	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
$\Delta b^*$	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
$\Delta C^*$	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık

Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^* / a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş}} - C^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş}} - a^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş}} - L^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş}} - b^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

**Tablo 2.**  $\Delta E^*$  değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ )	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

### 2.2.4. Beyazlık İndeksi ( $WI^*$ ) Özelliklerinin Belirlenmesi

Whiteness Meter BDY-1 cihazında beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015).

### 2.3. İstatistiksel Analiz

Bir istatistik programı ile standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalama değerleri, homojenlik grupları, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün testler üzerinde odun kısmı (A), çözelti türü (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 4’te beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ve renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları sunulmaktadır.

**Tablo 3.** Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Odun Kısmı (A)	Işıklılık ( $L^*$ )	7480.103	1	7480.103	20155.575	0.000*
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	226.204	1	226.204	3060.520	0.000*
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	1582.094	1	1582.094	9773.964	0.000*
	Kroma ( $C^*$ )	995.441	1	995.441	5970.690	0.000*
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	6919.997	1	6919.997	9424.735	0.000*
	Beyazlık indeksi $\perp$	2381.400	1	2381.400	29120.380	0.000*
	Beyazlık indeksi $\parallel$	926.694	1	926.694	15054.596	0.000*
Çözelti Türü (B)	Işıklılık ( $L^*$ )	299.908	2	149.954	404.059	0.000*
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	27.210	2	13.605	184.077	0.000*
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	159.834	2	79.917	493.717	0.000*
	Kroma ( $C^*$ )	159.526	2	79.763	478.422	0.000*
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	231.769	2	115.884	157.830	0.000*
	Beyazlık indeksi $\perp$	674.044	2	337.022	4121.193	0.000*
	Beyazlık indeksi $\parallel$	287.737	2	143.869	2337.217	0.000*
Etkileşim (AB)	Işıklılık ( $L^*$ )	27.171	2	13.585	36.607	0.000*
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	2.113	2	1.057	14.296	0.000*
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	131.919	2	65.959	407.489	0.000*
	Kroma ( $C^*$ )	132.658	2	66.329	397.843	0.000*
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	39.904	2	19.952	27.174	0.000*
	Beyazlık indeksi $\perp$	157.764	2	78.882	964.590	0.000*
	Beyazlık indeksi $\parallel$	146.572	2	73.286	1190.567	0.000*
Hata	Işıklılık ( $L^*$ )	20.040	54	0.371		
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	3.991	54	0.074		
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	8.741	54	0.162		
	Kroma ( $C^*$ )	9.003	54	0.167		
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	39.649	54	0.734		
	Beyazlık indeksi $\perp$	4.416	54	0.082		
	Beyazlık indeksi $\parallel$	3.324	54	0.062		
Toplam	Işıklılık ( $L^*$ )	169941.407	60			
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	3011.389	60			
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	22154.257	60			
	Kroma ( $C^*$ )	25169.198	60			
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	280336.386	60			
	Beyazlık indeksi $\perp$	14544.880	60			
	Beyazlık indeksi $\parallel$	5226.760	60			
Düzeltilmiş Toplam	Işıklılık ( $L^*$ )	7827.222	59			
	Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	259.519	59			
	Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	1882.587	59			
	Kroma ( $C^*$ )	1296.628	59			
	Ton ( $h^\circ$ ) açısı	7231.319	59			
	Beyazlık indeksi $\perp$	3217.624	59			
	Beyazlık indeksi $\parallel$	1364.327	59			

\*: Anlamlı

**Tablo 4.** Ölçüm sonuçları

Test	Odun Kısmı	Çözelti Türü	Ölçüm Sayısı	Ortalama Sonuçlar	Değişim Oranı (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum Ölçüm	Maksimum Ölçüm	Varyasyon Katsayısı
$L^*$	Öz	Kontrol (uygulama yok)	10	43.63	-	D	0.44	43.14	44.54	1.00
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	38.36	↓12.08	F**	0.50	37.26	39.09	1.29
		Alıç sirkesi + karbonat	10	40.45	↓7.29	E	0.48	39.74	41.15	1.19
	Diri	Kontrol (uygulama yok)	10	66.62	-	A*	1.01	65.24	67.97	1.51
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	61.92	↓7.05	B	0.43	61.20	62.71	0.69
		Alıç sirkesi + karbonat	10	60.90	↓8.59	C	0.60	59.84	61.64	0.98
$a^*$	Öz	Kontrol (uygulama yok)	10	8.83	-	B	0.28	8.13	9.09	3.13
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	9.69	↑9.74	A*	0.31	9.30	10.25	3.22
		Alıç sirkesi + karbonat	10	7.63	↓13.59	C	0.25	7.13	7.94	3.34
	Diri	Kontrol (uygulama yok)	10	4.70	-	E	0.29	4.32	5.06	6.07
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	5.52	↑17.45	D	0.21	5.12	5.91	3.87
		Alıç sirkesi + karbonat	10	4.28	↓8.94	F**	0.28	3.73	4.64	6.53
$b^*$	Öz	Kontrol (uygulama yok)	10	13.04	-	E**	0.23	12.51	13.35	1.76
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	13.44	↑3.07	D	0.27	13.03	13.86	1.99
		Alıç sirkesi + karbonat	10	13.26	↑1.69	DE	0.45	12.53	13.85	3.36
	Diri	Kontrol (uygulama yok)	10	19.13	-	C	0.49	18.26	19.75	2.54
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	26.05	↑36.17	A*	0.58	25.33	27.23	2.22
		Alıç sirkesi + karbonat	10	25.37	↑32.62	B	0.28	24.89	25.84	1.11
$C^*$	Öz	Kontrol (uygulama yok)	10	15.75	-	E	0.26	15.18	16.03	1.66
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	16.57	↑5.21	D	0.21	16.26	16.99	1.29
		Alıç sirkesi + karbonat	10	15.30	↓2.86	F**	0.42	14.54	15.85	2.73
	Diri	Kontrol (uygulama yok)	10	19.70	-	C	0.53	18.76	20.39	2.71
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	26.63	↑35.18	A*	0.60	25.84	27.86	2.26
		Alıç sirkesi + karbonat	10	25.73	↑30.61	B	0.25	25.31	26.17	0.99
$h^o$	Öz	Kontrol (uygulama yok)	10	55.90	-	E	0.91	55.14	58.29	1.63
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	54.21	↓3.02	F**	1.21	51.92	56.08	2.23
		Alıç sirkesi + karbonat	10	60.07	↑7.46	D	1.11	58.62	62.61	1.85
	Diri	Kontrol (uygulama yok)	10	76.20	-	C	0.55	75.47	77.01	0.72
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	78.00	↑2.36	B	0.35	77.44	78.56	0.45
		Alıç sirkesi + karbonat	10	80.43	↑5.55	A*	0.68	79.44	81.69	0.84
$WT^* \perp$	Öz	Kontrol (uygulama yok)	10	9.76	-	D	0.20	9.40	9.90	2.00
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	5.22	↓46.52	F**	0.08	5.10	5.30	1.51
		Alıç sirkesi + karbonat	10	7.34	↓24.80	E	0.05	7.30	7.40	0.70
	Diri	Kontrol (uygulama yok)	10	26.94	-	A*	0.61	26.30	28.00	2.26
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	15.74	↓41.57	C	0.22	15.40	15.90	1.38
		Alıç sirkesi + karbonat	10	17.44	↓35.26	B	0.16	17.20	17.60	0.90
$WT^* \parallel$	Öz	Kontrol (uygulama yok)	10	5.84	-	D	0.20	5.50	6.00	3.44
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	2.66	↓54.45	F**	0.05	2.60	2.70	1.94
		Alıç sirkesi + karbonat	10	3.78	↓35.27	E	0.15	3.60	3.90	4.10
	Diri	Kontrol (uygulama yok)	10	15.84	-	A*	0.24	15.40	16.00	1.49
		Üzüm sirkesi + karbonat	10	12.80	↓19.19	B	0.32	12.20	13.00	2.50
		Alıç sirkesi + karbonat	10	7.22	↓54.42	C	0.38	6.80	7.60	5.26

\*: En yüksek sonuç, \*\*: En düşük sonuç

Oduna ait her iki kısımda da uygulanan iki farklı çözelti ile  $L^*$  değerlerinde azalmalar elde edilmiştir. Diri oduna ait  $L^*$  değerleri öz oduna ait değerlerininkinden yüksek bulunmuştur. En yüksek azalma oranı diri oduna uygulanmış alıç sirkesi + karbonat çözeltisinde (%8.59) belirlenirken, en düşük azalma oranı ise yine diri oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisinde (%7.05) elde edilmiştir. Öz odunda en yüksek azalma oranı öz oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisinde (%12.08) belirlenirken, en düşük azalma oranı ise alıç sirkesi + karbonat çözeltisinde (%7.29) elde edilmiştir.  $L^*$  değeri en yüksek olarak diri oduna ait kontrol örneklerinde 66.62 olarak



bulunurken, en düşük öz oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisinde 38.36 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

$b^*$  değeri en yüksek olarak diri oduna uygulanmış alıç sirkesi + karbonat çözeltisine ait örnekler üzerinde 26.05 olarak bulunurken, en düşük sonuç öz odun kontrol örneklerinde 13.04 olarak belirlenmiştir. En yüksek artış oranı diri oduna uygulanmış alıç sirkesi + karbonat çözeltisinde (%36.17) belirlenirken, en düşük artış oranı ise öz oduna uygulanmış alıç sirkesi + karbonat çözeltisinde (%1.69) elde edilmiştir. Oduna ait her iki kısımda da uygulanan iki farklı çözelti ile  $b^*$  değerlerinde artışlar elde edilmiştir. Diri oduna ait  $b^*$  değerleri öz oduna ait değerlerinininkinden yüksek tespit edilmiştir (Tablo 4).

$a^*$  değerlerine bakıldığında, alıç sirkesi + karbonat çözeltisinin muamele edilmesiyle öz ve diri odun kısımlarında azalmalar görülürken, üzüm sirkesi + karbonat çözeltisinin muamele edilmesiyle öz ve diri odun kısımlarında artışlar elde edilmiştir. Öz oduna ait  $a^*$  değerleri diri oduna ait değerlerinininkinden yüksek belirlenmiştir.  $a^*$  değeri en yüksek olarak öz oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisine ait örnekler üzerinde 9.69 olarak tespit edilirken, en düşük sonuç diri oduna uygulanmış alıç sirkesi + karbonat çözeltisinde 4.28 olarak elde edilmiştir (Tablo 4).

Diri oduna uygulanan iki farklı çözelti ile  $C^*$  değerlerinde artışlar belirlenmiştir. Öz odunda ise üzüm sirkesi karışımı ile artış ve alıç sirkesi karışımı ile azalış tespit edilmiştir. Diri oduna ait  $C^*$  değerleri öz oduna ait değerlerinininkinden yüksek bulunmuştur. En yüksek artış oranı diri oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisinde (%35.18) belirlenirken, en düşük artış oranı ise öz oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisinde (%5.21) elde edilmiştir.  $C^*$  değeri en yüksek olarak diri oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisine ait örnekler üzerinde 26.63 olarak tespit edilirken, en düşük sonuç öz odunda alıç sirkesi + karbonat çözeltisine ait örnekler üzerinde 15.30 olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

$h^o$  için en yüksek artış oranı öz oduna uygulanmış alıç sirkesi + karbonat çözeltisinde (%7.46) belirlenirken, en düşük artış oranı ise diri oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisinde (%2.36) elde edilmiştir.  $h^o$  değeri en yüksek olarak diri oduna uygulanmış alıç sirkesi + karbonat çözeltisine ait örnekler üzerinde 80.43 olarak bulunurken, en düşük sonuç öz oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisine ait örnekler üzerinde 54.21 olarak belirlenmiştir. Diri oduna ait  $h^o$  parametrelerine ait sonuçları öz oduna ait değerlerinininkinden yüksek olarak belirlenmiştir. Diri odun kısmında iki farklı çözelti ile  $h^o$  değerlerinde artışlar elde edilmiştir (Tablo 4).

$WI^*$  değerlerine bakıldığında her iki yöndeki azalmalar belirlenmiştir.  $WI^*$  her iki yöndeki değerleri diri oduna ait sonuçlar öz oduna ait değerlerinininkinden yüksek bulunmuştur.  $WI^*$  değerlerinde her iki yöndeki en düşük sonuç öz oduna uygulanmış üzüm sirkesi + karbonat çözeltisine ait örnekler üzerinde ( $\perp$ : 5.22 ve  $\parallel$ : 2.66) tespit edilirken, en yüksek sonuç diri odun kontrol örneklerinde ( $\perp$ : 26.94 ve  $\parallel$ : 15.84) elde edilmiştir (Tablo 4).

Hesaplanmış olan toplam renk farklılıkları için sonuçlar Tablo 5'te sunulmaktadır.  $\Delta E^*$  değerleri öz odunda üzüm sirkesi + karbonat ile 5.35 ve alıç sirkesi + karbonat ile 3.41 belirlenirken, diri odunda ise üzüm sirkesi + karbonat ile 8.41 ve alıç sirkesi + karbonat ile 8.48 olarak bulunmuştur.  $\Delta L^*$  değerleri bütün çözelti ve odun kısımlarında negatif (referanstan daha koyu) olarak tespit edilirken,  $\Delta b^*$  değerleri pozitif (referanstan daha sarı) olarak bulunmuştur (Tablo 5).

$\Delta C^*$  değerleri diri odunda her iki çözelti ile pozitif (referanstan daha sarı) olarak tespit edilmiştir.  $\Delta a^*$  değerleri ise öz ve diri odunlarda alıç sirkesi + karbonat çözeltisi ile negatif (referanstan daha yeşil) olarak elde edilirken, üzüm sirkesi + karbonat çözeltisi ile pozitif (referanstan daha kırmızı) olarak belirlenmiştir. Kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) sonuçlar kıyaslandığında, öz odunda her

iki çözelti ile “çok belirgin (3.0 ila 6.0)” kategorisinin elde edildiği ve diri odunda ise “güçlü (6.0 ila 12.0)” kategorisinin belirlendiği görülmektedir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Odun Kısmı	Çözelti Türü	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Renk Değişirme Kriteri (DIN 5033, 1979)
Öz	Üzüm sirkesi + karbonat	-5.27	0.86	0.39	0.81	0.48	5.35	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
	Alıç sirkesi + karbonat	-3.19	-1.20	0.22	-0.45	1.13	3.41	
Diri	Üzüm sirkesi + karbonat	-4.70	0.82	6.92	6.93	0.73	8.41	Güçlü (6.0 ila 12.0)
	Alıç sirkesi + karbonat	-5.72	-0.43	6.24	6.03	1.66	8.48	

Shore D sertlik değeri öz odunda 74.90 HD olmakta ve 73.00 - 77.00 HD arasında değişmekte olup, diri odunda ise ortalama 68.00 HD olup ve 65.00 - 71.00 HD arasında değişmekte olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

#### 4. Sonuçlar

- $a^*$  parametresi öz ve diri odunlarda üzüm sirkesi + karbonat çözeltisi ile artarken, alıç sirkesi + karbonat çözeltisi ile azalmıştır.
- $\Delta E^*$  değerleri öz odunda üzüm sirkesi + karbonat çözeltisi ile 5.35 ve alıç sirkesi + karbonat çözeltisi ile 3.41 bulunurken, diri odunda üzüm sirkesi + karbonat çözeltisi ile 8.41 ve alıç sirkesi + karbonat çözeltisi ile 8.48 olarak tespit edilmiştir.
- Öz ve diri odunlarda her iki yönde  $WI^*$  değerleri hazırlanan çözeltiler ile azaldıkları belirlenmiştir.
- Öz ve diri odunlarında hazırlanmış olan iki farklı çözelti ile  $L^*$  değerlerinde azalışlar görülürken,  $b^*$  değerlerinde artışlar elde edilmiştir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Kaynaklar

Allison, L.E. & Moodie, C.D. (1965). Carbonate. Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties. *Agronomy Monograph*, 9, 1379-1396.

Anonim, (1945). Department of Scientific and Industrial Research, A handbook of Empire timbers, Rev. ed. Forest Prod. Res. Lab., 142 pp.

Anonim, (1955). Department of Scientific and Industrial Research, A handbook of hardwoods. Forest Prod. Res. Lab., 269 pp.

Antoniewicz, J., Jakubczyk, K., Kupnicka, P., Bosiacki, M., Chlubek, D. & Janda, K. (2022). Analysis of selected minerals in homemade grape vinegars obtained by spontaneous fermentation. *Biological Trace Element Research*, 200(2), 910-919.

ASTM D 2240, (2010). Standard test method for rubber property-durometer hardness, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM E313-15e1. (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

- Chen, H., Chen, T., Giudici, P. & Chen, F. (2016). Vinegar functions on health: Constituents, sources, and formation mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1124-1138.
- Čulík, M., Danihelová, A. & Danihelová, Z. (2015). Evaluation of properties of black mulberry wood for xylophone bars. *Akustika*, 23, 2-5.
- Danihelova, A., Culik, M. & Danihelova, Z. (2015). Assessment of properties of ailanthus wood for xylophone bars. *Akustika*, 24, 42-49.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Flynn, J. H. (1994). A Guide to Useful Woods of The World. Forest Products Society, Madison, USA.
- Horn, E.F. (1918). Properties and uses of some of the more important woods grown in Brazil, U.S. Forest Serv. Forest Prod. Lab. Rpt. R83, 53 pp.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Johnston, C.S. & Gaas, C.A. (2006). Vinegar: medicinal uses and antiglycemic effect. *Medscape General Medicine*, 8(2), 61.
- Lange, D.R. (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Mabberley, D.J. (1987). The plant-book. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mitsui, K. & Tsuchikawa, S. (2005). Low atmospheric temperature dependence on photodegradation of wood. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 81(2), 84-88.
- Record, S.J. (1942). American timbers of the genera *Dalbergia* and *Machaerium*, *Tropical Woods*, 72: 1-11.
- Record, S.J. & Hess, R.W. (1943). Timbers of the New World, 640 pp., illus. New Haven, Conn.
- Richter, H.G., Krause, V.J. & Mucbe, C. (1996). *Dalbergia congestiflora* Standl.: wood structure and physico-chemical properties compared with other Central American species of *Dalbergia*. *Iawa Journal*, 17(3), 327-341.
- Stevens, W.C. & Pratt, G.H. (1952). Kiln operator's handbook, Dept. Sci and Indus. Res. Forest Prod. Res. Lab., 138 pp. illus.
- Stevenson, N.S. (1927). The honduras rosewood, *Tropical Woods*, 12: 1-3.
- Tesfaye, W., Morales, M.L., Garcia-Parrilla, M.C. & Troncoso, A.M. (2002). Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 13(1), 12-21.
- Wangaard, F.F., Stern, W.L. & Goodrich, S.L. (1955). Properties and uses of tropical woods. V. *Tropical Woods*, 103: 1-139.
- Wimmers, G. (2017). Wood: a construction material for tall buildings. *Nature Reviews Materials*, 2(12), 1-2.
- Woods, R.P. (1951). Timbers of South America, Ed. 2. Timber Dev. Assoc., Ltd., 77 pp., illus. London.

---

Araştırma Makalesi / Research Article

---

## Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Odunu Yüzeyine Uygulanmış Solvent Bazlı Yat Verniği Katmanlarında Yüzey Kat Sayısının Bazı Optik Özellikler Üzerine Etkisi

Ümit AYATA<sup>1\*</sup>, Elif Hümeýra BİLGİNER<sup>2</sup>, Osman ÇAMLİBEL<sup>3</sup>, Şerif KAPLAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Peyzaj Anabilim Dalı, Bayburt, TÜRKİYE

<sup>2</sup> KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya, TÜRKİYE

<sup>3</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekân Tasarımı Pr., Kırıkkale, TÜRKİYE

<sup>4</sup> Bayburt Toplum Sağlığı Merkezi, Zahit Mahallesi, Ayyıldız Caddesi, Merkez, Bayburt, TÜRKİYE

umitayata@bayburt.edu.tr, elifbilginer46@gmail.com, osmancamlibel@kku.edu.tr, serif4354@gmail.com

Received/Geliş Tarihi: 03.04.2024

Accepted/Kabul Tarihi: 04.06.2024

**Özet:** Bu çalışmada, yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ahşabı yüzeylerine uygulanmış solvent bazlı yat verniği katmanlarında bazı yüzey özellikleri [beyazlık indeksi:  $WI^*$  ( $\perp$ : ve  $\parallel$ )], renk parametreleri ( $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $h^o$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ,  $C^*$  ve  $a^*$ ) ve parlaklık değerleri ( $20^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $85^\circ$ ,  $\perp$ : ve  $\parallel$ )] üzerine kat sayısının (1 ve 2 kat) etkileri araştırılmıştır. SPSS sonuçlarına göre varyans analizleri bütün testler üzerinde anlamlı olarak elde edilmiştir.  $\Delta E^*$  değerlerinde yat verniği uygulamaları ile 1 kat sonrasında 10.36 ve 2 kat sonrasında ise 10.65 olarak hesaplanmıştır. Yat verniklerinin ahşap malzemeye uygulanması ile her iki yönde  $WI^*$  değerlerinde,  $L^*$  ve  $h^o$  değerlerinde azalışlar görülürken, bütün derece ve yönlerde yapılan parlaklık değerlerinde,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $a^*$  parametrelerinde ise artışlar tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Beyazlık indeksi, Parlaklık, Renk, *Robinia pseudoacacia* L., Yalancı akasya, Yat verniği

---

## The Effect of the Number of Surface Coats of Solvent-Based Yacht Varnish Applied to False Acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) Wood on Some Optical Properties

---

**Abstract:** In this study, the effects of the number of coats (1 and 2 coats) applied to the surfaces of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) wood with solvent-based yacht varnish layers on some surface properties [whiteness index:  $WI^*$  ( $\perp$ : and  $\parallel$ )], color parameters ( $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $h^o$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ,  $C^*$ , and  $a^*$ ), and glossiness values ( $20^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $85^\circ$ ,  $\perp$ : and  $\parallel$ )] were investigated. According to the SPSS results, variance analyses were obtained significantly for all tests.  $\Delta E^*$  values were calculated as 10.36 after 1 coat and 10.65 after 2 coats of yacht varnish applications. While decreases in  $WI^*$  values,  $L^*$ , and  $h^o$  values were observed in both directions with the application of yacht varnishes to the wooden material, increases were determined in glossiness values made in all degrees and directions,  $b^*$ ,  $C^*$ , and  $a^*$  parameters.

**Keywords:** Black locust, Color, Glossiness, *Robinia pseudoacacia* L., Whiteness index, Yacht varnish

---

### 1. Giriş

Ahşap lif yapısı, malzemenin hem güçlerini hem de zayıflıklarını sağlar. Güçleri, malzemenin doğru kullanıldığında tekne için üstün dayanıklılık ve sertlik sağlamasıdır. Buna örnek olarak, direkler, kirişler ve doğru bir şekilde döşemeli, çerçevesiz, bordalamalı, direkler, zeminler ve baş gibi güvertenin yapısal bileşenlerinin bir araya getirilmesi verilebilir, bunlar bir arada gücü en iyi şekilde dağıtır. Zayıflıkları ise, ahşabın lif boyunca güçlü olmamasıdır ve yapının iyi çapraz dayanıklılığını

yapıştırılmadan sağlamak zor olabilir; dikkatsiz bir yenileme yapı, yapıyı kolayca tahrip edebilir (Larsson, 2013).

Genel olarak, bir vernik, reçinelerin, koloidal bir yapıya sahip olan, homojen, yapışkan, viskoz bir çözeltisi olarak tanımlanabilir. İnce bir tabaka halinde bir yüzeye uygulandığında, sert, düz ve parlak bir yüzey oluşturacak şekilde kurur. Verniklerin rengi, sınıfına ve kullanım alanına bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Genellikle açık renkli vernikler tercih edilir, ancak mükemmel kalitede birçok koyu renkli vernik de bulunmaktadır (Brecher, 1922).

Bir vernik kaplama, boya katmanları için fiziksel bir bariyer sağlar. Partiküllerin boya yüzeyine ulaşmasını engeller ve gömülmesini veya diğer hasarların meydana gelmesini önler. Ancak, bir vernik tabakasının boya üzerine oksijen gibi gazlı moleküllerin difüzyonunu sınırlaması pek olası değildir (Feller vd., 1985).

Boyalar ve vernikler birçok gereksinimi karşılamalıdır. Bunlar, alt tarafı korozyona, hava koşullarına ve mekanik hasara karşı korur. Dekoratif bir işlevi olabilir (otomobil kaplamaları, beyaz eşyalar, mobilyalar), bilgi sağlayabilir (trafik işaretleri, bilgi panoları, reklamcılık) veya diğer belirli özelliklere sahip olabilir (Anonim, 2016).

İyi bir vernik yumuşak, narin olmalı, hızlı kurumalı ve kuruduktan sonra parlak ve parıltıyan bir film oluşturmalıdır. Kuruduktan sonra büzülmemeli veya çatlamamalıdır. Isı nedeniyle kaplanmış malzemenin, özellikle ahşabın genleşme/büzülmesine uyum sağlamalıdır. Vernikler genellikle fırça ile uygulanır ve fırçalama özellikleri büyük ölçüde viskozite tarafından belirlenir. Viskozite çok yüksekse, fırça direnci yaşanacak ve vernik yayılmakta zorluk çekecektir; eğer çok düşükse, vernik dikey yüzeylerde akacak ve film aşırı ince olacaktır (Morgans, 2000).

Literatürde çeşitli ağaç türlerine [rubber (*Hevea brasiliensis*), keruing (*Dipterocarpus grandiflorus*), keranji (*Dialium patens*), berangan (*Castanopsis acuminatissima*) ve niové (*Staudtia stipitata*) (Çamlıbel ve Ayata, 2024), limba (*Terminalia superba*), sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), kestane (*Castanea sativa* Mill.) (Altıparmak, 2017), yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) (Aytin vd., 2016), sapsız meşe (*Quercus petraea*), iroko (*Chlorophora excelsa*), doğu ladini (*Picea orientalis*), tik (*Tectona grandis*), Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana*), kestane (*Castanea sativa*) (Yarayan, 2019), İsveç çamı (*Pinus contorta*) (Ayata ve Bal, 2024), sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) (Söğütlü vd., 2017), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), iroko (*Chlorophora excelsa*), (Çakıcıer, 2007), bambu (Aykaç, 2016), kestane, okaliptüs ve sarıçam (Akter vd., 2019) ve kestane (*Castanea sativa* Mill.) (Ulay, 2023)] farklı türlerde verniklerin (yat, su bazlı, poliüretan, sentetik, selülozik, vb.) uygulandığı görülmekte olup, elde edilen yüzeyler üzerinde çeşitli testlerin (parlaklık, renk, çizilme direnci, aşınma direnci, yüzey pürüzlülüğü, yüzeye yapışma, ısı iletkenliği, vb.) yapıldıkları bildirilmiştir. Ama literatürde yalancı akasya ahşabına farklı kat sayılarına ait yat verniği uygulamasının yapılmadığı görülmüştür.

Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ağacı, (Fabaceae), Doğu Kuzey Amerika'nın doğal olarak bulunan, ışık seven, orta boylu ve öncü ağaç türüdür (Little ve Viereck, 1971). Bu ağaç türü don riski bulunan alanlara uyum sağlayabilen az sayıdaki baklagillerden olan bir azot fiksasyonu yapabilen ağaç türüdür. Ayrıca, kuraklık, hava kirliliği ve yüksek ışık yoğunluğu gibi çevresel aşırılıklara uyum sağlayabilir (Hanover, 1989).

Açık kahverengiden koyu kahverengiye kadar değişen renkteki odun, paneller, kaplamalar, zemin kaplamaları, mobilyalar, tekne yapımı, güverte kaplamaları, bağ ya da fidanlık destekleri, meyve kutuları, paletler ve hamur üretimi gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır. Çürümeye karşı olağanüstü direnci, çekiciliğini arttıran bir özelliktir (Kanwar vd., 2007).

Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.)'ya ait olgun odununda selüloz %40, lignin %30, hemiselüloz %21, kül miktarı %0.32 (Koloc, 1953), holoselüloz %64.60, sıcak su çözünürlüğü %5.90 (Ahn, 1985), öz odunda soğuk su çözünürlüğü %6.80 (Hart, 1968), eğilme direnci 173.02 N/mm<sup>2</sup>, elastikiyet modülü 18122.41 N/mm<sup>2</sup> (Vasiliki vd., 2016), teğet yönde yarılma 6.2 kp/cm<sup>2</sup>, makaslama direnci 128 kp/cm<sup>2</sup>, brinell sertlik liflere paralel yönde 7.82 kp/cm<sup>2</sup>, şok direnci 1.35 kp/cm<sup>2</sup>, brinell sertlik liflere dik yönde 3.35 kp/cm<sup>2</sup> (Göker, 1982), odun enerji verimi 19,44 x 106 J/kg (Stringer ve Carpenter, 1986) ve ısı iletkenlik değeri 0.166 W/m.K (Cavus vd., 2019) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, yat sektöründe kullanılan yat verniklerinin yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odununda ahşabı üzerinde kullanılması sonrasında elde edilen yüzey değişimleri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ahşap Malzeme

Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odunu 100 x 100 x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numuneleri 20±2 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartları altında değişmez ağırlığa gelinceye kadar kondisyonlanmıştır (ISO 554, 1976).

#### 2.1.2. Yat Verniği

Çalışmada, özel bir firmaya ait olan %60-70 yağlı içerikli alkid reçine esaslı yüksek sertlik özelliğine sahip ve suya karşı çok dirençli olan solvent bazlı yat verniği kullanılmıştır (katı madde miktarı: %50 ve yoğunluğu: 0.87-0.92 g/ml).

## 2.2. Metot

### Yat Verniğinin Ahşap Malzeme Yüzeylerine Uygulanması

Çalışmada, deney örnekleri 80, 120 ve 180 kum zımparalar ile zımparalandıktan sonra yüzeyler bir kompresör yardımıyla temizlenmiştir. Elde edilen örnekler üzerinde yat vernikleri 1 ve 2 kat olarak bir fırça yardımıyla uygulanmıştır (14-16 m<sup>2</sup>/lt). Katlar arasında kuruma için 24 saat süre ile beklenilmiştir.

#### 2.2.1. Parlaklık Özelliklerinin Belirlenmesi

ETB-0833 model gloss meter cihazında parlaklık testleri (ISO 2813, 1994) yapılmıştır.

#### 2.2.2. Beyazlık İndeksi (WI\*) Özelliklerinin Belirlenmesi

Beyazlık indeksi (WI\*) değerleri Whiteness Meter BDY-1 cihazında ölçülmüştür (ASTM E313-15e1, 2015).

#### 2.2.3. Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

CS-10 cihazı kullanılarak renk değişimleri belirlenmiştir (ASTM D 2244-3, 2007). Literatürde  $\Delta C^*$ : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve  $\Delta H^*$ : ton bölümü veya gölge farkı olarak tanımlanmıştır (Lange, 1999). Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar belirlenmiştir [ışıklılık

( $L^*$ ), kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu, sarı ( $b^*$ ) renk tonu, kroma ( $C^*$ ) ve ton ( $h^\circ$ ) açısı] (ASTM D 2244-3, 2007).

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^* / a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - C^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - a^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - L^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - b^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999) Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.**  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999)

Negatif durumda	Parametre	Pozitif durumda
Referanstan daha koyu	◀ $\Delta L^*$ ▶	Referanstan daha açık
Referanstan daha yeşil	◀ $\Delta a^*$ ▶	Referanstan daha kırmızı
Referanstan daha mavi	◀ $\Delta b^*$ ▶	Referanstan daha sarı
Mat, referanstan daha bulanık	◀ $\Delta C^*$ ▶	Referanstan daha net, daha parlak

$\Delta E^*$  değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Tablo 2’de sunulmaktadır.

**Tablo 2.**  $\Delta E^*$  değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ )	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

### 2.3. İstatistiksel Analiz

Bir istatistik programı ile standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalama değerleri, homojenlik grupları, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün testler üzerinde kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Varyans analizi sonuçları

Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Işıklılık ( $L^*$ )	416.664	2	208.332	296.590	0.000*
Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu	130.877	2	65.438	414.820	0.000*
Sarı ( $b^*$ ) renk tonu	188.008	2	94.004	452.747	0.000*
Kroma ( $C^*$ )	289.192	2	144.596	856.787	0.000*
Ton ( $h^\circ$ ) açısı	137.871	2	68.935	76.996	0.000*
$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık	2329.475	2	1164.737	830.374	0.000*
$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık	14185.091	2	7092.545	1917.595	0.000*
$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık	18210.816	2	9105.408	5441.961	0.000*
$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık	5176.867	2	2588.433	1148.713	0.000*
$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık	36271.603	2	18135.801	2666.797	0.000*
$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık	40004.952	2	20002.476	9717.627	0.000*
Beyazlık indeksi $\perp$	710.841	2	355.420	4113.309	0.000*
Beyazlık indeksi $\parallel$	976.958	2	488.479	6923.324	0.000*

\*: Anlamlı

Tablo 4'te renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları sunulmaktadır.

**Tablo 4.** Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Test	Uygulama	Ölçüm Sayısı	Ortalama Sonuç	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
$L^*$	Kontrol	10	63.49	-	A*	1.11	61.86	65.13	1.74
	1 kat	10	55.73	↓12.22	B	0.90	54.56	57.27	1.61
	2 kat	10	55.45	↓12.66	B**	0.27	55.12	55.91	0.49
$a^*$	Kontrol	10	7.91	-	B**	0.47	7.32	8.75	5.91
	1 kat	10	12.29	↑55.37	A	0.38	11.79	12.89	3.06
	2 kat	10	12.39	↑56.64	A*	0.34	11.84	13.04	2.72
$b^*$	Kontrol	10	22.07	-	B**	0.33	21.43	22.39	1.51
	1 kat	10	27.34	↑23.88	A	0.38	26.65	27.77	1.38
	2 kat	10	27.42	↑24.24	A*	0.61	26.66	28.14	2.21
$C^*$	Kontrol	10	23.45	-	B**	0.31	22.93	23.94	1.33
	1 kat	10	29.98	↑27.85	A	0.40	29.16	30.45	1.33
	2 kat	10	30.09	↑28.32	A*	0.50	29.42	30.70	1.66
$h^\circ$	Kontrol	10	70.27	-	A*	1.18	68.56	71.82	1.68
	1 kat	10	65.78	↓6.39	B	0.68	64.95	66.95	1.03
	2 kat	10	65.67	↓6.55	B**	0.91	63.93	67.17	1.39

Homojenlik Grubu sütunu için \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

$L^*$  değeri için en yüksek sonuç kontrol deney örneklerinde (63.49) belirlenirken, en düşük sonuç ise 2 kat yat verniği uygulanmış örnekler üzerinde (55.43) bulunmuştur.  $L^*$  testinde 1 kat yat verniği uygulaması ile %12.22 ve 2 kat yat verniği uygulaması ile %12.66 oranlarında azalmalar elde edilmiştir. Bu oranlar birbirlerine çok yakın bulunmuştur (Tablo 4).

$a^*$  parametresinde en düşük sonuç kontrol deney grubu örneklerinde (7.91) bulunurken, en yüksek sonuç ise 2 kat yat verniği uygulanmış örneklerde (12.39) belirlenmiştir.  $a^*$  değerinde 1 kat yat verniği uygulaması ile %55.37 ve 2 kat yat verniği uygulaması ile %56.64 oranlarında artışlar tespit edilmiştir. Bu oranların birbirlerine çok yakın oldukları görülmüştür (Tablo 4).

$b^*$  değeri için en düşük sonuç kontrol örneklerinde (22.07) elde edilirken, en yüksek sonuç ise 2 kat yat verniği uygulanmış deney grubuna ait örneklerde (27.42) tespit edilmiştir.  $b^*$  testinde 1 kat yat



verniği uygulaması ile %23.88 ve 2 kat yat verniği uygulaması ile %24.24 oranlarında artışlar görülmüştür. Birbirlerine çok yakın artış oranları elde edilmiştir (Tablo 4).

C\* parametresinde için en yüksek sonuç 2 kat yat verniği uygulanmış örneklerde (30.09) görülürken, en düşük sonuç ise kontrol deney örnekleri üzerinde (23.45) elde edilmiştir. C\* değerinde yat verniği uygulamaları sonrasında 1 kat ile %27.85 ve 2 kat ile %28.32 oranlarında artışlar tespit edilmiştir (Tablo 4).

$h^{\circ}$  değeri için en yüksek sonuç kontrol deney örneklerinde (70.27) tespit edilirken, en düşük sonuç ise 2 kat yat verniği uygulanmış örnekler üzerinde (63.67) görülmüştür.  $h^{\circ}$  parametresinde C\* parametresinde yat verniği uygulamaları sonrasında 1 kat ile %6.39 ve 2 kat ile %6.55 oranlarında azalışlar bulunmuştur (Tablo 4).

Renk formülleri kullanılarak hesaplanmış olan toplam renk farklılıkları için sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.  $\Delta E^*$  değerleri 1 kat yat verniği uygulaması ile 10.36 ve 2 kat yat verniği uygulaması ile 10.65 olarak bulunmuştur.  $\Delta E^*$  değerleri ise 1 kat yat verniği uygulaması ile 2.09 ve 2 kat yat verniği uygulaması ile 2.13 olarak hesaplanmıştır. Her iki kat uygulaması ile  $\Delta L^*$  değerleri negatif (referanstan daha koyu) olarak tespit edilirken,  $\Delta b^*$  değerleri pozitif (referanstan daha sarı),  $\Delta C^*$  değerleri pozitif (referanstan daha sarı) ve  $\Delta a^*$  değerleri pozitif (referanstan daha kırmızı) olarak belirlenmiştir. Kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) sonuçlar kıyaslandığında, her iki kat uygulaması ile "güçlü (6.0 ila 12.0)" kategorisinin elde edildiği görülmüştür (Tablo 5).

**Tablo 5.** Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Uygulama	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Renk değiştirme kriteri (DIN 5033, 1979)
1 kat	-7.76	4.38	5.27	6.53	2.09	10.36	Güçlü (6.0 ila 12.0)
2 kat	-8.04	4.48	5.35	6.64	2.13	10.65	

Parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları

Test	Uygulama	Ölçüm Sayısı	Ortalama Sonuç	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
120°	Kontrol	10	0.50	-	C**	0.00	0.50	0.50	0.00
	1 kat	10	18.42	↑3584.00	B	1.17	17.60	20.60	6.35
	2 kat	10	19.88	↑3876.00	A*	1.69	18.00	22.00	8.48
160°	Kontrol	10	2.66	-	C**	0.14	2.50	2.90	5.38
	1 kat	10	46.20	↑1636.84	B	2.57	44.00	50.80	5.56
	2 kat	10	51.00	↑1817.29	A*	2.11	48.30	53.20	4.14
185°	Kontrol	10	1.48	-	C**	0.18	1.20	1.70	12.25
	1 kat	10	49.48	↑3243.24	B	2.03	47.60	53.10	4.11
	2 kat	10	57.16	↑3762.16	A*	0.92	56.10	58.70	1.61
20°	Kontrol	10	0.50	-	B**	0.00	0.50	0.50	0.00
	1 kat	10	28.90	↑5680.00	A*	2.44	26.40	31.70	8.44
	2 kat	10	27.80	↑5460.00	A	0.90	26.70	29.00	3.24
60°	Kontrol	10	3.60	-	B**	0.26	3.20	3.90	7.17
	1 kat	10	77.62	↑2056.11	A*	3.71	72.90	82.40	4.78
	2 kat	10	77.10	↑2041.67	A	2.56	73.80	80.90	3.32
85°	Kontrol	10	5.54	-	B**	0.44	5.20	6.10	7.95
	1 kat	10	82.52	↑1389.53	A	2.40	78.90	85.30	2.91
	2 kat	10	83.48	↑1406.86	A*	0.45	83.20	84.30	0.54

Homojenlik Grubu sütunu için \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

Parlaklık testlerine ait ölçüm sonuçlarına bakıldığında ise, 1 ve 2 kat uygulamaları sonrasında bütün derece (20, 60 ve 85) ve yönlerde (liflere dik ve paralel) kontrol örneklerine kıyasla artışlar belirlenmiştir. En düşük ölçüm sonuçları kontrol deney örneklerinde tespit edilmiştir. En yüksek ölçüm sonuçlarına bakıldığında ise, liflere dik yönde 20, 60 ve 85 derecelerde sırasıyla 19.88, 51.00 ve 57.16 olarak 2 kat yat verniği uygulanmış örnekler üzerinde elde edilmiştir (Tablo 6).

Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir.  $WI^*$  değerlerinde her iki yönde yapılan ölçümlerde yat verniği uygulamaları ile azalışlar tespit edilmiştir. En yüksek ölçüm sonuçları kontrol örneklerinde bulunurken ( $\perp$ : 20.97 ve  $\parallel$ : 14.90), en düşük ölçüm sonuçları 1 kat yat verniği uygulanmış örnekler üzerinde tespit edilmiştir ( $\perp$ : 10.08 ve  $\parallel$ : 2.73). Azalma oranlarına bakıldığında  $WI^*\perp$  için 1 kat uygulama ile %51.93 ve 2 kat uygulama ile %46.02 olarak bulunurken,  $WI^*\parallel$  testinde ise 1 kat uygulama ile %81.68 ve 2 kat uygulama ile %80.81 olarak elde edilmiştir. Liflere paralel yönde parlaklık testlerinde ise en yüksek sonuçlar 20 ve 60 derecelerde sırasıyla 28.90 ve 77.62 olarak 1 kat yat verniği uygulanmış örneklerde bulunurken, 85 derecede ise 2 kat yat verniği uygulanmış örneklerde 83.84 olarak belirlenmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7.** Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait ölçüm sonuçları

Test	Uygulama	Ölçüm Sayısı	Ortalama Sonuç	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
$WI^*\perp$	Kontrol	10	20.97	-	A*	0.18	20.50	21.10	0.84
	1 kat	10	10.08	↓51.93	C**	0.45	9.70	10.80	4.48
	2 kat	10	11.32	↓46.02	B	0.15	11.10	11.50	1.37
$WI^*\parallel$	Kontrol	10	14.90	-	A*	0.41	14.40	15.60	2.76
	1 kat	10	2.73	↓81.68	B**	0.13	2.60	2.90	4.58
	2 kat	10	2.86	↓80.81	B	0.16	2.60	3.00	5.76

**Homojenlik Grubu sütunu için \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer**

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

- $\Delta E^*$  değerlerinde yat verniği uygulamaları ile 1 kat sonrasında 10.36 ve 2 kat sonrasında ise 10.65 olarak belirlenmiştir. 1 ve 2 kat uygulama arasında toplam renk farkı değerlerinde yakın sonuçların elde edilmesi ile 2 kat uygulamasının renk açısından gerekli görülmeceği söylene bilinir.
- Bütün testler üzerinde varyans analizleri anlamlı olarak elde edilmiştir.
- Bütün derece ve yönlerde yapılan parlaklık değerlerinde,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $a^*$  parametrelerinde ise artışlar elde edilmiştir. Her iki yönde  $WI^*$  değerlerinde,  $L^*$  ve  $h^o$  değerlerinde azalışlar belirlenmiştir.
- Yat verniği ile kaplanmış numuneler üzerinde tuzlu sis korozyon testi, doğal veya yapay yaşlandırma (UV-A/B/C veya xenon veya LED lambaları karşısında) testlerinin yapılması önerilmektedir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Kaynaklar

Ahn, W. Y. (1985). Strength properties and chemical composition of black locust, *Robinia pseudoacacia* L. wood. *Science and Technolgy (Mogjae-Conghak)*, Korea Republic, 13 (6), 3-8.

Akter, M., Attin, A. & Konmaz, C. K. (2019). The effects of water-based color-protective barriers on natural wood veneer. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 10 (1), 59-68.

Altıparmak, M. (2017). Ahşap Yatlarda Kullanılan Çeşitli Verniklerin Farklı Ağaç Malzemeler Üzerindeki Performanslarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye.

Anonim, (2016). Technical Manual Paint and Varnishes Industry, UNIDO, Environmental Management Branch, Vienna, CSD Engineers, ISSPPRO.

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Ayata, Ü. & Bal, B.C. (2024). İsveç Çamı (*Pinus contorta*) Ahşabında Bazı Vernik Türlerinin Uygulanması, *Avrasya 10. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*, 2-5 Mayıs 2024, Tiflis, Gürcistan.

Aykaç, S. (2016). Çeşitli Üstyüzey İşlem Malzemelerinin Bambuda Kullanım Performansının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye.

Aytin, A., Çakıcıer, N. & Korkut, S. (2016). Isıl İşlem Uygulanmış Yabani Kiraz Odununda Vernik Katmanlarının Yüzeye Yapışma Direnci Üzerine Hızlandırılmış Yaşlandırmanın Etkisi, *Uluslararası Şehir Çevre ve Sağlık Kongresi*, 11-15 Mayıs 2016, 48-51.

Brecher, L. C. (1922). The Effect of Heat on The Resistance of Varnish, Master's Thesis, University of Louisville, Kentucky, USA.

Cavus, V., Sahin, S., Esteves, B. & Ayata, U. (2019). Determination of Thermal Conductivity Properties in Some Wood Species Obtained from Turkey. *Bioresources*, 14 (3), 6709-6715. DOI: 10.15376/biores.14.3.6709-6715.

Çakıcıer, N. (2007). Ağaç Malzeme Yüzey İşlemi Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi İstanbul, Türkiye.

Çamlıbel, O. & Ayata, Ü. (2024). Keranji, Niové, Rubber, Keruing ve Berangan Odunlarında Solvent Bazlı Akrilik Reçine Esaslı Mat Verniğin Uygulanması ve Renk Parametrelerinin Karşılaştırılması, *Latin Amerika 8. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 1-5 Mayıs 2024, Havana, Küba.

DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.

Feller R. L., Stowlow N. & Jones E. H. (1985). On Picture Varnishes and their Solvents, National Gallery of Art, Washington.

Göker, Y. (1982). Yalancı Akasya (*Robinia Pseudoacacia* L.)'nın Teknolojik Özellikleri ve Kullanış Yerleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 99-104.

Hanover, J. W., Mebrahtu, T. & Bloese, P. (1989). Genetic Improvement of Black Locust: A Prime Agroforestry Species. *Proc. First Conf. on Agroforestry in N. America*, Aug. 1989, Guelph, Ontario, Canada.

Hart, J. H. (1968). Morphological and Chemical Differences Between Sapwood, Discolored Sapwood, and Heartwood in Black Locust and Osage Orange. *Forest Science*, 14 (3), 334-338.

ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

- Kanwar, K., Bhardwaj, A., Deepika, R. & Sharma, D. R. (2007). *Robinia pseudoacacia* Linn. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 1 (1), 74-80.
- Koloc, K. (1953). *Werkstoff, Kartei Holz Grundmappe*.
- Lange, D. R. (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Little, E. L. & Viereck, L. A. (1971). *Atlas of United States Trees: (no. 1146). Conifers and important hardwoods, by EL Little, Jr (Vol. 1, No. 1146)*. US Government printing office.
- Morgans, W. M. (2000). *Outlines of Paint Technology*, S.K. New Delhi: Jain for CBS Publishers & Distributors, India.
- Sögütlü, C., Öztürk, Y., Döngel, N. & Okçu, S. (2017). Sapelli Odununda Uygulanmış Bazı Verniklerin Aşınma ve Çizilme Direncinin Belirlenmesi, *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies*, 15-17 Mayıs 2017, Kapadokya, Nevşehir Türkiye.
- Stringer, J. W. & Carpenter, S. B. (1986). Energy Yield of Black Locust Biomass Fuel. *Forest Science*, 32(4), 1049-1057.
- Ulay, G. (2023). Effects of Artificial Weathering On Some Surface Properties of Anatolian Chestnut (*Castanea Sativa* Mill.) Wood Applied with Yacht Varnish. *BioResources*, 18 (3), 5466-5475.
- Vasiliki, K., Ioannis, B. & Vassilios, V. (2016). Prospects for The Utilization of Black Locust Wood (*Robinia Pseudoacacia* L.) Coming from Plantations in Furniture Manufacturing, *27<sup>th</sup> International Conference on Wood Modification and Tehnology 2016 Implementation of Wood Science in Woodworking Sector*, 13-14 October 2016, Zagreb, Croatia.
- Yarayan, H. Ö. (2019). Üst Yüzey İşlemi Uygulanmış Ağaç Malzemenin Marina Koşullarında Isı İletkenliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye.

---

Review Article / Derleme Makale

---

## Review of the Charging System and Communication Protocols of the Electric Vehicles

Mehmet Burak ARSLAN<sup>1</sup>, Şaban ÖZDEMİR<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Electrical & Electronics Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Gazi University, 06500, Ankara, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Department of Electrical & Electronics Engineering, Faculty of Technology, Gazi University, 06500, Ankara, TÜRKİYE

mburak.arslan@gazi.edu.tr, sabanozdemir@gazi.edu.tr

Received/Geliş Tarihi: 20.12.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 08.03.2024

---

**Abstract:** Today, factors like global warming, climate change have heightened environmental awareness. Consequently, the demand for electric vehicles is steadily rising due to considerations such as environmental impact, economic factors. In this regard, it is estimated that 125 million electric vehicles will be on the roads worldwide by 2030. The primary reason for the lag in electric vehicle technology is that the technology in this field has not yet reached a sufficient level. Especially in battery technology, factors such as power density, safety and charging time have affected this situation. Additionally, a common charging and communication standard has yet to be developed. Furthermore, there is no a standard for medium voltage and megawatt class charging system. In this study, international standards used for charging systems of electric vehicles were studied. Commonly used charging standards are divided into three subdivisions: wired, wireless and battery replacement. Also, charging standards such as CHAdeMO, GB/T, US -COMBO CSS1, EURO-COMBO CSS2, TESLA and Chaoji are studied. These standards categorized in terms of maximum power they provide, connector type, and communication protocols. Hence, the general characteristics of the standards, their electrical capabilities, connection types, communication protocol structures, and the general structures of these communication standards are introduced.

**Keywords:** Battery, CAN-Bus, Charging systems, Electric vehicle, Power line communication

---

### Elektrikli Araç Şarj ve Haberleşme Protokollerinin Gözden Geçirilmesi

---

**Özet:** Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi etkenler çevresel farkındalığı artırmıştır. Buna istinaden çevresel, ekonomik ve kaynak kıtlığı gibi sebeplere bağlı olarak elektrikli araçlara olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu doğrultuda dünya genelinde 2030'lara kadar 125 milyon elektrikli aracın yollarda olacağı tahmin edilmektedir. Elektrikli araç teknolojisinin şu ana kadar petrol kaynaklı yakıt tüketen araçlara göre geride kalmasının ana nedeni, bu alandaki teknolojinin henüz yeterli seviyeye ulaşamamasıdır. Özellikle batarya teknolojisinde güç yoğunluğu, güvenlik ve şarj süresi gibi etkenler bu durumu daha çok etkilemiştir. Ayrıca tüm elektrikli araçlar tarafından kullanılan ortak bir şarj ve haberleşme protokolü henüz kabul görmemiştir. Dahası orta gerilimden ve megawatt sınıfında şarj konusunda henüz bir standart dahi bulunmamaktadır. Bu doğrultuda batarya ve şarj sistemleri devamlı gelişmektedir. Bu çalışmada elektrikli araçların şarj sistemleri için kullanılan ulusal ve uluslararası standartlar incelenerek karşılaştırma yapılmıştır. Yaygın olarak kullanılan şarj standartları kablolu, kablosuz ve batarya değişimi olarak üç ayrılmaktadır. CHAdeMO, GB/T, US -COMBO CSS1, EURO-COMBO CSS2, TESLA ve Chaoji gibi güncel kablolu şarj standartları incelenmiştir. Böylece, elektrikli araç şarj sistemlerinde kullanılan standartların genel özellikleri, elektriksel kabiliyetleri, bağlantı tipleri, haberleşme protokolü yapıları, hangi standardın hangi haberleşme protokolünü kullandığı ve bu haberleşme standartlarının genel yapıları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Batarya, CAN-bus, Elektrikli araç, Güç hattı haberleşmesi, Şarj sistemleri

---

### 1. Introduction

The first electric vehicle model was developed by Professor Stratingh in Netherlands in 1835 (Ünlü et al., 2003). Robert Davidson produced an electric locomotive that could reach a speed of 6,4 km/h

\*: Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

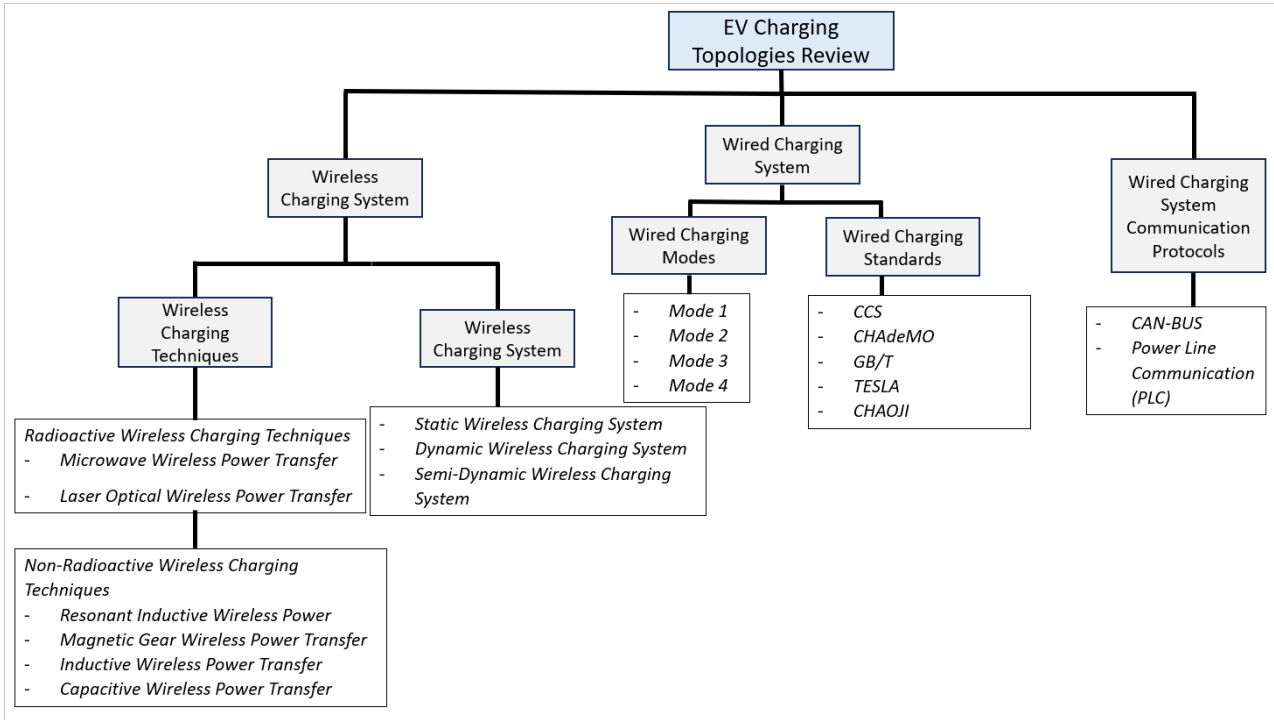
in 1838 (Chan, 2012). In 1882, Siemens produced the world's first electric trolleybus which is called as Elektromote, in Berlin. This vehicle had two 2,2 kW engines, was powered by 550 VDC, and could reach an average speed of 12 km/h (Singh, 2013). These studies continued until the 1920s, but there was a stagnant period for electric vehicle studies between 1925 and 1960, and development activities in this regard were carried out less frequently between these years (Sayin and Yüksel, 2011).

In the 1980s, governments began to provide economic support from official sources to increase the interest in electric vehicles due to their environmental friendliness (Kerem, 2014). Many electric vehicle models such as Ford - Think City, Nissan - Altra EV and Peugeot 106 - Electric were launched by manufacturers with newly developed battery technologies after 1990 (Ünlü et al., 2003).

Despite its limited technical capacity, the General Motors EV1 became the first mass-produced electric vehicle with a range of up to 169 km. Initially, 1,117 units of this vehicle were produced, primarily due to sales conditions (Ekici et al., 2021). In 2008, Tesla produced a significant number of its first electric vehicle, the Tesla Roadster, which featured Lithium-Ion (Li-ion) batteries and had an approximate range of 320 km on a single charge. The Roadster was initially introduced in 2006 (Chan, 2012). Such studies and similar efforts have continued to increase up to the present day. According to a report on electric cars by the International Energy Agency (IEA), an intergovernmental organization providing data, analysis, and policy recommendations on the global energy sector, as of 2023, there are currently 16,5 million electric vehicles on roads worldwide.

In electric vehicles, there are generally components such as the electric motor, battery pack, inverters/converters, regenerative braking system, vehicle body, cooling liquids, lubrication system, wiring harness, necessary equipment for electronic control modules, sensors, and other similar components. By integrating software into some of these components, structures such as the electronic control module, intelligent battery management system, and smart charging system are activated. Electric vehicles, operating as a whole with such hardware and software, distribute the generated electrical energy to the propulsion systems and control systems through powertrain systems, enabling them to function. Electric vehicles enable system control through communication protocols such as inter-system CAN-Bus, Power-line Communication (PLC), Ethernet, guided by the vehicle computer's directives. The general topology of the structures studied in the research is shown in Figure 1.

In order to ensure the portability of electric vehicles, batteries must be rechargeable. In this case, there is a need for charging stations to shorten the charging times. Charging process generally involves the following steps in sequence: initiating the charging process, performing charge balancing near completion, and concluding the charging process (Ekici et al., 2021). Electric vehicle charging can be broadly categorized into three main methods: wired charging, wireless charging, and battery swapping (Rachid et al., 2022). In the literature, for the wired charging system, two different methods are commonly used: alternating current (AC) and direct current (DC). For wireless charging systems, the fixed frequency method is typically employed (Ekici et al., 2021). In this paper, electric vehicle charging methods were generally examined under the headings of wireless and wired charging systems. Additionally, communication protocols used in wired charging systems, such as CAN-Bus and PLC, were also investigated.



**Figure 1.** Classification of EV charging topologies review

In this study, international standards used for EV charging systems were studied. Also, these standards categorized in terms of maximum power they provide, connector type, and communication protocols. Hence, the general characteristics of the standards used in electric vehicle charging systems, their electrical capabilities, connection types, communication protocol structures, and the general structures of these communication standards are introduced. In this study, international standards used for EV charging systems were studied. Also, these standards categorized in terms of maximum power they provide, connector type, and communication protocols. Hence, the general characteristics of the standards used in electric vehicle charging systems, their electrical capabilities, connection types, communication protocol structures, and the general structures of these communication standards are introduced.

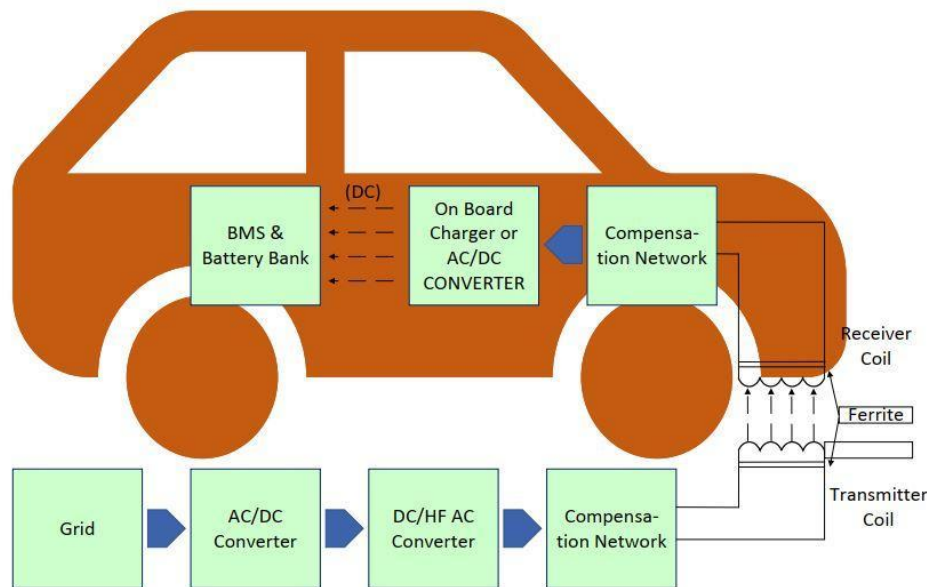
## 2. Wireless Charging System

Research and development efforts continue on the wireless charging of electric vehicles, driven by reasons such as safety, comfort, convenience, and environmental cleanliness. As electric vehicles become more widespread, the use of wireless charging has become increasingly popular. During this period, there has been and continues to be more research and development work on wireless charging technology (Musavi & Eberle, 2014). The currently used wireless charging techniques include Microwave Wireless Power Transfer, Laser Optical Wireless Power Transfer, Inductive Wireless Power Transfer, Capacitive Wireless Power Transfer, Resonant Inductive Wireless Power Transfer, and Magnetic Gear Wireless Power Transfer (Manivannan et al., 2023).

### 2.1. Fundamental Principles of Wireless Charging

The principles of wireless charging technology are based on Faraday's laws of electromagnetic induction and Ampere's laws (Manivannan et al., 2023). Wireless power transfer contains receiver-transmitter coils, AC/DC high frequency (HF) converters, compensation elements to use in the power transmission process between the source and the load. These components enable power transfer without the need for a physical connection. The basic diagram for wireless charging of electric vehicles is illustrated in Figure 2. The receiver and transmitter coils used in wireless communication

are referred to as charging pads. The transmitter coil is connected to the source coming from the grid. The receiver coil is connected to the battery management system of the electric vehicle to which the load is attached.



**Figure 2.** Basic block diagram of wireless charging for electric vehicles

To facilitate power transfer from the transmitter coil to the receiver coil, the power from the grid is converted to high-frequency AC through AC/AC, AC/DC, and DC/AC converters. To enhance the overall efficiency of the system, both the receiver and transmitter sides employ series and parallel structures based on compensation topology. The receiver coil, typically mounted under the vehicle, converts oscillating magnetic flux fields into high-frequency alternating current. Subsequently, the direct current used by the built-in charging device is obtained by converting the high-frequency AC. Power control, communication, and battery management system structures are utilized within the system to ensure healthy and reliable power transfer. Magnetic planar ferrite plates are used on both the transmitter and receiver sides to reduce any kind of harmful leakage current and improve magnetic flux distribution (Panchal et al., 2018).

## 2.2. Wireless Charging Techniques

Wireless charging techniques are fundamentally divided into Radioactive and Non-radioactive methods. Radioactive methods are often used when the distance between the transmitter and receiver is more substantial. Within radioactive methods, there are Microwave Wireless Power Transfer and Laser Optical Wireless Power Transfer. Non-radioactive methods are further categorized into Resonant Inductive Wireless Power Transfer and Magnetic Gear Wireless Power Transfer for medium distances, and Inductive Wireless Power Transfer and Capacitive Wireless Power Transfer for short distances (Manivannan et al., 2023). The summary of wireless charging techniques shown in Table 1.

It is divided in two categories as radioactive wireless charging techniques and non-radioactive wireless charging techniques. Due to their power capacity, EVs subject to non-radioactive wireless charging techniques.



**Table 1.** The summary of wireless charging techniques

Wireless Charging Techniques
Radioactive Wireless Charging Techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Microwave Wireless Power Transfer</li> <li>- Laser Optical Wireless Power Transfer</li> </ul>
Non-radioactive Wireless Charging Techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Magnetic Gear Wireless Power Transfer</li> <li>- Capacitive Wireless Power Transfer</li> <li>- Inductive Wireless Power Transfer</li> </ul>

### 2.2.1. Microwave Wireless Power Transfer

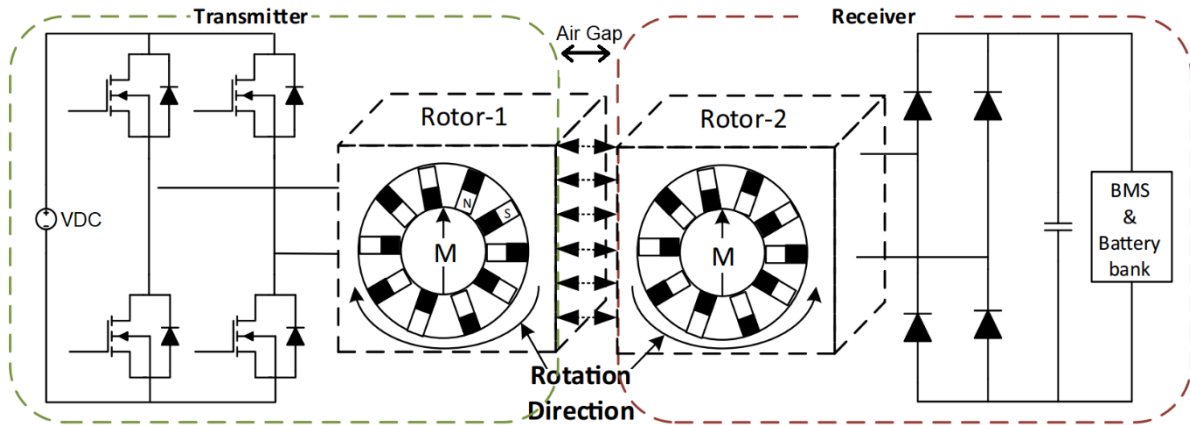
The electrical energy from the source is converted into microwave energy and transmitted from the transmitting antenna to the receiving antenna for long distances. The microwave energy received by the receiving antenna is then converted back into electrical energy at the target. The frequency range of electromagnetic radio waves can be adjusted to a value between 1 GHz and 1000 GHz (Hu et al., 2021). From the standpoint of using Microwave Wireless Power Transfer, there should be no obstacles between the receiver and transmitter. This topology is considered harmful to human health and the environment due to the risk of radioactive emissions. Considering these potential harms to humans and the environment, this topology is not yet commercially utilized (Ahmed et al., 2020).

### 2.2.2. Laser Optical Wireless Power Transfer

In Laser Optical Wireless Power Transfer, power is transmitted from the transmitter to the receiver using laser beams. On the transmitter side, electrical energy is converted into a laser beam through a laser diode. A laser beam director is used to adjust the direction of the laser beam (Mahesh et al., 2021). On the receiver side, a solar panel and a rectifier are used. The laser beam sent from the transmitter first reaches the solar panel, where the light energy is separated from the laser beams. Subsequently, the rectifier converts this energy into direct current and delivers it to the battery (Hongzuo et al., 2021). Laser Optical Wireless Power Transfer technique also requires an unobstructed line of sight between the receiver and transmitter for effective use. However, this topology is considered harmful to human health and the environment due to the risk of radioactive emissions. Due to these potential risks to humans and the environment, this topology is not yet commercially utilized (Ahmed et al., 2020).

### 2.2.3. Magnetic Gear Wireless Power Transfer

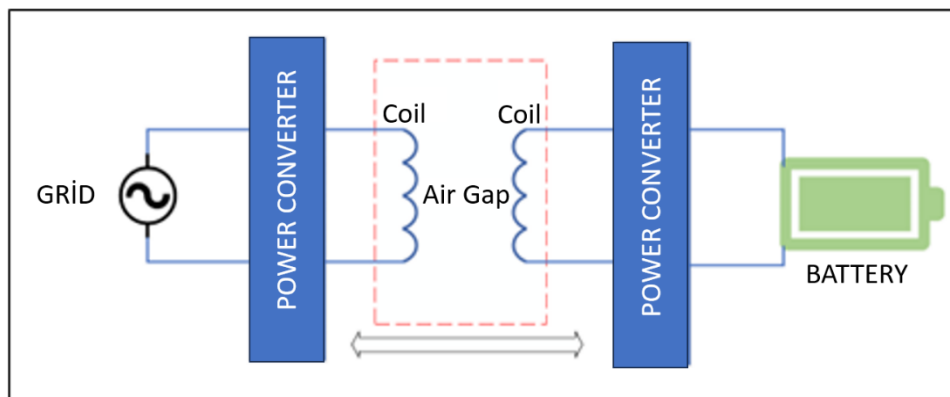
The schematic diagram for the Magnetic Gear Wireless Power Transfer technique is presented in Figure 3, as indicated by (Panchal et al., 2018). As evident from Figure 3, the Magnetic Gear Wireless Power Transfer technique differs structurally from both Inductive Wireless Power Transfer Techniques and Capacitive Wireless Power Transfer Techniques. In this method, two synchronized permanent magnets are positioned side by side, in contrast to other coaxial cable-based charging techniques. The main power serves as the current source, applied to the transmitter winding to generate mechanical torque in the primary magnet. By utilizing mechanical torque, the primary magnet rotates and, through mechanical interaction, generates torque on the secondary magnet. The primary magnet operates in a transmitter-producer mode, while the secondary magnet receives the power and transfers it to the battery via power converters and the battery management system (Panchal et al., 2018). The receiver executes the steps of converting mechanical energy to electrical energy, rectification, and charging the battery in three stages (Qiu et al., 2013).



**Figure 3.** The schematic diagram of Magnetic Gear Power Transfer technique (Panchal et al., 2018)

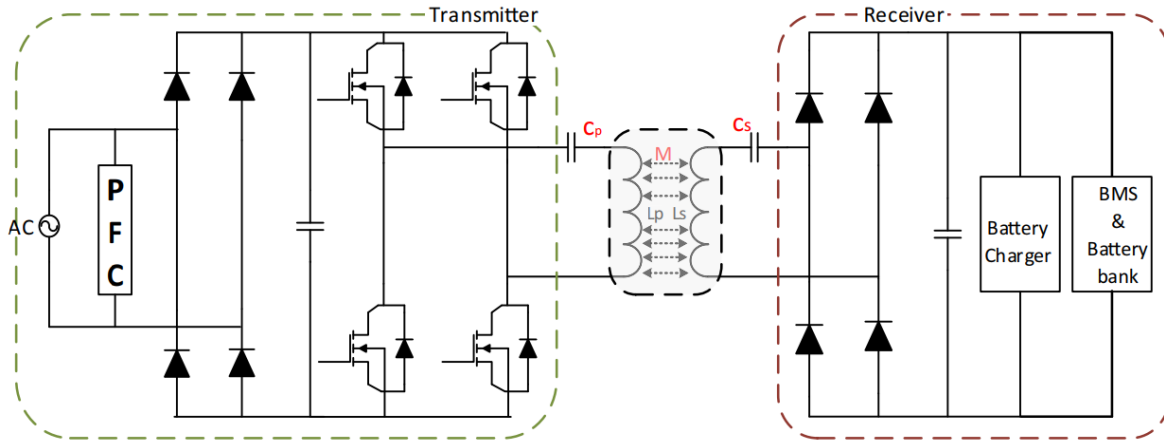
2.2.4. Inductive Wireless Power Transfer

The schematic diagram of the Inductive Wireless Power Transfer technique is shown in Figure 4. In this technique, power transfer is achieved through mutual induction (L. Zhang et al., 2021). In this method, two separate coils, namely transmitter and receiver coils, are used. The distance between the coils directly affects the system efficiency (Jeon and Seo, 2022). The coil on the transmitter side is connected to the charging station, while the coil on the receiver side is connected to the vehicle. Bridge structures with MOSFETs are used on both the receiver and transmitter sides for power conversions (Grbovic, 2013).



**Figure 4.** The schematic diagram of the inductive wireless power transfer technique

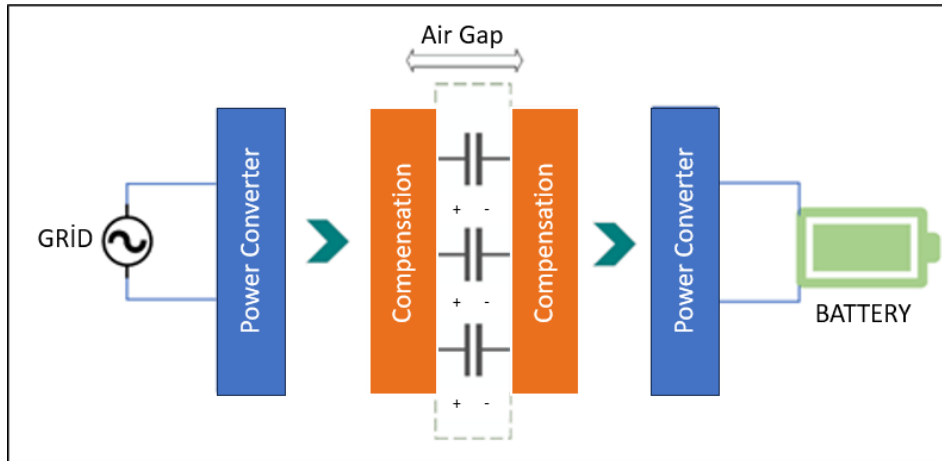
The Resonant Inductive Wireless Power Transfer technique is an advanced version of the common traditional Inductive Wireless Power Transfer method, primarily used in power electronics and for wireless power transfer with transformer coils (Panchal et al., 2018). In this technique, similar to other wireless power transfer methods, it converts the received voltage from the grid into high-frequency alternating current. The power transmitted from the transmitter coil to the receiver coil through the air is then converted to direct current on the receiver side. To enhance impedance matching between the coils, different series/parallel combinations of capacitors and inductors are connected together or separately (Mahesh et al., 2021). The schematic diagram for the Resonant Inductive Wireless Power Transfer technique is illustrated in Figure 5 (Panchal et al., 2018). In fact, this method is a method to reduce inverter losses and is similar to inductive power transfer.



**Figure 5.** The schematic diagram for Resonant Inductive Wireless Power Transfer technique (Panchal et al., 2018)

### 2.2.5. Capacitive Wireless Power Transfer

The schematic diagram for Capacitive Wireless Power Transfer technique is illustrated in Figure 6. In this method, a pair of compact metallic plates creates an electric field between the receiver and transmitter charging pads, facilitating power transfer (Yang et al., 2021). In this technique, after power conversion and compensation processes from a high-frequency AC power source, wireless power transfer and charging are achieved through a capacitive intermediary consisting of copper-coated panels and aluminum plates (Huang and Hu, 2015).



**Figure 6.** Technique of Capacitive Wireless Power Transfer

### 2.3. Type of Wireless Charging Systems

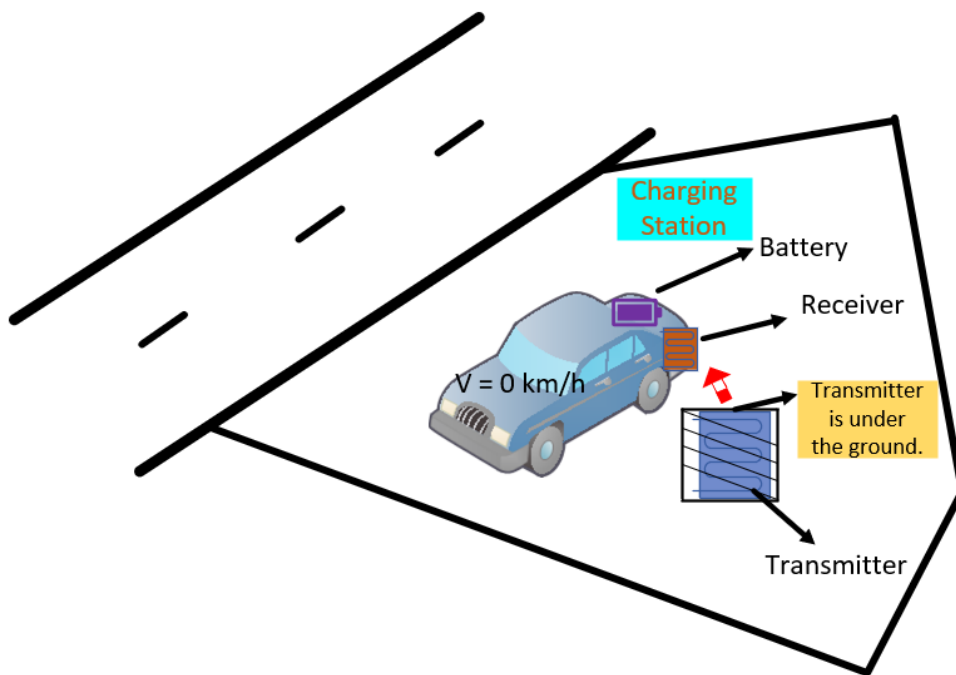
Wireless charging systems are divided into three categories: Static Wireless Charging System, Dynamic Wireless Charging System, and Semi-Dynamic Wireless Charging System (Machura et al., 2020). These systems are developed to enable charging when the vehicle is stationary or in motion. The summary of wireless charging systems is shown in Table 2.

**Table 2.** Type of Wireless charging systems

Wireless Charging Systems
- Static Wireless Charging System
- Dynamic Wireless Charging System
- Semi-Dynamic Wireless Charging System

*2.3.1. Static Wireless Charging System*

Vehicles and the charging station are stationary in Static Wireless Charging Systems. The transmitter coil is mounted under the road or ground with additional power converters and circuits. The receiver coil is installed on the underside of electric vehicles, either in the front, rear, or center (Panchal et al., 2018). The power from the transmitter is converted into a suitable form according to the wireless charging technique used and the charging process is carried out under the control of the battery management system. An example visual for the Static Wireless Charging System is shown in Figure7. The charging time varies depending on the battery capacity and the distance of the air gap between the receiver and transmitter. In passenger vehicles, this distance typically ranges from 150 to 300 mm (Klontz et al., 1993). Static wireless electric vehicle charging systems can be installed in homes, parking lots, shopping centers, and parking areas.



**Figure 7.** Static wireless charging system

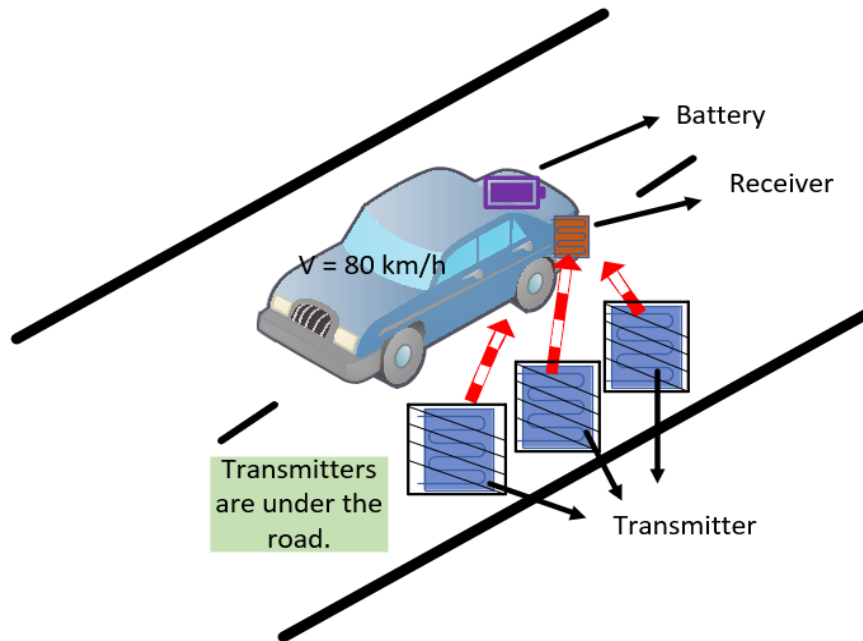
*2.3.2. Dynamic Wireless Charging System*

Considering the stationary nature of the Static Wireless Charging System and the criteria of pause and charging time, manufacturers have begun to focus on developing the Dynamic Wireless Charging System to prevent time loss (Shanmugam et al., 2022).

An example visual for the Dynamic Wireless Charging System is shared in Figure-8. In the Dynamic Wireless Charging System, the charging process continues while vehicles are in motion. The widespread adoption and improvement of the Dynamic Wireless Charging System can reduce the

need for large-scale integrated battery capacity, potentially increasing driving range and thereby reducing the weight and charging costs of the vehicle (Kalwar et al., 2018).

The transmitter coils are embedded beneath the road at a specific distance, connected to the grid with a high-frequency alternating current source and compensation circuits. The receiver coil is attached to the underside of electric vehicles, either in the front, rear, or center. When electric vehicles pass over the transmitter, the receiver coil captures power from the magnetic field it generates and converts it into direct current. The battery is then charged under the control of the battery management system. The Dynamic Wireless Charging System, when considering existing electric vehicles, reduces the total battery requirements by approximately 20% (Musavi et al., 2012).



**Figure 8.** Dynamic wireless charging system

### 2.3.3. Semi-Dynamic Wireless Charging System

While the Dynamic Wireless Charging System is most suitable for highways, for urban environments, the Semi-Dynamic Wireless Charging System, which is a hybrid of Static and Dynamic systems, is more appropriate (Mohamed et al., 2017).

This system, which combines the advantages of both Static and Dynamic Wireless Charging Systems, provides relief for manufacturers in terms of massive installation costs. While electric vehicles are charged with Dynamic Wireless Charging in specific areas of the roads, the Charging During Breaks concept allows vehicles to charge when they come to a stop at traffic lights, buses at stops, taxis at stands, and similar stopping areas. This method is employed in various stopping locations (B. Zhang et al., 2021).

## 2.4. Standards of Wireless Charging

International Electrotechnical Commission (IEC), Underwriters Laboratories (UL) and similar organizations have published standards for wireless charging of electric vehicles, some of which are shown in Table 3. The most accepted ones IEC and UL standards are originated in Europe and USA, respectively. Although these two standards are accepted worldwide, countries publish their own standards based on these standards. These standards cover aspects related to wireless charging

structures, safety measures, use cases, connection structures, charging protocols, and similar specifications.

**Table 3.** Standards of wireless charging

Organization	Standard Code	Standard Description
International Electromechanical Commission (IEC)	IEC 63245-1 (IEC 63245-1:2021, 2021)	Spatial wireless power transfer based on multiple magnetic resonances - Part 1: Requirements / IEC 63245-1:2021 specifies requirements for spatial wireless power transfer based on multiple magnetic resonances (SWPT-MMR), which is a non-radiative wireless power transfer (WPT).
International Electromechanical Commission (IEC)	IEC/IEEE 62704-2 (IEC/IEEE 62704-2:2017, 2017)	Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz - Part 2: Specific requirements for finite difference time domain (FDTD) modelling of exposure from vehicle mounted antennas / IEC/IEEE 62704-2:2017 establishes the concepts, techniques, validation procedures, uncertainties and limitations of the finite difference time domain technique (FDTD) when used for determining the peak spatial-average and whole-body average specific absorption rate (SAR) in a standardized human anatomical model exposed to the electromagnetic field emitted by vehicle mounted antennas in the frequency range from 30 MHz to 1 GHz, which covers typical high power mobile radio products and applications.
Underwriters Laboratories Inc.(UL) International Organization for Standardization (ISO)	ISO 15118-1 (ISO 15118-1:2019, 2019)	Road vehicles - Vehicle to grid communication interface - Part 1: General information and use case definition / ISO 15118-1:2019 This document, as a basis for the other parts of the ISO 15118 series, specifies terms and definitions, general requirements and use cases for conductive and wireless HLC between the EVCC and the SECC.
Underwriters Laboratories Inc.(UL) International Organization for Standardization (ISO)	ISO 15118-8 (ISO 15118-8:2020, 2020)	Road vehicles - Vehicle to grid communication interface - Part 8: Physical layer and data link layer requirements for wireless communication / This document specifies the requirements of the physical and data link layer of a wireless High Level Communication (HLC) between Electric Vehicles (EV) and the Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE).
Underwriters Laboratories Inc.(UL) International Organization for Standardization (ISO)	ISO 15118-9 (ISO 15118-9:2022, 2022)	Road vehicles - Vehicle to grid communication interface - Part 9: Physical and data link layer conformance test for wireless communication / ISO 15118-9:2022 This document specifies conformance tests in the form of an abstract test suite (ATS) for a system under test (SUT) implementing an electric-vehicle or supply-equipment communication controller (EVCC or SECC) with support for WLAN-based high-level communication (HLC) according to ISO 15118-8 and against the background of ISO 15118-1.
Underwriters Laboratories Inc.(UL) International Organization for Standardization (ISO)	ISO 15118-20 (ISO 15118-20:2022, 2022)	Road vehicles - Vehicle to grid communication interface - Part 20: Network and application protocol requirements / ISO 15118-20:2022 This document specifies the communication between the electric vehicle (EV), including battery electric vehicle (BEV) and plug-in hybrid electric vehicle (PHEV), and the electric vehicle supply equipment (EVSE). The application layer messages defined in this document are designed to support the electricity power transfer between an EV and an EVSE.
Society for Automobile Engineers (SAE)	J2954-202010 (SAE J2954-202010, 2020)	Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-In EVs and Alignment Methodology / The SAE J2954 standard establishes an industry-wide specification that defines acceptable criteria for interoperability, electromagnetic compatibility, EMF, minimum performance, safety, and testing for wireless power transfer (WPT) of light-duty plug-in electric vehicles.
Japan Electric Vehicle Association JEVS	G106 (JEVS G106-2000, 2000)	EV inductive charging system: General requirements
Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)	IEEE C95.1-2019 (IEEE C95.1-2019, 2019)	IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz

The choice and application of the standard are contingent upon the specific country mandating it and the particular segment of the charging infrastructure it pertains to, encompassing communication protocols, dispenser specifications, cable standards, power electronic equipment guidelines, as well as fire and security protocols.

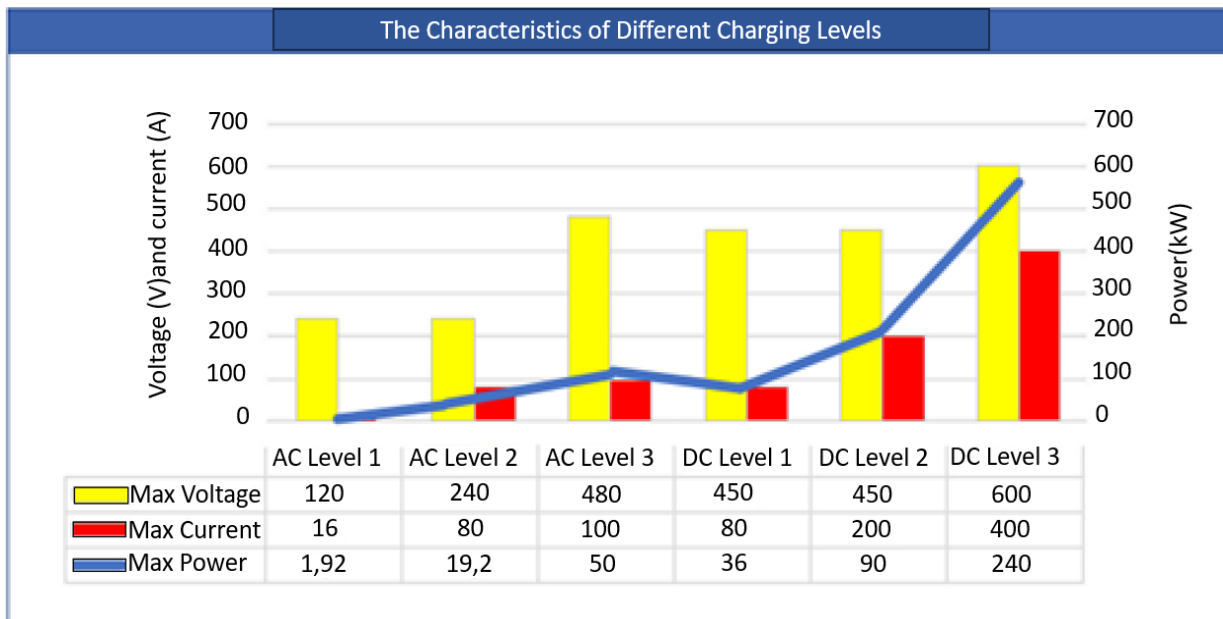
### 3. Wired Charging System

In a wired charging system, energy from the grid is transported through cables, and compatible connector structures connect the charging device to the electric vehicle. Through this connection, the energy from the charging device charges the electric vehicle battery. Wired charging structure is used in plug-in hybrid vehicles and fully electric vehicles. Wired charging applications can be implemented in public spaces such as homes, parking lots, and charging stations.

Two compatible connectors are required for the charging process in wired charging applications. The needed power is obtained from a standard electrical outlet or a public charging station and transferred to the electric vehicle via a cable. The most significant disadvantage of this application is that the user has to carry and plug in the cable. Any disconnection or malfunction in the cable can lead to undesired consequences (Unal et al., 2018). Furthermore, increasing current level increases wire cross sectional area. After certain level, it becomes heavier than human can carry. So, it needs liquid cooling system to reduce cross sectional area that increases cost and volume of the system.

Wired charging is essentially divided into two modes: Alternating Current Charging Mode and Direct Current Charging Mode. Each mode is further divided into different levels. Figure 9 displays a table and graph illustrating the characteristics of some different charging levels specified by the SAE standard (Ahmad et al., 2017).

With the introduction of heavy vehicle charging systems, today's charging level has exceeded megawatts and some of them directly connected to the medium voltage grid. Recently, up to 1250V, 1000A megawatt charging systems (MCSs) are introduced. Standards for such systems are still under development.



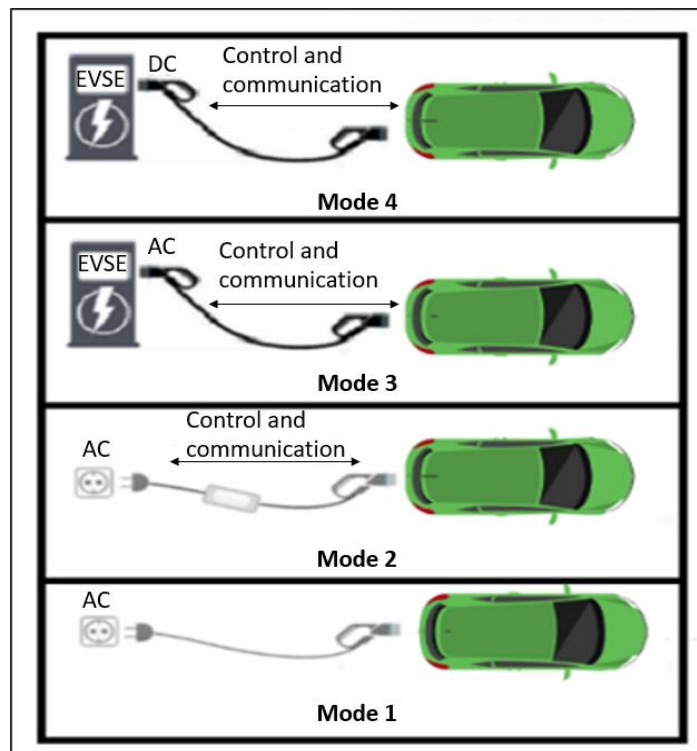
**Figure 9.** The characteristic of different charging levels (Ahmad et al., 2017)

### 3.1. Charging Modes

According to the IEC 62196 standard, four different charging modes have been determined for both electric vehicles and charging equipment. These modes differ in terms of parameters such as control, protection, communication capabilities, charging application environments, and charging speeds. Table 4 shows the characteristics of these 4 modes. Figure-10 illustrates a visual representation of these four modes which is seen in Table 4.

**Table 4.** Charging modes

Charging Mode	AC/DC	Voltage /Ampere	Proprietary Socket	Control, communication and protection system	Environment
1	AC	250V (Single phase) 480V (Three phase) Max 16 amps.	No	No	Can be used at home environment
2	AC	250V (Single phase) 480V(Three phase) Max 32 amps.	No	Yes	Can be used at home environment
3	AC	3.7 kVA (16A, Single-phase 230V AC)/ 7.4 kVA (32A, Single Phase – 230V AC)/ 11 kVA (16A, Three-phase – 400V AC)/ 22 kVA (32 A, Three-phase – 400V AC)	Yes	Yes	Needs to special infrastructures
4	DC	400 A ~200kW/~240kW	Yes	Yes	Needs to special infrastructures



**Figure 10.** Visual representation of these four modes



While AC system for low power level, DC system has more power and it still increasing. Although MV megawatt class standard has not been introduced yet, the highest power shown in Table 4 not limited with 240kW.

### *3.1.1. Mode 1*

This charging mode can be applied in home environments. For Mode 1, the electrical capabilities vary depending on the country, with current values ranging from 8 A to 16 A, and voltage values at 480 V for three phases and 240 V for single phase (Acharige et al., 2023). This mode uses a standard power socket cable. This cable does not have control and protection structures. Therefore, the use of this mode can be hazardous, and its use is prohibited in many countries (Triviño et al., 2021).

### *3.1.2. Mode 2*

In Mode 2, the charging cable includes an in-cable control and protection device (IC-CPD), and it can be applied in home environments similar to Mode 1. Thanks to the control and protection structure, Mode 2 provides significantly more control and protection compared to Mode 1, albeit at a limited level. However, due to its electrical capacity, it can provide a restricted amount of power transfer (Triviño et al., 2021). This mode can provide a maximum power flow of 32 A / 15,3 kW in AC. In Mode 2, a voltage of 240 V can be applied in single-phase, and in three phases, a voltage of 480 V can be applied (BS EN IEC 61851-1:2019, 2019).

### *3.1.3. Mode 3*

Mode 3, which offers much more advanced control, protection, and a higher level of power transfer compared to Mode 1 and Mode 2, is used with AC charging stations. Due to its power transfer capacity and control and protection structures, it is widely used worldwide (Triviño et al., 2021). While performing power transfer on the station side, Mode 3 charging mode actively utilizes continuous control, communication, and protection structures. Special structures integrated into the station are required for the effective use of these features in Mode 3 charging mode.

In Mode 3 charging mode, the energy obtained from the AC charging station is transferred to the electric vehicle through specially designed cables, connectors, and sockets. This AC energy is converted to DC on the electric vehicle side and charges the electric vehicle battery under the control of the battery management system. In three phases, depending on the infrastructure and energy levels, it enables power transfer of 11 kW (400V /16A), 22 kW (400V /32A), and 43 kW (400V /63A) (BS EN IEC 61851-1:2019).

### *3.1.4. Mode 4*

Mode 4 is a mode used for fast charging systems in fixed charging stations. It directly delivers energy to the vehicle as DC. This process eliminates the need for AC-DC conversion by the built-in charger on the vehicle, reducing charging times. Similar to Mode 3, Mode 4 also utilizes advanced control, communication, and protection structures. Therefore, a special infrastructure integrated into the station is required for Mode 4 (Kersten et al., 2021).

The DC charging option used to be added to vehicles as an optional feature due to its high cost by manufacturers until recently. However, this situation has started to become standard in recently. In addition, for DC charging to be possible, the DC charging mode must be installed and operational on the station side. In Mode 4 DC charging, the energy from the grid is converted from AC to DC on the station side. The external charging unit used for this conversion is called the external charger, and as

a result, the built-in charger on the electric vehicle is not used for this process (Triviño et al., 2021). The energy converted to DC is transferred to the electric vehicle through specially designed cables, connectors, and sockets. Control, protection, and communication structures actively operate from the charging preparation process to the completion process. Charging occurs under the control of the battery management system on the electric vehicle side.

Depending on the infrastructure used in Mode 4 and the capabilities of the receiving side, energy up to 1000 V (DC) voltage and 400 A current, providing 400 kW, can be delivered (BS EN IEC 61851-1:2019). Recently, megawatt class charging system introduced their voltage end current level exceed the 1000 A @1250VDC.

### 3.2. Wired Charging Standards

Ideally, having a single standard connection and charging structure for all electric vehicles and charging stations worldwide could provide convenience. However, on a global scale, different manufacturers or groups of manufacturers in different regions have developed their own unique charging structures, following standards set by relevant authorities such as SAE, IEC, IEE, GB/T. These structures may vary from model to model. In general, these structures affect aspects such as how the connector and socket structure will be for charging electric vehicles, which method will be used for communication protocols, and what the power capacities will be. The developed structures are shown in Table 5 (GB/T 20234.2-2015, 2015).

**Table 5.** Wired charging standards

Standard	IEC 62196-2	SAE J1772	GB/T AC 20203 4.2	CCS Combo 1 & SAE 1772 & IEC 62196-3	CCS Combo 2&SAE J1772 & IEC 62196-3	CHAdemo &IEC 62196-4	Tesla	GB/T DC&GB/T 202034.3	Chaoji
Region	EU	North America/US/Japan	China	North America/US	EU	Japan	US	China	Japan/China
Max Power	~33 kW	~166 kW	~48 kW	200 kW	350 kW	400 kW	250 kW	250 kW	900 kW
Start Date	2009	2009	2015	2014	2013	2009	2012	2013	2020
Power Type	AC	AC	AC	DC	DC	DC	AC/DC	DC	DC

In addition to these standards, there are many different standard groups determined by authorities for wired charging, including SAE, IEC, ISO, and GB/T. These standards provide instructions and information on the electrical characteristics, connection structures, communication standards, and many other features for charging structures on both the electric vehicle and charging station sides. Some of these standards are shown in Table 6 (Acharige et al., 2023; Ahmad et al., 2017; Rachid et al., 2022).

Which standard will be used and how it will be used depends on which country the standard is required for and which part of the charging system it is related to, such as communication, dispenser, cable, power electronic equipment, fire and security. Factors such as communication protocols determine how charging stations interact with vehicles and network systems, while dispatcher

functionality standards enable efficient and user-friendly charging experiences. While cable specifications and power electronic equipment standards govern the efficiency and reliability of power transmission, fire and safety regulations are crucial to ensuring public safety and protecting against potential hazards. The selection and implementation of standards for electric vehicle charging infrastructure varies depending on the specific needs and priorities of each country and the functions of each component within the system. The standards that are generally accepted worldwide are the standards set by the European Union and the USA. Although the standards groups led by both countries are not exactly the same, they contain high similarities. However, there are countries that use their own standards, including China and Japan.

**Table 6.** Wired charging standards specified by authorities

<b>Standard</b>	<b>Standard Description</b>
<b>IEC 6185123</b>	Electric Vehicle (EV) conductive charging system part 23: DC EV charging station.
<b>IEC 621961</b>	Vehicle Connectors, Socket Outlets, Plugs, and Vehicle Inlets Conductive Charging of EVs Part 1: General Requirements.
<b>IEC 621962</b>	Vehicle Connectors, Socket Outlets, Plugs, and Vehicle Inlets Conductive Charging of EVs Part 2: Contact Tube Accessories.
<b>IEC 621963</b>	Vehicle Connectors, Socket Outlets, Plugs, and Vehicle Inlets Conductive Charging of EVs Part 3: Contact tube Vehicle Couplers and Dimensional Compatibility & Interchangeability Requirements for DC Pin.
<b>IEC 60038</b>	Standards for the voltage for charging applications.
<b>IEC 60664-1</b>	Installation coordination for charging equipment in low-voltage supply.
<b>IEC 62752</b>	Standards for cable control and protection devices.
<b>ISO 15118</b>	Standards for V2G communication protocols and interfaces.
<b>ISO 17409</b>	Specifications for the connection of EV with an external energy source.
<b>SAE J 1772</b>	Conductive charge coupler for EV and PHEV.
<b>SAE J2344</b>	Guidelines for EV safety.
<b>SAE J2953</b>	Standards for interoperability of EV and charger.
<b>SAE J2847/1</b>	Communication between EV and the grid.
<b>SAE J3068</b>	EV power transfer system using a three-phase AC capable coupling.
<b>GB/T 18487.1</b>	Part 1: Details of general requirements for EV conductive charging system.
<b>GB/T 18487.2</b>	EVs requirements for conductive connection to an AC/DC supply.
<b>GB/T 18487.3</b>	EV conductive charging system AC/DC EV charging station.
<b>GB/T 20234.1</b>	Part 1: General Requirements for Connection Set for Conductive Charging of EVs.
<b>GB/T 20234.2</b>	Part 2: AC charging coupler for Connection Set for Conductive Charging of EVs.
<b>GB/T 20234.3</b>	Part 3: DC charging coupler for Connection set for charging conductive charging of EVs.
<b>GB/T QC/T 895</b>	Detail of EVs On-board Conductive Charger

### 3.2.1. CCS

Combined Charging System (CCS) is a charging standard developed according to the SAE J1772 standard, used by many automotive manufacturers such as Audi, Porsche, Honda, Kia, Fiat, Hyundai, Volvo, Smart, MINI, General Motors, Ford, Chrysler, Dodge, Jeep, BMW, Mercedes, Volkswagen, Jaguar, Land Rover, Bentley, Rolls Royce in Europe and North America. Tesla produces the European model of Model-3 with a compatible CCS connection structure and also provides a separate CCS converter for its other models (Ekici et al., 2021).

According to the CCS charging standard, both AC charging mode and DC fast charging mode can be implemented (National Academies of Sciences, 2021). For the DC charging mode, there are two pins at the bottom of the connector. The CCS charging standard uses CCS-Combo-1 structures in America and CCS-Combo-2 structures in Europe for the DC charging mode. For the AC charging mode, CCS-Type-1 structures are used in America, and CCS-Type-2 structures are used in Europe. Connector structures for CCS are shared in Table 7 (Rachid et al., 2022).

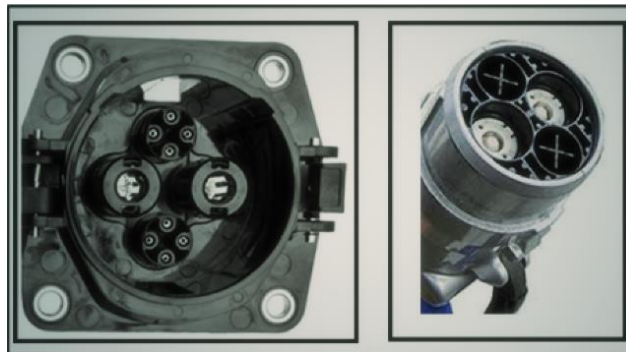
**Table 7.** CCS connector structure

CCS Combo Connector Definition	CCS Combo Connector Structure	Region	Function
<b>Type 1</b>		North America	Single-phase AC charging with Type 1 EV plug
<b>Combo 1</b>		North America	DC fast charging via dedicated pins with CCS Combo 1 EV plug
Type 2		Europe	AC charging with Type 2 EV plug
Combo 2		Europe	DC fast charging via dedicated pins with CCS Combo 2 EV plug

### 3.2.2. CHAdeMO

CHAdeMO (Charge de Move) is a charging standard used by manufacturers such as Mitsubishi and Nissan in Japan. It is developed based on the GB/T 20234 and IEC 62196-4 standards (INL, 2010). When charging with J1772 compliant charging stations, an intermediate cable is required.

Currently, CHAdeMO provides fast DC charging capabilities ranging from 6 kW to 400 kW. CHAdeMO does not have an alternative current charging mode, so in Japan, SAE J1772 Type-1 is used for AC charging mode. Connector structures for CHAdeMO are shown in Figure 11(Rachid et al., 2022).



**Figure 11.** CHAdeMO connector structure (Rachid et al., 2022)

### 3.2.3. GB/T

GB/T 20234-2015 charging standard is used for both AC charging mode and DC fast charging mode in China (GB/T 20234.1-2015, 2015). GB/T 202034.2 standard specifies the AC charging mode, while GB/T 202034.3 specifies the DC charging mode.

The GB/T charging standard provides a maximum of 8 kW energy in the AC single-phase charging mode with 250 V voltage and 10/16/32 A current. In the AC three-phase charging mode, it offers a maximum of 48 kW energy with 440 V voltage and 16/32/63 A current. In the DC charging mode, it provides a maximum of 250 kW energy with 700/1000 V voltage and 80/125/200/250 A current (GB/T 20234.3-2015, 2015). In Figure 12, the GB/T 202034.2 AC charging connector structure and GB/T 202034.3 DC charging connector structure are illustrated (Rachid et al., 2022).



**Figure 12.** GB/T connector structure (Rachid et al., 2022)

### 3.2.4. Tesla

Tesla manufactures the EV charging connector structure based on the region where the vehicle is sold. Accordingly, the U.S. version is also sold in Canada, Mexico, Japan, and Taiwan, equipped with a special Tesla inlet as shown in Figure 13a. In contrast, Figure-13b illustrates the addition of a dual inlet for the Tesla vehicle in China. One of these inlets is for AC GB/T charging mode connection,

and the other is for DC GB/T charging mode connection. Finally, it is shown in Figure-13c that the Tesla vehicle sold in Europe uses the CCS-Type-2 connection structure for AC charging mode, and in Figure-13d, it uses the CCS-Combo-2 connection structure for DC charging mode (Herron, 2019).

Tesla provides different connection structures for both AC and DC charging modes at all charging levels. Tesla Supercharger stations offer high-speed charging through their own charging infrastructure, and the connectors can transfer electric power at 72 kW, 150 kW, or 250 kW.



**Figure 13.** Tesla inlet structure by regions: (a) U.S.; (b) China; (c) Europe and (d) Europe (Rachid et al., 2022)

### 3.3. Communication Protocols for Wired Charging

In wired charging systems, communication between the electric vehicle battery system and the charging station is generally achieved using CAN-Bus and Power Line Communication (PLC) protocols. Table 8 illustrates which communication protocols are used by wired charging standards worldwide.

**Table 8.** Communication protocols of wired charging standards

Standard	IEC 62196-2	SAE J1772	GB/T AC 2020 3 4.2	CCS Combo 1 & SAE1772 & IEC 62196-3	CCS Combo2&SAE J1772 & IEC 62196-3	CHAdeMO&IEC 62196-4	Tesla	GB/T DC&GB/T 202034.3	Chaoji
Protocol	PLC	PLC	CAN Bus	PLC	PLC	CAN Bus	CAN Bus	CAN Bus	CAN Bus

### 3.3.1. CAN-Bus

The Controller Area Network protocol (CAN or CAN-Bus) is a differential two-wire, bidirectional serial communication method that enables electronic subsystems to be interconnected within a network and interact with each other on the same network (Typhoon HIL, 2023).

In the early 1980s, with the increasing use of electronic control units in vehicles, the amount of cables used inside vehicles also increased. This, in turn, added extra weight to vehicles and reduced fuel efficiency. As a result, companies like Germany's Robert Bosch began searching for a new data transmission system that would facilitate communication between multiple electronic control units (ECUs) and vehicle systems, while eliminating the need for additional communication control cables. However, they did not achieve the desired results. Therefore, Bosch, Mercedes-Benz, Intel®, and several German universities collaborated to develop the CAN-Bus protocol. In 1986, Bosch introduced the CAN standard at the SAE Congress in Detroit. A year later, Intel® began shipping the first CAN controller chips. This innovation replaced the heavy cables used for communication control in vehicles with a two-wire CAN-Bus, significantly reducing the cable load in vehicles. This marked a significant change in the automotive industry.

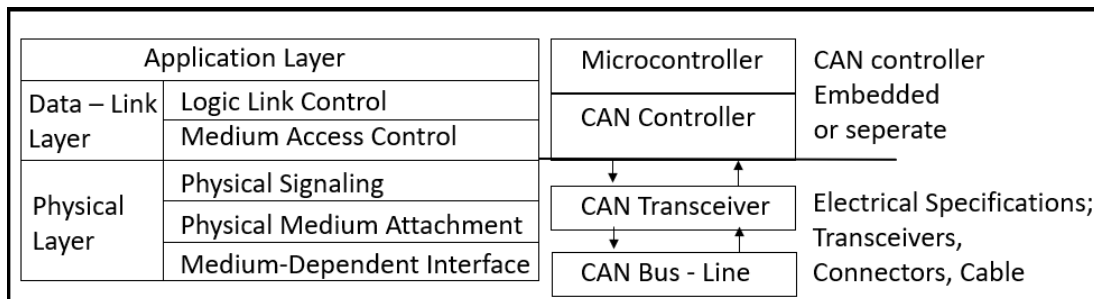
The CAN-Bus communication protocol is widely used in the automotive sector. In addition to automobiles, it is also employed in other applications such as aircraft, marine vessels, factory production lines, medical devices, and household appliances like washing machines.

#### 3.3.1.1. Operating Principle of CAN-Bus

The CAN-Bus communication protocol, along with its data transmission principles, is defined by the International Organization for Standardization (ISO) in the ISO-11898:2003 standard (Corrigan, 2016). Communication between devices connected to a network in the physical environment is defined by the physical layer of the model. The seven-layer model defined according to the ISO 11898 architecture is shown in Figure 14.

The CAN-Bus communication protocol consists of interconnected nodes on a network. Each of these nodes is connected in the physical layer via differential CAN lines. Each node represents a point where these structures are connected to the network to communicate with an Electronic Control Unit (ECU) or similar structures.

CAN communication protocol is a protocol with Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detection, Message Arbitration, and Collision Resolution on Message Priority (CD+AMP/CSMA) features. CSMA ensures that each node remains passive before sending data. CD+AMP means that collisions are resolved through bit-level detection based on pre-programmed priority for each message in the message identifier field. Access priority on the bus is always provided for a higher-priority message (Corrigan, 2016).



**Figure 14.** Architecture of CAN-Bus standard according to ISO 11898 (Corrigan, 2016)

CAN communication standard is divided into three groups: Standard CAN-Bus, Extended CAN-Bus, and CAN-Bus FD. The general differences between these three groups are shown in Table 9 (Corrigan, 2016).

**Table 9.** CAN-Bus communication groups

Order	STANDARD CAN-BUS	EXTENDED CAN-BUS	CAN-Bus FD
1	Initially developed for automotive applications,		It is an enhanced version of the classical CAN-Bus protocol, providing the capability to upgrade all features of CAN-Bus.
2	The DATA length is fixed at 8 bytes (DLC - Data Length Code).		The DATA length is flexible and can be set to 0, 8, 12, 16, 20, 24, 32, 48, or 64 bytes (DLC - Data Length Code).
3	It is an ideal option for applications with a large number of ECUs and where the bandwidth requirement is low.		It provides enhanced functionality for applications with advanced data exchange and bandwidth requirements due to flexible signal transmission.
4	The maximum communication speed is 1 Mbps.		It provides communication speeds ranging from 2.5 to 8 Mbps.
5	It is not compatible with higher-level protocols like CAN-Bus FD		It is compatible with lower-level protocols, similar to Classical CAN-Bus.
6	The message identifier field is 11 bits.	The message identifier field is 29 bits.	Message identifier field can be set as 11 bits or 29 bits.

3.3.1.2. Standard CAN-Bus

The message structure of Standard CAN-Bus communication is shown in Table 10 (Corrigan, 2016).

**Table 10.** Message structure of standard CAN-Bus :11-bit identifier

Bit No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Content	SOF	11-bit Identifier	RTR	ID E	r 0	DLC	0.....8 Bytes Data	CR C	ACK	EOF	IFS	IDLE

The bit-wise meanings of the expressions given in Table 10 are explained below, respectively:

1. The Start of Frame (SOF) bit field in the message structure contains information about the beginning of the message. This field is also used to ensure synchronization between nodes on the bus after the waiting time.
2. The 11-bit Identifier bit field determines the message priority. When two messages are compared, the message with a higher value in this bit field is considered more prioritized.
3. RTR (Remote Transmission Request) bit is active when information is requested from a different node. All nodes receive this information request, but the identifier determines which node will transmit the information. Similarly, the sent response is transmitted to all nodes. Any node interested in this information can use it. This way, all data used in the system remains in the same format. The main purpose of this bit is to indicate that a remote data request is made. When a remote data request is made, this bit is sent as 1. In a regular data transmission, this bit is sent as 0.



4. IDE (Identifier Extension) bit indicates whether standard CAN-Bus communication is used, implying that the extended mode is not employed.
5. r0 bit is a reserved bit for future use, to be utilized if needed.
6. DLC (Data Length Code) bit field determines how many bytes the transmitted data will be.
7. In Standard CAN-Bus communication, data transmission can be up to 64 bits (8 byte).
8. CRC (Cyclic Redundancy Check) bit field is used for error detection purposes by employing a checksum.
9. ACK (Acknowledgment) bit field conveys information to the transmitting node about whether the message has reached its destination correctly by manipulating these bits. If information about the message being received incorrectly is conveyed, the transmitting node repeats its response.
10. EOF (End of Frame) bit signals the end of the message.
11. IFS (Inter frame Space) bit field is used to adjust the time required by the controller to move a correctly received message to the appropriate location in the buffer area.
12. IDLE state is used to ensure the synchronized transfer of a message from the transmitter to the receiver during message transmission. No CAN message is transmitted in the IDLE state. Instead, 8 bits of a recessive message are transmitted to the connected nodes.

3.3.1.3. Extended CAN-Bus

The message structure of Extended CAN-Bus communication is illustrated in Table 11 (Corrigan, 2016).

**Table 11.** Message structure of extended CAN-Bus: 29-bit identifier

IDE	SOF	11-bit Identifier	SRR	IDE-A	18-bit Identifier	r1	r0	DLC	0..... 8 Bytes Data	CRC	ACK	EOF	IFS	IDLE
-----	-----	-------------------	-----	-------	-------------------	----	----	-----	------------------------	-----	-----	-----	-----	------

In the Extended CAN-Bus message structure, there are additional 18-bit identifier bits, an SRR (Substitute Remote Request) bit, an additional IDE-A bit, and an additional r1 bit, which differ from the standard CAN-Bus message structure (Corrigan, 2016). The SRR bit takes the place of the RTR bit. While the additional IDE-A bit indicates the usage of the 18-bit identifier extension, the r1 bit has been added to the Extended CAN-Bus message structure in addition to r0 for later usage.

3.3.1.4. CAN-Bus FD (Flexible Data)

The message structure of CAN-Bus FD communication is illustrated in Table 12 (Lennartson, 2015).

**Table 12.** Message structure of CAN-Bus FD

IDLE	SOF	11-bit / 29-bit Identifier	SRR	IDE-A	EDL	FDL	BR	ESI	DL	0..... 64 Bytes Data	CRC	ACK	ACKD	EOF	IFS	IDLE
------	-----	----------------------------	-----	-------	-----	-----	----	-----	----	-------------------------	-----	-----	------	-----	-----	------

The CAN-Bus FD (Flexible Data rate) protocol has been developed as an enhanced communication protocol with advanced and higher communication capabilities through additions to classic CAN-Bus communication. This development comes as a response to the classic CAN-Bus communication falling behind in adapting to technological advancements. The CAN-Bus FD protocol is defined in

the ISO 11898-1:2024 standard (ISO 11898-1:2024, 2024). CAN-Bus FD offers a cost-effective communication protocol with increased bandwidth for the automotive and other industries. Additionally, almost every feature of classic CAN-Bus in CAN-Bus FD has been elevated to a higher level, with added capabilities for wider data transfer and broader communication bandwidth. Furthermore, CAN-Bus FD supports legacy structures used in classic CAN-Bus.

Structures in the message format of CAN-Bus FD that differ from classic CAN-Bus include:

1. The RRS (Remote Request Substitution) bit is always transmitted as 0, unlike in classic CAN-Bus. This is because CAN-Bus FD does not support remote data requests. The name has been changed to RRS due to the difference in usage.
2. The FDF (Flexible Data Rate) Format bit indicates the use of the FD format for communication and is always transmitted as 1.
3. The EDL (Extended Data Length) bit is used to manage larger data and facilitate faster communication. It is always transmitted as 1.
4. The BRS (Bit Rate Switch) bit field determines the bit rate of the message:
  - a. When bit is set as 0, it indicates communication at up to 1Mbit/sec.
  - b. When bit is set as 1, it indicates communication at up to 5Mbit/sec for CAN-Bus FD.
5. The ESI (Error State Indicator) bit indicates the error state:
  - a. When bit is set as 0, it indicates that the error state is active.
  - b. When bit is set as 1, it indicates that the error state is passive.

### 3.3.2. Power Line Communication (PLC)

Power Line Communication (PLC) refers to the transmission of data over existing low, medium, and high-voltage power infrastructure (Koch, 2015).

While the experimentation and development of PLC protocols date back to the early 1900s, the widespread adoption of its applications is relatively more recent compared to CAN-Bus. It was developed with the purpose of enabling communication over power lines to eliminate the need for additional cables in wired systems. PLC finds a wide range of applications, including smart grids, home automation, internet access, remote monitoring and control, energy management, automotive applications, electric vehicle charging stations, smart cities, and industrial automation (Lampe et al., 2016).

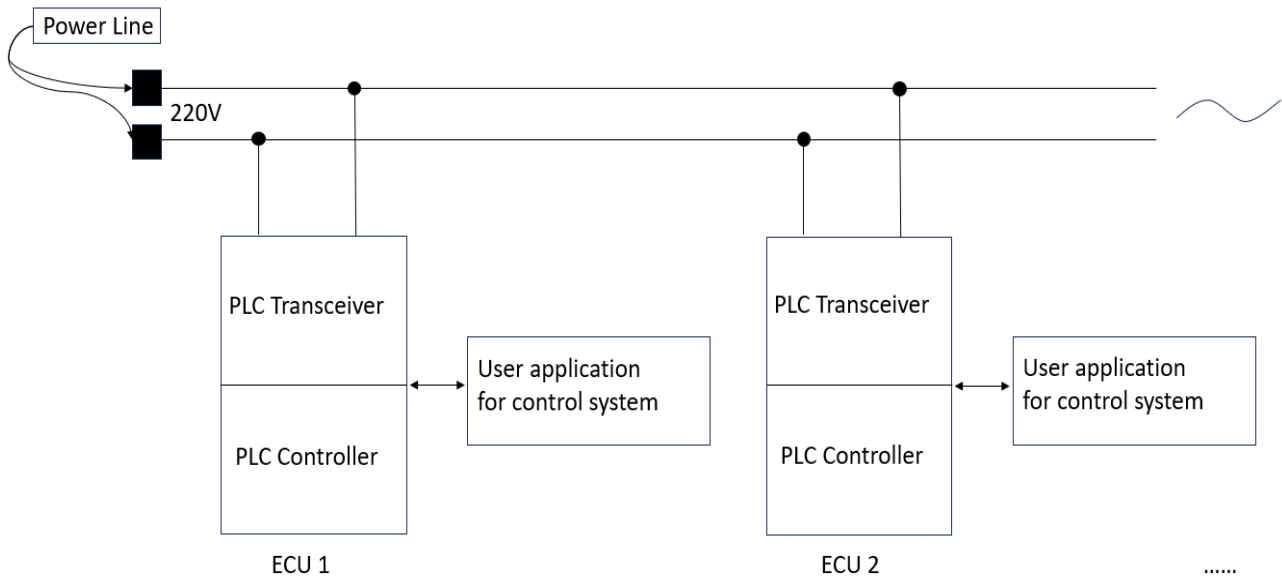
The specifications for the PLC protocol are outlined in standards such as IEEE 1901, ISO 15118-3:2015, and others. While the IEEE 1901 standard provides a general and broad framework for the PLC protocol, the ISO 15118-3:2015 standard specifies structures tailored for its use in the automotive domain (IEEE 1901-2020, 2020; ISO 15118-3:2015, 2015).

The configuration structure of a typical distributed control system PLC module is shown in Figure 15 (Lita and Visan, 2012). The fundamental operating principle of PLC is based on the modulation of data by the transmitter and the demodulation of received data by the receiver. In the PLC protocol, a user can control all structures connected to the same power line.

PLC has four different types: 'In-house networking,' 'Broadband over Power Line,' 'Narrowband in-house applications,' and 'Narrowband outdoor applications.' Descriptions for these types are provided in Table 13 (Ferreira et al., 2011).

**Table 13.** Types of Power Line Communication

Types of PLC	Explanation
<b>In-house networking</b>	It provides high-speed data communication over the household's main power grid.
<b>Broadband over Power Line(BPL)</b>	BPL (Broadband over Power Line) is a type of PLC (Power Line Communication) technology that provides internet access using data transmission over electrical power lines.
<b>Narrowband in-house applications</b>	It allows low-speed data transfer over the household's main power grid for home automation and intra-home connections.
<b>Narrowband outdoor applications</b>	It enables the use of power lines for communication in surveillance systems, measurement systems, or Electric Vehicles (EVs) for battery charging station communication.



**Figure 15.** The configuration structure of a typical distributed control system's Power Line Communication module (Lita & Visan, 2012).

#### 4. Future of EV Charging Technology

Electric vehicle technology continues to be developed and improved in various ways today. The battery and charging system, among the most critical components for electric vehicles, play a significant role in increasing the range, extending battery life, and reducing charging times. Therefore, these components in electric vehicles are constantly evolving.

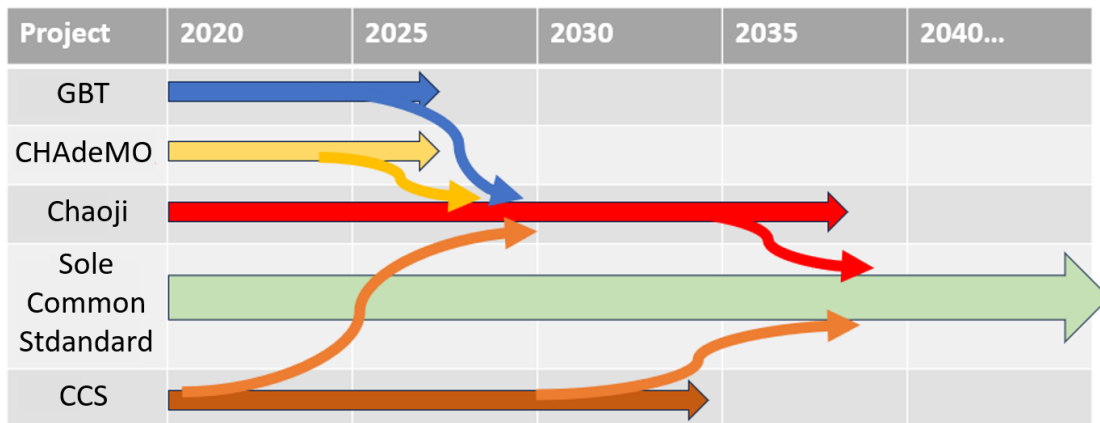
Over the years, various types of batteries, battery management systems, charging stations, and charging systems have been developed, varying from region to region and manufacturer to manufacturer. This diversity can unfortunately lead to compatibility issues in charging electric vehicles in different regions. Hence, efforts are ongoing worldwide to unify the electric vehicle charging infrastructure under a common standard.

Japan and China are actively working on developing a shared charging infrastructure standard in their regions through the Chaoji standard. Organizations such as CHAdeMO in Japan and the China Electricity Council (CEC) in China collaborate on the international development of high-speed DC charging standards. Their joint efforts aim to establish a standardized approach for charging electric vehicles globally (Liu Yong Dong, 2020). The Chaoji standard is aimed at being compatible with the

older versions of CHAdeMO and GB/T standards (Boyd, 2019). The information regarding the Chaoji standard is provided in Table 5, and prototype images for the connection structure of the Chaoji standard are shared in Figure 16.



**Figure 16.** Inlet-socket prototype of the Chaoji standard



**Figure 17.** The table forecasting the process of converging charging into a single common standard

The Chaoji standard can be considered a pioneering effort towards developing a universal standard for all electric vehicles worldwide. In line with the progress of technology, transitioning to such a standard is planned in the coming years. Figure 17 illustrates the anticipated outcome in the literature, where a single standard that is compatible with all electric vehicles is expected to emerge as a result of these efforts (NI Feng, 2023).

### 5. Discussion

The history of electric vehicle technology, although dating back to the past, can be considered a more innovative and adaptable technology in today's structure. Additionally, the increasing prevalence of electric vehicle usage compels continuous development in battery technology, electric motor technology, charging systems, and communication protocols to offer more environmentally friendly, efficient, and effective solutions.

Due to lifespan, range, charging time and similar factors, battery system performance has a critical importance for electric vehicles. The strength and reliability of battery performance are not solely dependent on the type and design of the battery system but are also influenced by the charging system, which is another crucial factor affecting the battery system.

This article provides a general overview of the literature and practical methods, standards, and capabilities applied to both wired and wireless charging systems for electric vehicles. It delves into the CAN-Bus and PLC standards facilitating communication between the vehicle's battery system and the charging station in wired charging systems. The study covers various structures used by different manufacturers for electric vehicles.

The development of improvements for both wired and wireless systems is expected to continue, with dynamic and semi-dynamic charging systems holding significant potential for the future of wireless charging. Integrating these systems into cities and roads is shown to contribute significantly to meeting charging needs quickly and efficiently, thereby increasing the range of electric vehicles. However, the integration of these structures into cities and roads requires comprehensive and costly infrastructure work.

In this context, the study also provides an insight into various wireless power transfer techniques, such as Microwave Wireless Power Transfer, Laser Optical Wireless Power Transfer, Resonant Inductive Wireless Power Transfer, Magnetic Gear Wireless Power Transfer, Inductive Wireless Power Transfer, and Capacitive Wireless Power Transfer.

Regarding wired charging, the article explores the presence of various charging structures. It explains the capabilities of charging modes, Mod 1, Mod 2, Mod 3, and Mod 4. Widely used global charging standards, including CCS, CHAdeMO, GB/T, and TESLA, are examined. It is indicated that CHAdeMO and GB/T are expected to merge under a single standard called Chaoji in the future. The article also highlights ongoing efforts for a single global standard for wired charging systems.

The study delves into the protocols facilitating communication between the battery system and the charging station in wired charging systems. It reveals the use of Power Line Communication in the CCS charging system and the CAN-Bus communication protocol in CHAdeMO, GB/T, and TESLA systems. The general topologies of PLC and CAN-Bus protocols are explained.

## **6. Conclusion**

The development of battery and charging systems is crucial for the advancement of electric vehicles. The progress of these technologies will make electric vehicle usage more widespread and reliable. Therefore, developments in this field are continuously relevant. It is anticipated that, in the future, wired and wireless charging systems will converge into a single common standard accessible for any electric vehicle worldwide. The power of electric vehicles is experiencing continuous growth, with a notable surge in electrification observed in electric buses and trucks. The integration of diverse devices like mine machines, ships, trains, and trolleybuses into the system has introduced gaps, both in the structure and characteristics of chargers, as well as in the standards governing them. This research delves into the study and comparison of international standards employed in the charging systems of electric vehicles. The prevalent charging standards are categorized into three segments: wired, wireless, and battery replacement. These standards are further analyzed based on criteria such as maximum power output, connector type, and communication protocols. Consequently, the study presents an overview of the overarching characteristics of electric vehicle charging standards, encompassing their electrical capabilities, connection types, communication protocol structures, and the general framework of these communication standards. The study shows that international standards currently fall short in adapting to the evolving landscape of new systems, particularly megawatt charging systems. Presently, there is no unified structure for socket and charging systems, whether for low or medium power. Furthermore, there is a dearth of accepted standards and equipment, encompassing sockets and charging systems, specifically designed for megawatt-scale applications.

## Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- Acharige, S. S. G., Haque, M. E., Arif, M. T., Hosseinzadeh, N., Hasan, K. N. & Oo, A. M. T. (2023). Review of Electric Vehicle Charging Technologies, Standards, Architectures, and Converter Configurations. *IEEE Access*, 11, 41218-41255. doi:10.1109/ACCESS.2023.3267164
- Ahmad, F., Alam, M. & Mohammad, A. (2017). Developments in xEVs Charging Infrastructure and Energy Management System for Smart Microgrids Including xEVs. *Sustainable Cities and Society*, 35, 552-564. doi:10.1016/j.scs.2017.09.008
- Ahmed, I., ElGhanam, E. A., Hassan, M. S. & Osman, A. (2020). Study of the Feasibility of Using Microwave Power Transfer for Dynamic Wireless Electric Vehicle Charging, *IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC)*, 23-26 June 2020, Chicago, IL, USA
- BS EN IEC 61851-1:2019: Electric vehicle conductive charging system General requirements, *European Standards*. Retrieved from <https://www.en-standard.eu/bs-en-iec-61851-1-2019-electric-vehicle-conductive-charging-system-general-requirements/>, (2024).
- Boyd, J. (2019). China and Japan drive a global EV charging effort: The new standard will be backward compatible with select charging stations - [News]. *IEEE Spectrum*, 56, 12-13. doi:10.1109/MSPEC.2019.8635804
- Chan, C. C. (2013). The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828–1930: Lessons Learned [Scanning Our Past], *Proceedings of the IEEE*, 101(1), 206-212. doi:10.1109/JPROC.2012.2228370.
- Corrigan, S. (2016). Introduction to the Controller Area Network (CAN), Texas Instruments Application Report, 1-17, Retrieved from <https://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf>.
- Ekici, Y. E., Dikmen, I. C., Nurmammed, M. & Karadağ, T. (2021). A Review on Electric Vehicle Charging Systems and Current Status in Turkey. *International Journal of Automotive Science and Technology*, 5(4), 316-330.
- Ferreira, H. C., Lampe, L., Newbury, J. & Swart, T. G. (2011). Power Line Communications Theory and Applications for Narrowband and Broadband Communications Over Power Lines, John Wiley & Sons, ISBN: 978-1-119-95628-0, West Sussex, United Kingdom.
- GB/T 20234.1-2015: Connection set of conductive charging for electric vehicles – Part 1: General requirements, National Standard of the People's Republic of China. Retrieved from <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT20234.1-2015>, (2024).
- GB/T 20234.2-2015: Connection set of conductive charging for electric vehicles – Part 2: AC Charging Coupler, *National Standard of the People's Republic of China*. Retrieved from <https://www.chinesestandard.net/Related.aspx/GBT20234.2-2015>, (2024).

GB/T 20234.3-2015: Connection set of conductive charging for electric vehicles – Part 3: DC Charging Coupler, *National Standard of the People's Republic of China*. Retrieved from <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT20234.3-2015>, (2024).

Grbovic, P. J. (2013). *Ultra-Capacitors in Power Conversion Systems: Applications, Analysis, and Design from Theory to Practice*. Wiley-IEEE Press, ISBN: 978-1-118-35626-5, West Sussex, United Kingdom.

Herron, D. (2019). Types of electric car charging connectors, and compatibility: A Field Guide to electric vehicle service equipment. Retrieved from <https://greentransportation.info/ev-charging/range-confidence/chap4-charging/4-evse-field-guide.html>

Hongzuo, L., Zhang, Y., Hu, Y., Tse, Z. & Wu, J. (2021). Laser Power Transmission and Its Application in Laser-Powered Electrical Motor Drive: A Review. *Power Electronics and Drives*, 6, 167-184. doi:10.2478/pead-2021-0010

Hu, B., Li, H., Li, T., Wang, H., Zhou, Y., Zhao, X. & Ghannouchi, F. (2021). A long-distance high-power microwave wireless power transmission system based on asymmetrical resonant magnetron and cyclotron-wave rectifier. *Energy Reports*, 7, 1154-1161. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.12.026>

Huang, L. & Hu, A. (2015). Defining the mutual coupling of capacitive power transfer for wireless power transfer. *Electronics Letters*, (51) 22, 1806–1807. doi:10.1049/el.2015.2709

IEC 63245-1:2021: Spatial wireless power transfer based on multiple magnetic resonances - Part 1: Requirements, *International Electrotechnical Commission*. <https://webstore.iec.ch/publication/64142>, (2024).

IEC/IEEE 62704-2:2017: Determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human body from wireless communications devices, 30 MHz to 6 GHz - Part 2: Specific requirements for finite difference time domain (FDTD) modelling of exposure from vehicle mounted antennas, *International Electrotechnical Commission*. Retrieved from <https://webstore.iec.ch/publication/31306>, (2024).

IEEE C95.1-2019: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz, *IEEE Standards Association*. Retrieved from <https://standards.ieee.org/ieee/C95.1/4940/>, (2024).

IEEE 1901-2020: IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications, *IEEE Standards Association*. Retrieved from <https://standards.ieee.org/ieee/1901/7598/>, (2024).

INL–Idaho National Laboratory, (2010). Francfort, J. Electric vehicle charging levels and requirements overview, clean cities. Idaho, USA, INL/MIS-10-20653, (29p) <https://avt.inl.gov/sites/default/files/pdf/presentations/CleanCitiesWedinarCharging12-15-10.pdf>.

ISO 11898-1:2024: Road vehicles — Controller area network (CAN), Part 1: Data link layer and physical coding sublayer, *International Standards*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/86384.html>.

ISO 15118-1:2019: Road Vehicles - Vehicle To Grid Communication Interface - Part 1: General Information and Use-Case Definition, *International Standards*. <https://webstore.iec.ch/publication/29264>, (2024).

ISO 15118-3:2015: Road vehicles — Vehicle to grid communication interface, Part 3: Physical and data link layer requirements, *International Standards*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/59675.html>, (2024).

ISO 15118-8:2020: Road vehicles — Vehicle to grid communication interface, Part 8: Physical layer and data link layer requirements for wireless communication, *International Standards*. <https://webstore.iec.ch/publication/66460>, (2024).

ISO 15118-9:2022: Road vehicles — Vehicle to grid communication interface, Part 9: Physical and data link layer conformance test for wireless communication, *International Standards*. Retrieved from <https://webstore.iec.ch/publication/62035>, (2024).

ISO 15118-20:2022: Road vehicles — Vehicle to grid communication interface, Part 20: 2nd generation network layer and application layer requirements, *International Standards*. Retrieved from <https://webstore.iec.ch/publication/26347>, (2024).

Jeon, S. J. & Seo, D.-W. (2022). Effect of Additional Transmitting Coils on Transfer Distance in Multiple-Transmitter Wireless Power Transfer System. *IEEE Access*, 10, 9174-9183.

JEVS G106-2000: EV inductive charging system: General requirements, *Japan Electric Vehicle Association Standards*. Retrieved from <https://batterystandards.info/standard/jevs-g106>, (2024).

Kalwar, K. A., Aamir, M. & Mekhilef, S. (2018). A design method for developing a high misalignment tolerant wireless charging system for electric vehicles. *Measurement*, 118, 237-245. doi:<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.12.013>

Kerem, A. (2014). Elektrikli araç teknolojisinin gelişimi ve gelecek beklentileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 1-13.

Kersten, A., Rodionov, A., Kuder, M., Hammarstrom, T., Lesnicar, A. & Thiringer, T. (2021). Review of technical design and safety requirements for vehicle chargers and their infrastructure according to national swedish and harmonized european standards. *Energies*, 14, 3301. doi:10.3390/en14113301

Klontz, K. W., Esser, A., Bacon, R. R., Divan, D. M., Novotny, D. W. & Lorenz, R. D. (1993). An electric vehicle charging system with 'universal' inductive interface, *Power Conversion Conference*, 19-21 April 1993, Yokohama, Japan. doi: 10.1109/PCCON.1993.264219.

Koch, M. (2015). Power line communications and hybrid systems for home networks: in ecological design of smart home networks, woodhead publishing, Elsevier, ISBN: 978-1-78242-124-5, Cambridge, United Kingdom.

Lampe, L., Tonello, A. M. & Swart, T. G. (2016). Power line communications: principles, standards and applications from multimedia to smart grid, John Wiley & Sons, ISBN: 978-1-118-67677-6, West Sussex, United Kingdom.



- Lennartson, K. (2015). Comparing CAN FD with Classical CAN. Retrieved from <https://www.kvaser.com/wp-content/uploads/2016/10/comparing-can-fd-with-classical-can.pdf>
- Lita, I. & Visan, D. A. (2012). Power line communication module for distributed control systems, *35th International Spring Seminar on Electronics Technology*, 9-13 May 2012, Bad Aussee, Austria. doi: 10.1109/ISSE.2012.6273173
- Liu Yong Dong, M. D. Y. (2020). ChaoJi Standard. Retrieved from <https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/ChaoJi202006/ChaoJiTechnicalPresentation0619.pdf>
- Machura, P., De Santis, V. & Li, Q. (2020). Driving Range of Electric Vehicles Charged by Wireless Power Transfer. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69 (6), 5968-5982. doi: 10.1109/TVT.2020.2984386
- Mahesh, A., Chokkalingam, B. & Mihet-Popa, L. (2021). Inductive Wireless Power Transfer Charging for Electric Vehicles—A Review. *IEEE Access*, 9, 137667-137713. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3116678
- Manivannan, B., Kathirvelu, P. & Balasubramanian, R. (2023). A review on wireless charging methods – The prospects for future charging of EV. *Renewable Energy Focus*, 46, 68-87. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.06.002>
- Mohamed, A. A. S., Lashway, C. R. & Mohammed, O. (2017). Modeling and Feasibility Analysis of Quasi-Dynamic WPT System for EV Applications. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 3(2), 343-353. doi:10.1109/TTE.2017.2682111
- Musavi, F. & Eberle, W. (2014). Overview of wireless power transfer technologies for electric vehicle battery charging. *Power Electronics, IET*, 7, 60-66. doi:10.1049/iet-pel.2013.0047
- Musavi, F., Edington, M. & Eberle, W. (2012). Wireless power transfer: A survey of EV battery charging technologies, IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 15-20 Sept. 2012, Raleigh, NC, USA. doi: 10.1109/ECCE.2012.6342593
- National Academies of Sciences, E. & Medicine. (2021). Assessment of Technologies for Improving Light-Duty Vehicle Fuel Economy—2025-2035. The National Academies Press, ISBN: 978-0-309-37122-3, Washington DC, USA. doi: 10.17226/26092
- NI Feng, T. I. (2023). A Unified Future-Oriented Charging Programme. Retrieved from <https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/ChaoJi202006/ChaoJiTechnicalPresentation0619.pdf>
- Panchal, C., Stegen, S. & Lu, J. (2018). Review of static and dynamic wireless electric vehicle charging system. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 21(5), 922-937. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2018.06.015>
- Qiu, C., Chau, K. T., Liu, C. & Chan, C. C. (2013). Overview of wireless power transfer for electric vehicle charging, World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27), 17-20 Nov. 2013, Barcelona, Spain. Doi: 10.1109/EVS.2013.6914731

- Rachid, A., Fadil, H., Gaouzi, K., Rachid, K., Abdellah, L., Idrissi, Z. & Koundi, M. (2022). Electric Vehicle Charging Systems: Comprehensive Review. *Energies*, 16 (1) 255, 1-38. doi:10.3390/en16010255
- SAE J2954-202010: Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology, *SAE International*. Retrieved from [https://www.sae.org/standards/content/j2954\\_202010/](https://www.sae.org/standards/content/j2954_202010/), (2024).
- Sayin, A. A. & Yüksel, İ. (2011). Elektrikli Renault Fluence Aracı, Lityum-İyon Bataryasının Modellenmesi ve Batarya Yönetimi. *Engineer & the Machinery Magazine*, 52 (615), 75-82.
- Shanmugam, Y., Rajamanickam, N., Vishnuram, P., Bajaj, M., Aboras, K., Thakur, P. & Kitmo. (2022). A Systematic Review of Dynamic Wireless Charging System for Electric Transportation. *IEEE Access*, 10, 133617-133642. doi:10.1109/ACCESS.2022.3227217
- Singh, M. (2013). Green energy for metropolitan transport. *International Journal on Power Engineering and Energy*, 4 (1), 338-342.
- Triviño, A., González-González, J. M. & Aguado, J. A. (2021). Wireless Power Transfer Technologies Applied to Electric Vehicles: A Review. *Energies*, 14 (6) 1547), 1-21. doi: 10.3390/en14061547
- Typhoon HIL. (2023). CAN Bus protocol, *Typhoon HIL Documentation*. Retrieved from [https://www.typhoon-hil.com/documentation/typhoon-hil-software-manual/References/can\\_bus\\_protocol.html](https://www.typhoon-hil.com/documentation/typhoon-hil-software-manual/References/can_bus_protocol.html), (2024).
- Unal, C., Yirik, E., Ünal, E., Cuma, M., Onur, B. & Tümay, M. (2018). A Review of Charging Technologies for Commercial Electric Vehicles. *International Journal of Advances on Automotive and Technology*, 2 (1), 61-70. doi:10.15659/ijaat.18.01.892
- Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O., Uçarol, H., Özsu, E., Yazar, A. & Tırıs, M. (2003). Elektrikli Araçlar, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, ISBN: 975-403-306-4, Gebze, Kocaeli, Türkiye.
- Yang, L., Zhang, Y., Li, X., Jian, J., Wang, Z., Huang, J. & Tong, X. (2021). Analysis and design of four-plate capacitive wireless power transfer system for undersea applications. *CES Transactions on Electrical Machines and Systems*, 5 (3), 202-211. doi:10.30941/CESTEMS.2021.00024
- Zhang, B., Carlson, R. B., Galigekere, V. P., Onar, O. C., Mohammad, M., Dickerson, C. C. & Walker, L. K. (2021). Quasi-Dynamic Electromagnetic Field Safety Analysis and Mitigation for High-Power Dynamic Wireless Charging of Electric Vehicles, *IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC)*, 21-25 June 2021, Chicago, IL, USA. doi: 10.1109/ITEC51675.2021.9490192
- Zhang, L., Yang, Y., Jiang, Z., Chen, Q., Yan, Q., Wu, Z. & Chen, H. (2021). Demonstration of topological wireless power transfer. *Science Bulletin*, 66 (10), 974-980. doi:10.1016/j.scib.2021.01.028