



Open Access Journal  
e-ISSN: 2619 – 8991

Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 7 - Sayı 5: 1066-1080 / Eylül 2024

(Volume 7 - Issue 5: 1066-1080 / September 2024)

## ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU KONUM TASARIMINDA, DİGSİLENT YAZILIMI KULLANILARAK KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ UMUTTEPE KAMPÜSÜ İÇİN ÖRNEK UYGULAMA

Ayşe Tuğba YAPICI<sup>1\*</sup>, Nurettin ABUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli University, Faculty of Engineering, Electrical Engineering, 41100, Kocaeli, Türkiye

**Özet:** Ulaşım konusunda tüm dünyanın üzerinde durduğu elektrikli araçlar oldukça hızlı yaygınlaşmaktadır. Bu hızlı yayılma ile birlikte aracın sorunsuz yol alabilmesi için belirli aralıklarla şarj edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, elektrikli araçlar için şarj istasyonları ve bunların enerji şebekesine entegrasyonunun önemi gündeme gelmiştir. Yapılan bu çalışmada Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi için gerçek veriler Digsilent Power Factory programına aktararak mevcut enerji dağıtım sisteminin elektrikli araç şarj istasyonu tasarım sorunu detaylı olarak ele alınmıştır. Böylece yakın gelecekte kampüste kurulması beklenen şarj istasyonları için çalışma rehber niteliğinde olacaktır. İlk olarak mevcut dağıtım sisteminin trafolarının % 80 yüklendiği bilindiği için bu yüklenme yüzdesi ile yük akışı elde edilmiştir. Böylece mevcut sisteme herhangi bir iyileştirme yapılmadan ne kadar şarj istasyonu eklenebileceği görülmüştür. Mevcut sisteme eklenebilecek maksimum şarj istasyonu sayısının gelecekte yetersiz olabileceği ön görülerek iki farklı yöntem önerisi ile şarj istasyonu sayısının artırılması hedeflenmiştir. İlk olarak sisteme uygun yeni trafo merkezleri eklenerek şarj istasyonu sayıları ve noktaları gösterilmiştir. Daha sonra ise oldukça popüler olan yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile kampüs için bir güneş paneli şarj istasyonu tasarlanmıştır. Yapılan tasarım Digsilent Power Factory programı ile mevcut sisteme entegre edilerek şarj istasyonu sayısı ve noktaları gösterilmiştir. Yapılan her bir simülasyon çalışması detaylı olarak incelenmiş ve mevcut sisteme etkisi gösterilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Elektrikli Araç, Hızlı şarj istasyonu, Güneş paneli


### Sample Application for Kocaeli University Umuttepe Campus, in Electric Vehicle Charging Station Location Design, Using Digsilent Software

**Abstract:** Electric vehicles, which the world focuses on in terms of transportation, are becoming widespread very rapidly. With rapid growth, the vehicle needs to be charged periodically to drive without problems. Therefore, the issue of charging stations has also come to the fore with electric vehicles. In the study, real data for Kocaeli University Umuttepe Campus was transferred to the Dig Silent Power Factory program and the electric vehicle charging station issue of the current system was discussed in detail. Thus, the study will be a guide for charging stations expected to be installed on campus in the near future. Firstly, since it is known that the existing system transformers are loaded at 80%, the load flow was obtained with this loading percentage. Thus, it was seen how many charging stations could be added without making any improvements to the existing system. Considering that the maximum number of charging stations that can be added to the current system may be insufficient in the future, it is aimed to increase the number of charging stations with two different method suggestions. First, additional transformers are added to the system and the number and points of charging stations are shown. Later, a solar panel charging station was designed for the campus, using solar energy, one of the most popular renewable energy sources. The design was integrated into the existing system with the Dig Silent Power Factory program and the number and points of charging stations were shown. Each simulation study was examined in detail and its effect on the current system was shown.

**Keywords:** Electric vehicle, Fast charging station, Solar panel

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Kocaeli University, Faculty of Engineering, Electrical Engineering, 41100, Kocaeli, Türkiye

E mail: a.tgb.ypc@hotmail.com (A. T. YAPICI)

Ayşe Tuğba YAPICI  <https://orcid.org/0000-0003-2471-0835>

Nurettin ABUT  <https://orcid.org/0000-0001-6732-7575>

**Gönderi:** 19 Haziran 2024

**Kabul:** 12 Eylül 2024

**Yayınlanma:** 15 Eylül 2024

**Received:** June 19, 2024

**Accepted:** September 12, 2024

**Published:** September 15, 2024

**Cite as:** Yapıcı AT, Abut N. 2024. Sample application for Kocaeli University Umuttepe campus, in electric vehicle charging station location design, using digsilent software. 7(5): 1066-1080.

### 1. Giriş

İnsanlık tarihinde, tekerleğin icadından başlayarak gelişen ekonomiler ve teknolojik durumlara bağlı olarak ulaşım sürekli gelişmektedir (Oral ve Kıpık, 2019; Parades ve ark., 2020). Günümüzde, dünya genelinde toplam enerji tüketiminde ulaşımın payı yaklaşık %34'ünü oluşturmaktadır (Koç ve ark., 2018). Hem kırsal hem de kentsel alanlarda insanların yaşam kalitesinin en

önemli unsurlarından biri verimli ve erişilebilir bir ulaşım sistemidir (Simarro ve ark., 2023a). İçten yanmalı araçların dünya genelinde, çevreye vermiş olduğu zararlara nazaran elektrikli araçların durumu oldukça kıymetlidir (Akmal ve ark., 2018). Dünya genelinde ulaşım için ağırlıklı yakıt olarak petrol kullanılmaktadır (Gündoğan, 2022). Bu sebeple petrol türevli yakıt kullanan araçlara alternatif olabilecek elektrikli araçlar



sıfır emisyon özelliği ile oldukça cazip bir alternatif olmuştur (Kılıçarslan ve Çam, 2021). İtçten yanmalı araçların yakıt ihtiyacını karşılayan petrol istasyonlarının yerini elektrikli araç şarj istasyonları alacaktır. Bu sebeple elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşmasını teşvik edebilmek için, yakıt talebini karşılayabilme konusunda tüketicinin zihninde herhangi bir tereddüt kalmaması adına şarj istasyonu sayısının çok hızlı olarak artırılması gerekmektedir (Mastoi ve ark., 2022).

Elektrikli araç şarj alt yapısı son yıllarda iyileşme göstermiş olsa da, mevcut büyüme hızı ile ilerleme olursa önümüzdeki birkaç yıl içinde kurulacak halka açık şarj istasyonu sayısı , ulaşılması hedeflenen elektrikli araç sayısının şarj talebi büyüklüğünü beslemek için yetersiz olabilecektir (Simarro ve ark., 2023b). Bu yeni yükün, enerji dağıtım şebekesi üzerinde etkileri olacağından kamu hizmeti şirketlerinin bu yeni yükün dağıtım şebekesi üzerindeki olası etkilerini anlamak için kapsamlı çalışmalar yapması ve buna göre planlama yapması gerekmektedir (Nour ve ark., 2018). Sonuçta elektrikli araçların yaygınlaşması için gerekli şarj altyapı ağının oluşturulması kaçınılmazdır (Micari ve ark., 2017). Bununla beraber şebekeye eklenecek ek yükün etkilerini önceden öğrenip buna göre hazırlık yapılması için konu üzerinde yapılacak çalışmalar oldukça kıymetlidir (Kumar ve ark., 2021).

Yapılan çalışmada uygulama alanının tek hat şeması üzerinde, Digsilent Power Factory paket programı kullanılarak modelleme yapılmış ve mevcut sistemin yük akışı elde edildikten sonra şarj istasyonu ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Simarro ve Villena, 2022). Yapılan çalışmalarda modelleme yapmak, gerçek uygulama öncesi oldukça kıymetlidir. Çünkü yapılan modelleme üzerinde en iyi sonuca ulaşana kadar defalarca deneme, değişiklik yapma imkanı vardır. Bu nedenle modelleme yapılarak planlanan çalışma için en uygun olan konumlar seçilmelidir (Aydın ve ark., 2017). Yapılan çalışmada şebeke analizinde baralar, hatlar ve trafolar için gerçek uygulamayla birebir modelleme yapılabilen paket programlardan biri olan Digsilent Power Factory seçilmiştir (Özçelik ve ark., 2018). Böylelikle modelleme yapılırken seçilen elemanların etiket bilgileri, gerilim, frekans gibi değerler kullanılabilir.

Dünya geneline bakıldığında sera gazının olumsuz etkilerini ulaşım sistemlerinde azaltmak için, çevreye olumsuz olarak etkisi olmayan elektriğin kullanımı en iyi alternatif çözüm olarak görünmektedir (Kerem ve Gürbak, 2020). Bu sebeple elektrikli araç kullanımına hızlı bir dönüşüm olması için tüm hazırlıkların hızlıca yapılması gerekmektedir. Bu hazırlık aşamasını değerlendirmek gerekirse, öncelikli olarak şarj istasyonlarının yeterli sayıya artırılması gerekmektedir (Metais ve ark., 2022). Şarj istasyonu sayısını arttırmak için mevcut şebekenin buna ne kadar elverişli olduğu belirsizdir (Durmuş ve Kaymaz, 2020). Şarj istasyonu kurulumunda talebi karşılamak için uygun istasyon dağılımı yapmak oldukça önemlidir (Ge ve ark., 2011). Çünkü ülke geneli olarak düşünüldüğünde araç kullanımı

her şehirde aynı yoğunlukta olmayacaktır (Dörtköşe ve ark., 2022). Şehirler açısından, gün içerisinde araç yoğunluğu bölgesel olarak farklılık göstereceğinden, şarj istasyonu kurulumunda talebi karşılayacak doğru yerleştirme tasarımı yapılması gerekmektedir. Bu sebeple her şehir ve her şehrin içinde de talebi karşılayacak yeterli sayıda şarj istasyonu kurulması birinci hedef olurken mevcut sistemin bu ek yükten nasıl etkileneyeceği konusu da oldukça önemlidir (Bashaireh ve ark., 2023). Dolayısıyla bölgesel şarj istasyonu ve mevcut enerji dağıtım sistemlerinin durumu ile ilgili yapılacak çalışmalar oldukça önemlidir (Abaspahic ve Saric, 2021). Yapılan çalışma ile seçilen planlama alanındaki mevcut sisteme entegre edilebilecek maksimum sayıda, şarj istasyonu konumlandırması yapılmıştır. Şarj istasyonu talebinin ilerleyen zamanda artacağına kaçınılmaz olduğu düşünülerek mevcut sistem üzerinde kurulabilecek şarj istasyonu sayısı konusunda iyileştirme önerileri sunulmuştur.

### 2.1. Literatür İncelemesi

Elektrikli araç ve şarj istasyonu konuları kendi içlerinde farklı alt başlıklar ile detaylandırılabilir. Konunun şarj istasyonu başlığına odaklanılacak olunursa konu ile ilgili çalışmalar ilk olarak gerçek uygulama alanları ve gerçek olmayan uygulama alanları üzerinde olmak üzere konum olarak ikiye ayrılabilir. Gerçek uygulama alanları üzerindeki çalışmalar ise gerçek verileri barındıran veya tahmini senaryolar üzerinden ilerleyebilir. Bu çalışmalara bakıldığında her biri çözümlenmeye giderken farklı yaklaşımlardan faydalanmıştır. Yapılan çalışmalardan birinde, İtalya karayolu üzerinde araç akışı, bölgede tercih edilen elektrikli araç modelleri ve bataryaları göz önünde bulunarak şarj istasyonu noktalarının belirlenmesi hedeflenmiştir (Micari ve ark., 2011). Çalışmada çözüme ulaşmak için bazı değişkenler seçilerek matematiksel denklemler üzerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Torino bölgesi üzerinde yapılan bir diğer çalışmada gerçek uygulama alanı seçilmiş ve mevcut araç kullanımı üzerinden şarj istasyonu talebi hakkında sayısal verilerle fikir oluşturulmuştur (Sica ve Deflorio, 2023).

Burada çalışma alanı bölgelere ayrılarak araç yoğunluğunun olduğu noktalar belirlenerek şarj talebi hakkında tahminde bulunulmuştur. Sakarya ili üzerinde yapılmış bir çalışmada ise yollar ve bu yol güzergahları üzerindeki akaryakıt istasyonları konum ve sayı olarak belirtilmiştir (Dörtköşe,2022). Bu akaryakıt istasyonları potansiyel elektrikli araç şarj istasyonu olarak değerlendirilmiş ve kurulumu için konum ve maliyet belirtilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada elektrikli araç şarj istasyonunun enerji yönetimi konusunu ele alınmıştır (Paredes ve Pozo, 2020). Burada şarj istasyonunun güneş panelinden beslenmesi ve gün içerisindeki yoğunluğa bağlı olarak oluşabilecek enerji talebi için elektrikli aracın şebekeyi de besleme durumu ele alınmıştır Çalışma alanı olarak Kırıkkale seçilmiş bir çalışmada bölgenin trafo ve hat durumu incelenerek şarj altyapısı için uygunluk incelenmiştir (Kılıçarslan ve Çam, 2021).

Yunanistan'da bir bölge için elektrikli araç şebeke araç entegrasyonu konusunu ele alan bir çalışmada her defa farklı sayıda elektrikli aracın kullanıldığı düşünülen senaryolar için üzerinde çalışılan bölgenin şebekesi incelenmiştir (Simarro ve ark., 2023b). Yapılan bir diğer çalışmada gerçek bir konut üzerinde çalışarak farklı senaryolar oluşturularak elektrikli araç şarj işleminin mevcut sitem üzerindeki olası etkilerini trafo ve hat yüklenmesi üzerinden değerlendirilmiştir (Nour ve ark., 2018). Mostar Şehri üzerine yapılan bir çalışmada mevcut şebeke yük akışı incelenmiş ve şarj istasyonu eklenmesi durumunda şebekenin nasıl etkileneceği değerlendirilmiştir (Medogorac ve ark., 2022). Bir otoyol boyunca karşılıklı olarak yerleştirilen hızlı şarj istasyonlarının şebekeye etkisini incelendiği çalışmada öneri olarak batarya değiştirme istasyonları önerilmiştir (Farkas ve ark., 2013).

Tayland üzerinde belirlenen uygulama alanı için dört trafo merkezi seçilmiştir (Pothinun ve Premrudeepreechacharn, 2018). Sisteme eklenecek şarj istasyonlarının bu dört trafo merkezi üzerindeki etkisi, harmonik distorsiyonu günlük saat dilimleri üzerinde incelenmiştir. İtalya'da bir çalışma alanı üzerinde şarj istasyonları sisteme entegre olduktan sonrası için oluşabilecek yüklenmelere karşı çözüm önerileri sunulmuştur (Mancini ve ark., 2020). Kolombiya'da seçilen çalışma alanı üzerinde, bölgede tercih edilen araçlar ve sayıları baz alınarak günlük alınabilecek mesafeler ve şarj ihtiyacına bağlı olarak talep edilecek şarj istasyonu sayıları yorumlanmıştır (Betancur ve ark., 2021). Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi için elektrik dağıtım şebekesi Digsilent Powerfactory programı ile modellendiği çalışmada, şebeke üzerinden seçilen üç trafo merkezi üzerinde sisteme entegre edilebilecek şarj istasyonu sayısı ve olası etkileri incelenmiştir (Tunçer ve Çetin, 2023).

Konuyla ilgili literatür incelendiğinde farklı çalışma alanları üzerinde benzer ya da farklı yaklaşımlar kullanılarak şarj istasyonu kurulumu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların her biri kendi içinde sadece farklı çalışma alanları seçilmiş olmasından dolayı bile özgün çalışma olarak nitelendirilebilir. Çünkü elektrikli araç konusunda çalışmalar henüz çok uzun bir geçmişe sahip değildir ve çok hızlı yaygınlaşması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için tüketicinin konu ile ilgili herhangi bir tedirginliğinin kalmaması gerekir. Bu sebeple ilk olarak ihtiyaç duyulan anda erişimi sağlanabilecek yakınlıkta şarj istasyonuna ulaşımı sağlamak gerekir. Bu ihtiyacı karşılamak için şarj istasyonları doğru sayıda ve doğru konuma yerleştirilmelidir. Bu nedenle konu ile ilgili gerçek uygulama alanları üzerinde yapılan her çalışmaya ihtiyaç vardır.

Bu sebeple şarj istasyonu kurulumu öncesi özellikle ilk etapta araç yoğunluğunun fazla olduğu, şehirlerin belli bölgeleri için gerçek uygulama alanları üzerinde yapılan çalışmalar oldukça kıymetlidir. Çünkü bu çalışmalar şarj istasyonu gerçek kurulumu öncesi ön fikir oluşturarak

doğru nokta belirleme, mevcut sistemin bu ek yüke ne kadar hazır olduğu, nasıl etkileneceği ve maliyet konusunda fazlaca katkı sağlayacaktır.

Yapılan çalışmanın yukarıda belirtilen literatür çalışmasındaki Digsilent Power Factory paket programı ile yapılan modellemelerden farklılıkları bakılacak olunursa, seçilen uygulama alanı üzerinde daha önce herhangi bir elektrikli araç şarj istasyonu çalışması yapılmamıştır. Ayrıca diğer çalışmalardan farklı olarak mevcut sistemdeki bağlantı noktalarına ek trafolar eklenerek çok daha fazla sayıdaki şarj istasyonuna erişim için öneri sunulmuştur. Yapılan çalışma ile bir önceki maddede önerilen ek trafo tahsisinden hariç günümüzde oldukça popüler olan yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin elektrikli araç şarj istasyonu için enerji kaynağı olması durumu önerilmiştir. Burada kampüs için güneş panelli elektrikli şarj istasyonu tasarlandıktan sonra sisteme Digsilent Power Factory programında entegre edilmiştir.

Yapılan çalışmada seçilen uygulama için mevcut sistem gerçek verileri ile ele alınmıştır. Bu sebeple uygulama alanına yakın gelecekte şarj istasyonu kurulurken, bu çalışma konu üzerinde öngörü oluşturacaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsü yerleşkesi üzerinde planlanan elektrikli araç şarj istasyonu simülasyon çalışmaları ve sonuçları irdelenmektedir.

Burada, kampüs üzerinde ilk defa elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu planlanmaktadır. Kısa vadede Kampüste, mevcut sistem kapasitesine bağlı olarak şarj istasyonu kurulumu için fikir oluşturulacak olsa da, beklenen elektrikli araç kullanımının hızlı yaygınlaşması için uzun vadede sayıca yetersiz kalacaktır. Bu sebeple uzun vadede kalıcı çözüm için iki farklı öneri sunulmuştur. Bu bağlamda önerilen birinci seçenekte ek trafolar ile şarj istasyonu sayısının maksimum sayıda olması hedeflenirken ekonomik olarak maliyet azaltılması için, alternatif olabilecek ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden faydalanılan ikinci bir yöntem önerilmektedir. Böylece hem uygulama alanıyla hem de farklı alternatif seçenekleriyle çalışma oldukça özgünleştirilmiştir. Bu sebeple, dört farklı simülasyon çalışması yapılarak şarj istasyonu konusu detaylı olarak incelenmektedir. İlk simülasyon çalışması ile mevcut sistemin yük akışını elde etmek hedeflenmiştir. İkinci simülasyon ile mevcut sistemdeki trafoların maksimum yüklenerek, dışarıdan herhangi bir maliyet artışı ve iyileştirme işlemi olmaksızın, hangi bağlantı noktasına ne kadar şarj istasyonu yerleştirilebileceği gösterilmiştir. Üçüncü simülasyonda ise mevcut sisteme eklenebilecek şarj istasyonuna ilave olarak sisteme entegre edilen ek trafolar ile yeni şarj istasyonu sayıları bağlantı noktaları ile gösterilmiştir. Son simülasyon ile mevcut sisteme eklenebilecek şarj istasyonuna ilave olarak, yeni trafo merkezleri tahsisi ile eklenen şarj istasyonları

olmaksızın, sisteme entegre edilen güneş panellerinden beslenen şarj istasyonlarının bağlantı noktaları ve sayıları gösterilmiştir. Simülasyon çalışmalarının sonuçları, sonraki bölümde gösterilmekte ve irdeleme değerlendirilmesi sonuç kısmında yapılmaktadır.

### 2.1. Çalışmada Kullanılan Parametreler ve Sayısal Değerler

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi tek hat şeması Digsilent Power Factory paket programda aktarılmış hali Şekil 1.'de incelendiğinde 9 adet indirici trafo bulunduğu görülmektedir. Trafoların 8 adedi 2MVA gücünde 1 adedi ise 1 MVA gücündedir. Tablo 1'de trafolar ile ilgili bilgiler

gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada temel amaç kampüs için şarj istasyonları noktalarını ve sayılarını belirlemektir. Bu şekilde yapılması planlanan çalışma için en ideal şarj istasyonu, şarj işlemini en hızlı yapan seçenektir. Burada şarj istasyonunun gücü belirleyicidir. Ancak istenilen her noktaya yüksek güçlü şarj istasyonu yerleştirmek mevcut şebekenin bu ek yüke ne kadar hazır olduğu ile ilgilidir. Yapılan çalışmada mümkün olduğunca şarj işlemini hızlı yapabilecek yüksek güçlü şarj istasyonları seçilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan şarj istasyonları Tablo2'de gösterilmiştir.

Tablo 1.Trafo parametreleri

Trafo İsmi	Trafo Gücü(MVA)	Nominal Gerilim(Kv)
TR-1	2	34,5/0,4
TR-2	2	34,5/0,4
TR-3	1	34,5/0,4
TR-4	2	34,5/0,4
TR-5	2	34,5/0,4
TR-6	2	34,5/0,4
TR-7	2	34,5/0,4
TR-8	2	34,5/0,4
TR-9	2	34,5/0,4

Tablo 2. Kullanılan şarj istasyonları

Uygulama çalışması ismi	Şarj istasyon tipi	Şarj istasyon gücü(MVA)
Mevcut Sisteme Eklenecek Şarj İstasyonları	DC Yüksek Hızlı Şarj İstasyonu	200
Ek Trafo Tahsisi ile Eklenecek Şarj İstasyonları	DC Yüksek Hızlı Şarj İstasyonu	200
Güneş Paneli Eklenerek İlave Edilecek Şarj İstasyonları	DC Yüksek Hızlı Şarj İstasyonu	200-50

### 2.2. Umuttepe Yerleşkesi Tek Hat Şeması Digsilent Powerfactory Modeli İle Yük Akışı

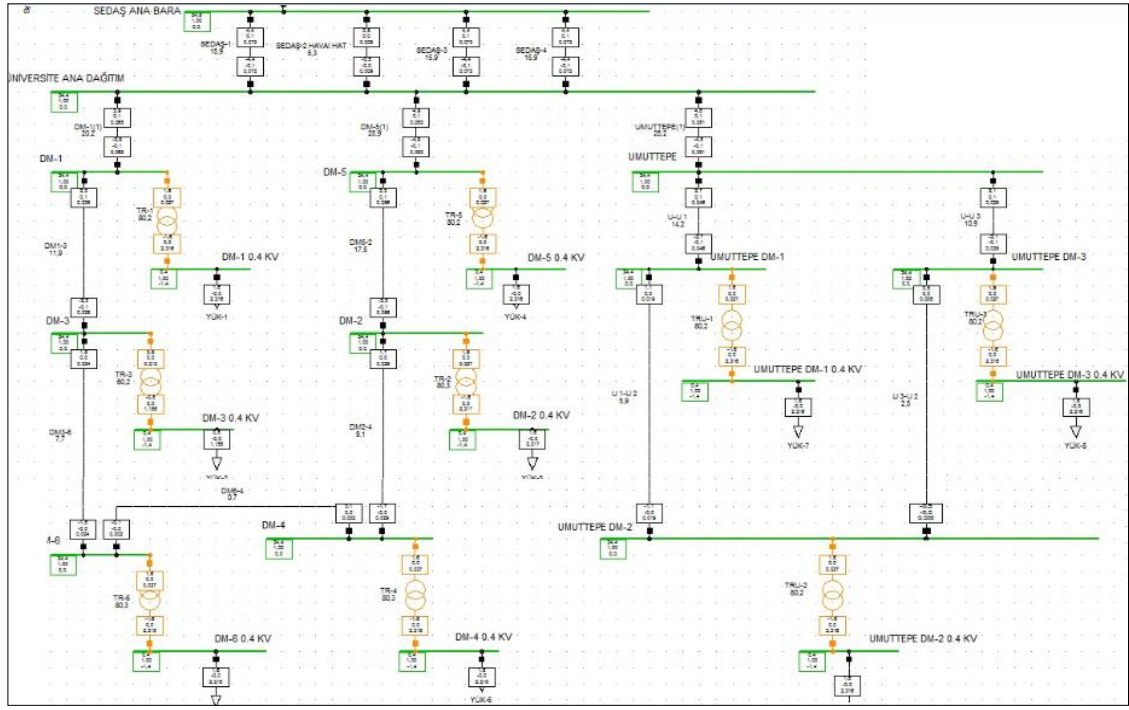
Yapılan çalışma gerçek bir uygulama alanı üzerinde gerçekleştirildiğinden Umuttepe Yerleşke alanı seçilmiştir. Umuttepe Yerleşkesinin tek hat şeması kullanılarak ilk olarak kampüsün mevcut yük akışı oluşturulmuş ve orta gerilim elektrik şebekesi modeli Digsilent Power Factory paket programı yazılımını kullanarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de sistemin tek hat şemasının Digsilent Power Factory paket programda tasarlanmış şekli gösterilmektedir. Sistem tasarımında trafoların, yüklerin, iletkenlerin, baraların bağlantıları ve bunların tüm değerleri mevcut sistemin tek hat şemasına birebir bağlı kalarak yapılmıştır. Böylelikle trafoların mevcut durumu değerlendirilerek herhangi bir değişiklik yapmadan mevcut sisteme entegre edilebilecek şarj istasyonu sayısının hesaplanması sağlanacaktır.

Şekil 1'de 9 adet indirici trafo bulunmaktadır. Trafoların 8 adedi 2MVA gücünde 1 adedi ise 1 MVA gücündedir. Şekildeki model sistemin yük akışı için çalıştırılmış iken alınan ekran görüntüsüdür. Trafolar turuncu renkte görülmektedir. Şebekedeki transformatör yüklenme oranı %80 alınmıştır.%100 yüklenme durumunda ise renk kırmızıya dönüşmektedir.

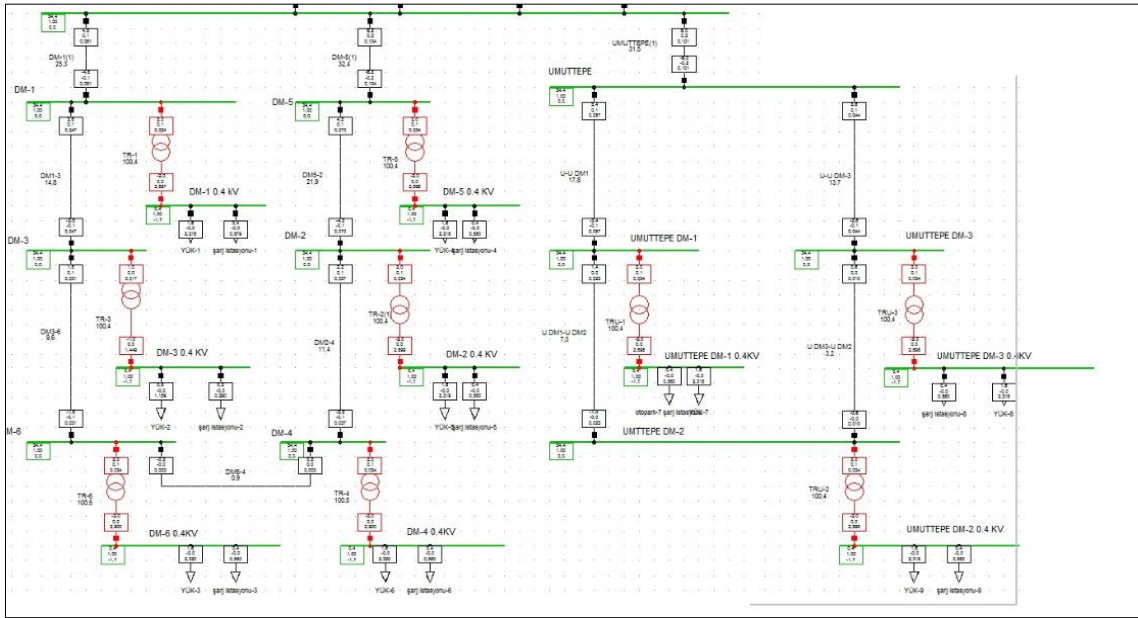
### 2.3. Umuttepe Yerleşkesi Tek Hat Şeması Digsilent Powerfactory Modeli İle Yük Akışı

Simülasyon ile, mevcut sistemin yük akışını doğru olarak elde etmek hedeflenmiştir. Şekil 1'e bakıldığında sistem hata vermeden doğru yüklenmeyi göstermektedir. Bu sebeple ilk olarak mevcut sistemde trafoların maksimum yüklenme durumu için kaç adet şarj istasyonunun hangi noktaya eklenebileceği incelenmektedir. Daha sonra buna ek olarak olumlu katkı sağlayacak öneri modellerini uygulamaktır. Şekil 2'de mevcut yüklerin bulunduğu trafo bağlantı noktalarındaki dağıtım merkezlerinin bulunduğu her bir noktaya mevcut sisteme maksimum sayıda şarj istasyonu eklenmiş Digsilent Power Factory Modeli ekran görüntüsü gösterilmektedir.

Her bir yükün yanına ek yük olarak eklenen şarj istasyonları her bir şarj istasyonunu ayrı ayrı olarak değil, eklenen şarj istasyonları sayısını toplu olarak ifade etmektedir. Sisteme, gerçek uygulama aşamasına gelindiğinde, daha çok tercih edile bilineceği öngörülerek DC yüksek hızlı şarj istasyonları seçilmiştir. Bu sebeple Tablo2'de belirtildiği üzere tüm şarj istasyonları DC yüksek hızlı 200kW gücünde şarj istasyonlarıdır. Şekil 2'de görüleceği gibi, şarj istasyonları eklendiğinde trafoların kırmızı renkte olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise her bir trafonun %100 olarak yüklenmiş olmasıdır. Böylelikle mevcut sisteme eklenebilecek maksimum sayıdaki şarj istasyonu sayısı elde edilmiştir.



Şekil 1. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe kampüsü yerleşkesi tek hat şeması Digsilent Power Factory modeli.



Şekil 2. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe kampüsü yerleşkesi şarj istasyonu eklenmiş Digsilent Power Factory modeli.

#### 2.4. Umuttepe Yerleşkesi Ek Trafo Tahsis Edilmiş DigSilent Powerfactory Modeli

Bu uygulamada, çalışmaya kampüs için şarj istasyonu tasarımında sayıca istasyon olarak yetersiz görülmesiyle öneri ve fikir oluşturmaya katkı sağlayacak şekilde mevcut sistem üzerinde senaryolar oluşturulmuştur. İlk olarak şarj istasyonu sayısının yetersiz görülmesi durumunda yapılabilecek seçeneklerden birisi olan ek trafo tahsisidir.

Şekil 3 incelendiğinde bir önceki şekilden farklı olarak mevcut trafolar ve buna sistemin müsaade edebildiği şarj istasyonuna ek olarak mevcut trafoların yanına eklenmiş trafolar ile maksimum sayıda sisteme entegre edebilecek

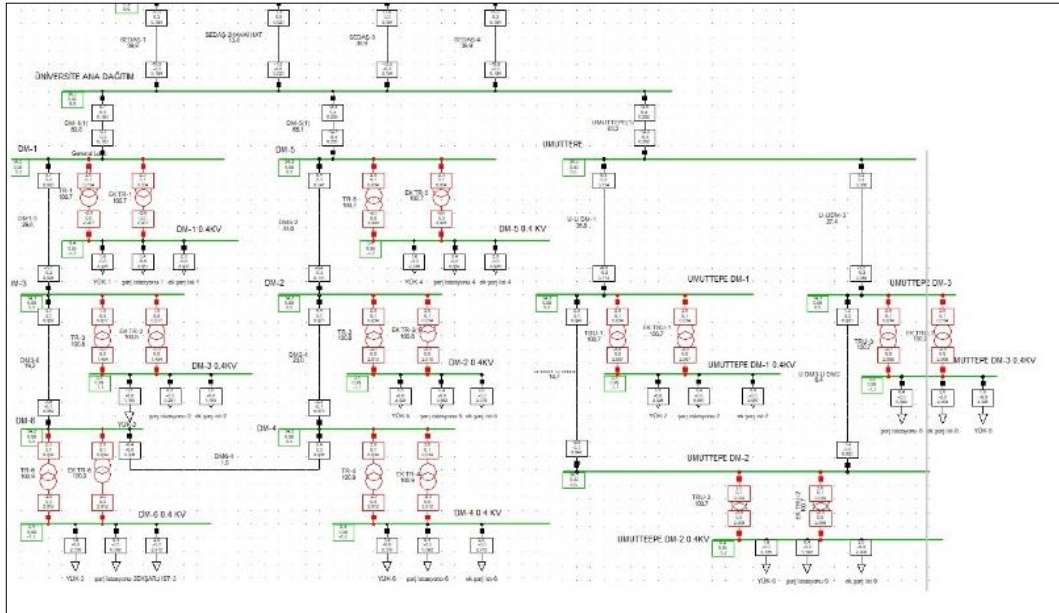
şarj istasyonları görülmektedir. Eklenen trafolar mevcut sistemdeki trafolar ile birebir aynı olacak güç seviyesine sahip 2MVA ve 1 MVA gücünde seçilmiştir. Eklenen şarj istasyonları ayrı ayrı şarj ünitesi olarak değil her bir bağlantı noktasında maksimum sayıda olabilecek şekilde toplu olarak gösterilmiştir. Eklenen şarj istasyonları Tablo 2'de belirtildiği gibi tüm şarj istasyonları DC yüksek hızlı 200kW gücünde olacak şekilde seçilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde hem mevcut trafolar hem de eklenen trafoların kırmızı renkte olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise her bir trafonun %100 olarak yüklenmiş olmasıdır.

## 2.5. Umuttepe Yerleşkesi Güneş Paneli Entegre Edilmiş DigSilent Powerfactory Modeli

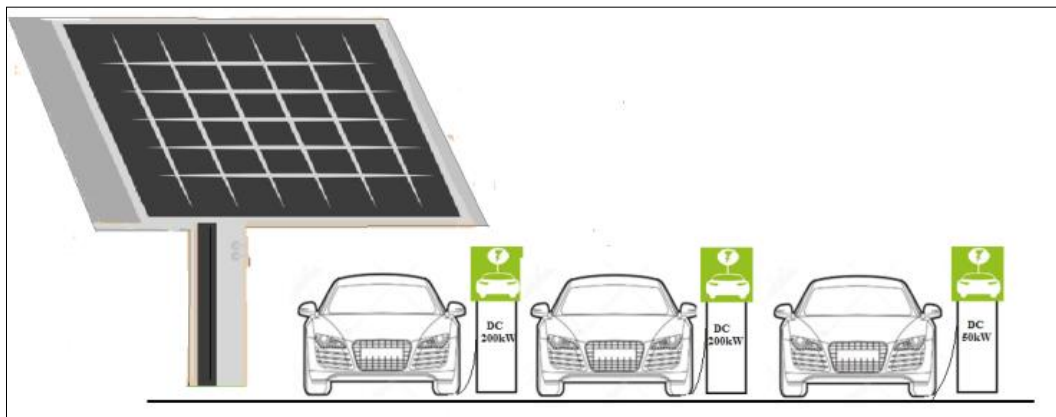
Kampüse şarj istasyonu kurulması aşamasına gelindiğinde ilk olarak mevcut sistemin üzerinde çalışma yapılarak şarj istasyonu kurulacaktır. Ancak mutlaka zamanla ek şarj istasyonu talep edilecektir. Bahsedilen ek trafo tahsisinin bunun için bir seçenektir ancak çalışmada günümüzde oldukça rağbet gören ve gelecek vadede yenilebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi konusu ile ilgili de bir çalışma yapılarak önerilere eklenmiştir (Mastoi ve ark., 2022).

Güneş paneli önerisi ile ilgili yapılan çalışmada her bir trafonun olduğu bağlantı noktasına ek olarak güneş paneli eklenmiştir. Sisteme entegre edilen paneller ile ek olarak kurulmak istenen şarj istasyonu güçlerinin mevcut

sistemden değil sadece panellerden karşılanması hedeflenmiştir. Önerilen bu sistemin tasarımı Şekil 4'deki gibi yapılmıştır. Burada her bir panelin olduğu bağlantı noktasına 3 adet şarj istasyonu eklenmiştir. Yapılan çalışma ile eklenen paneller ile her bir şarj istasyonunda 2 adet 200kW, 1 adet 50kW gücünde 3'er adet şarj ünitesi olacak şekilde istasyonlar önerilmiştir. Burada seçilen şarj istasyonları için güç seçimi yaparken, hızlı şarj istasyonu seçilme sebebi günümüzde daha çok tercih edilmesidir. Bunun sebebi ise şarj işlem süresinin daha kısa olmasıdır. Ek olarak AC şarj istasyonu da seçilmiştir. Bunun sebebi ise kampüs alanında uzun süre duran sürücüler için önerilmiştir. Çünkü AC şarj istasyonlarında şarj işlemi daha uzun sürelidir.



Şekil 3. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe kampüsü yerleşkesi ek trafo tahsis edilmiş Digsilent Power Factory modeli.



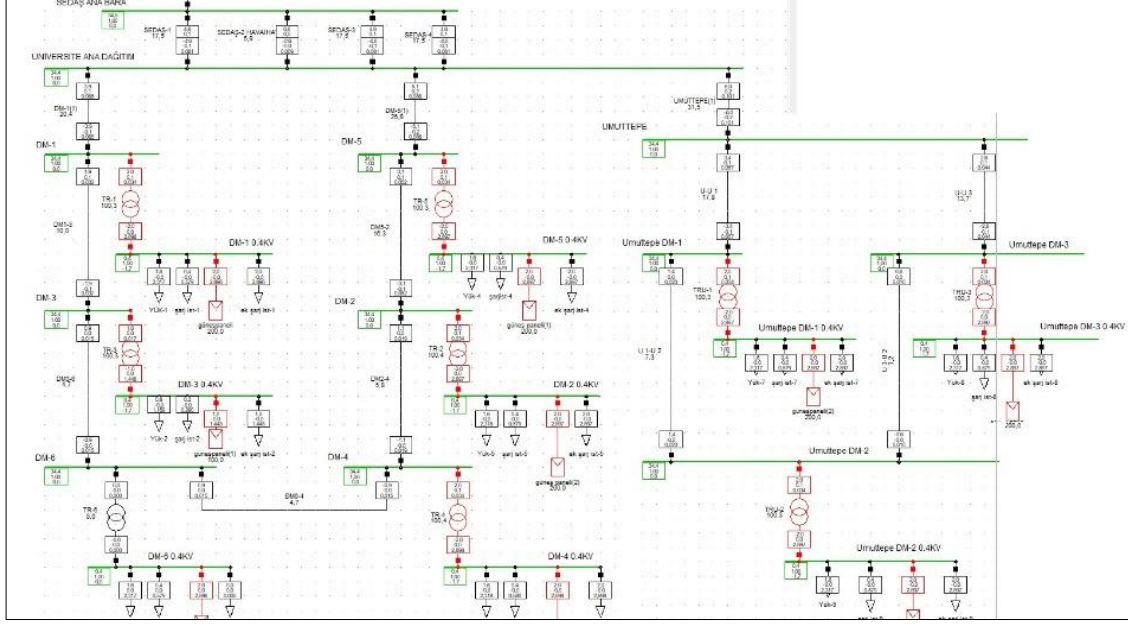
Şekil 4. Güneş Paneli ile Şarj İstasyonu Modeli

Şekil 4'de tasarlanan panel sisteminin kampüse entegre edilmiş modellemesi, Şekil 5'de gösterilmiştir. Yapılan öneride mevcut sistemin trafolarına eklenebilecek şarj istasyonları muhafaza edilerek bu sayının üzerine şarj ünitesi eklenmesi hedeflenmiştir. Böylelikle mevcut sisteme ek bir yük eklenmesinin önüne geçilmektedir.

Eklenen panellerin gücü şekildeki şarj ünitelerinin gücünü sağlayacak şekilde 450 kW olarak ayarlanmıştır. Daha fazla sayıda güneş paneli ile çok daha fazla sayıda şarj istasyonu önerilebilir. Ancak kampüs alanı çok fazla sayıda güneş paneli için uygun değildir. Önerilen güneş paneli sistemi için ilk etapta bataryasız, sadece güneş

olduğu esnada enerji üreten bir sistem önerilmektedir. Çünkü başlangıçta şarj istasyonları maliyeti göz önüne alındığında daha sonra bataryalı sistem önerilebilir. Şekil 5'de sistemde 9 adet trafo bağlantı noktasında

güneş panelleri bağlantıları şarj istasyonlarının yanına eklenmiştir. Böylelikle mevcut sistem için önerilen şarj istasyonlarına ek olarak eklenen güneş panellerinin şarj istasyonu sayısını arttırdığı görülmektedir.



Şekil 5. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsü Yerleşkesi Güneş Paneli Eklenmiş Digsilent Power Factory Modeli.

### 3. Bulgular

Önceki bölümde sadece Digsilent Power Factory program modelleri gösterilen uygulama çalışmalarının sonuç verileri tablolar şeklinde eklenerek karşılaştırılıp sonuçları yorumlanmaktadır. Mevcut sisteme eklenen şarj istasyonları ile elde edilen sonuçlar, ek trafo tahsis edilen sistemin sonuçları ve son olarak güneş paneli eklenmiş sistemin sonuç tabloları olarak değerlendirilmiştir.

#### 3.1. Umuttepe Yerleşkesi Tek Hat Şeması Digsilent Power Factory Modeli Simülasyon Sonuçları

Şekil 1'de Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsü için tek hat şeması Digsilent Power Factory Modeli gösterilmiştir. Tablo 3'de kampüs için trafoların %80 yüklenmiş durumda elde edilen verileri gösterilmektedir. Burada elde edilen sonuçlar mevcut sistemin şuan için yük akışını göstermektedir. Bu sebeple hem mevcut sisteme eklenecek şarj istasyonlarını hem önerilen yöntemler için şarj istasyonlarını belirlemede Tablo 3'deki veriler kullanılmaktadır. Tablo 4'de ise mevcut durum için yük verileri gösterilmiştir.

#### 3.2. Umuttepe Yerleşkesi Şarj İstasyonu Eklenmiş Digsilent Power Factory Modeli Simülasyon Sonuçları

Şekil 2'de Umuttepe Yerleşkesi şarj istasyonu eklenmiş Digsilent Power Factory Modeli gösterilmiştir. Tablo 4'de ise, Şekil 2'de gösterilen mevcut sistemde şarj istasyonları eklenmiş durum için yapılan modellemenin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 5'de elde edilen sonuçlar kampüs için yakın gelecekte kurulacak şarj istasyonu kurulum aşamasında mevcut sistemin buna ne kadar uygun olduğu konusunda rehberlik edebilecektir.

#### 3.3. Umuttepe Yerleşkesi ek trafo tahsis edilmiş digsilent power factory modeli simülasyon sonuçları

Şekil 3'de Umuttepe Yerleşkesi ek trafo tahsis edilmiş Digsilent Power Factory Modeli gösterilmiştir. Tablo 6'da Şekil 3'de gösterilen mevcut sistemde şarj istasyonları eklenmiş duruma ilave olarak ek trafo tahsisi ile sisteme eklenebilecek şarj istasyonlarını gösteren modellemenin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 6'da elde edilen sonuçlar kampüs için yakın gelecekte kurulacak şarj istasyonlarının bir süre sonra araç şarjı konusunda yetersiz kalması durumunda alternatif olarak önerilmiştir.

**Tablo 3.**Mevcut sistemin hat iletim verileri

Hat ismi	Bara X'den	Bara Y'ye	Hat akımı(kA)	Hat aktif gücü (MW)	Hat reaktif gücü (Mvar)	Hat yüklenme yüzdesi %
Sedaş-1	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.073	4.4	0.1	15.9
Sedaş-2	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.009	0.5	0.0	5.3
Sedaş-3	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.073	4.4	0.1	15.9
Sedaş-4	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.073	4.4	0.1	15.9
DM-1	Üniversite Ana Dağıtım	DM-1	0.065	3.9	0.1	20.2
DM1-3	DM-1	DM-3	0.038	3.9	0.1	11.9
DM3-6	DM-3	DM-6	0.024	1.5	0.0	7.7
DM-5	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.083	4.9	0.1	25.9
DM5-2	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.056	3.3	0.1	17.5
DM2-4	DM-2	DM-4	0.029	1.7	0.0	9.1
DM6-4	DM-6	DM-4				0.7
UMUTTEPE	Üniversite Ana Dağıtım	Umuttepe	0.081	4.8	0.1	25.2
U-U 1	Umuttepe	Umuttepe DM-1	0.046	2.7	0.1	14.2
U-U 3	Umuttepe	Umuttepe DM-3	0.035	2.1	0.1	10.9
U 1-U 2	Umuttepe DM-1	Umuttepe DM-2	0.019	1.1	0.0	5.9
U 3-U 2	Umuttepe DM-3	Umuttepe DM-2	0.008	0.5	0.0	2.5

**Tablo 4.**Mevcut sistemin yük verileri

Yük ismi	Bağlantı noktası	Yük akımı (kA)	Yük aktif gücü (MW)
Yük-1	DM-1 0.4 kV	2.316	1.6
Yük-2	DM-3 0.4 kV	1.158	0.8
Yük-3	DM-6 0.4 kV	2.318	1.6
Yük-4	DM-5 0.4 kV	2.316	1.6
Yük-5	DM-2 0.4 kV	2.317	1.6
Yük-6	DM-4 0.4 kV	2.318	1.6
Yük-7	UMUTTEPE DM-1	2.316	1.6
Yük-8	UMUTTEPE DM-3	2.316	1.6
Yük-9	UMUTTEPE DM-2	2.316	1.6



**Tablo 5.**Mevcut sisteme şarj istasyonu eklenmiş hat iletim verileri

Hat ismi	Bara X'den	Bara Y'ye	Hat akımı(kA)	Hat aktif gücü (MW)	Hat reaktif gücü (Mvar)	Hat yüklenme yüzdesi %
Sedaş-1	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.092	5.5	0.2	19.9
Sedaş-2	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.011	0.6	0.0	6.7
Sedaş-3	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.092	5.5	0.2	19.9
Sedaş-4	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.092	5.5	0.2	19.9
DM-1	Üniversite Ana Dağıtım	DM-1	0.081	4.8	0.1	25.3
DM1-3	DM-1	DM-3	0.047	2.8	0.1	14.8
DM3-6	DM-3	DM-6	0.031	1.8	0.1	9.6
DM-5	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.104	6.2	0.2	32.4
DM5-2	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.070	4.2	0.1	21.9
DM2-4	DM-2	DM-4	0.037	2.2	0.1	11.4
DM6-4	DM-6	DM-4	0.003	0.2	0.0	0.9
UMUTTEPE	Üniversite Ana Dağıtım	Umuttepe	0.101	6.0	0.2	31.5
U-U 1	Umuttepe	Umuttepe DM-1	0.057	3.4	0.1	17.8
U-U 3	Umuttepe	Umuttepe DM-3	0.044	2.6	0.1	13.7
U 1-U 2	Umuttepe DM-1	Umuttepe DM-2	0.023	1.4	0.0	7.3
U 3-U 2	Umuttepe DM-3	Umuttepe DM-2	0.010	0.6	0.0	3.2

**Tablo 6.** Ek trafo tahsis edilmiş durumda hat iletim verileri

Hat ismi	Bara X'den	Bara Y'ye	Hat akımı(kA)	Hat aktif gücü (MW)	Hat reaktif gücü (Mvar)	Hat yüklenme yüzdesi %
Sedaş-1	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.184	11.0	0.3	39.9
Sedaş-2	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.021	1.3	0.0	13.4
Sedaş-3	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.184	11.0	0.3	39.9
Sedaş-4	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.184	11.0	0.3	39.9
DM-1	Üniversite Ana Dağıtım	DM-1	0.163	9.7	0.3	50.8
DM1-3	DM-1	DM-3	0.095	5.7	0.2	29.8
DM3-6	DM-3	DM-6	0.062	3.7	0.1	19.2
DM-5	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.208	12.4	0.4	65.1
DM5-2	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.141	8.4	0.3	44.0
DM2-4	DM-2	DM-4	0.073	4.4	0.1	23.0
DM6-4	DM-6	DM-4	0.006	0.4	0.0	1.9
UMUTTEPE	Üniversite Ana Dağıtım	Umuttepe	0.202	12.0	0.4	63.2
U-U 1	Umuttepe	Umuttepe DM-1	0.114	6.8	0.2	35.8
U-U 3	Umuttepe	Umuttepe DM-3	0.088	5.2	0.2	27.4
U 1-U 2	Umuttepe DM-1	Umuttepe DM-2	0.047	2.8	0.1	14.7
U 3-U 2	Umuttepe DM-3	Umuttepe DM-2	0.020	1.2	0.0	6.4

**3.4. Umuttepe Yerleşkesi Güneş Paneli Eklenmiş Digsilent Power Factory Modeli Simülasyon Sonuçları**  
Şekil 5’de Umuttepe Yerleşkesi sistemine güneş paneli entegre edilmiş DigSilent Power Factory Modeli gösterilmiştir. Tablo 7’de, Şekil 5’de gösterilen mevcut sistemde şarj istasyonları eklenmiş duruma ilave olarak güneş paneli entegre edilmiş sisteme eklenebilecek şarj istasyonlarını gösteren modellemenin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 7’de elde edilen sonuçlar kampüs için yakın gelecekte kurulacak şarj istasyonlarının bir süre sonra araç şarjı konusunda sayıca yetersiz kalması durumunda ikinci bir alternatif olarak önerilmiştir. Çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarının mümkün olan her alanda kullanılması artık kaçınılmazdır. Bu sebeple ek şarj istasyonu talebi gündeme geldiğinde muhtemelen ilk tercih edilen seçenek olacaktır.

**Tablo 7.**Güneş Panelli sistem hat iletim verileri

Hat ismi	Bara X’den	Bara Y’ye	Hat akımı(kA)	Hat aktif gücü (MW)	Hat reaktif gücü (Mvar)	Hat yüklenme yüzdesi %
Sedaş-1	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.092	5.5	0.2	19.9
Sedaş-2	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.011	0.6	0.0	6.7
Sedaş-3	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.092	5.5	0.2	19.9
Sedaş-4	Sedaş Ana Bara	Üniversite Ana Dağıtım	0.092	5.5	0.2	19.9
DM-1	Üniversite Ana Dağıtım	DM-1	0.081	4.8	0.1	25.3
DM1-3	DM-1	DM-3	0.047	2.8	0.1	14.8
DM3-6	DM-3	DM-6	0.031	1.8	0.1	9.6
DM-5	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.104	6.2	0.2	32.4
DM5-2	Üniversite Ana Dağıtım	DM-5	0.070	4.2	0.1	21.9
DM2-4	DM-2	DM-4	0.037	2.2	0.1	11.4
DM6-4	DM-6	DM-4	0.003	0.2	0.0	0.9
UMUTTEPE	Üniversite Ana Dağıtım	Umuttepe	0.101	6.0	0.2	31.5
U-U 1	Umuttepe	Umuttepe DM-1	0.057	3.4	0.1	17.8
U-U 3	Umuttepe	Umuttepe DM-3	0.044	2.6	0.1	13.7
U 1-U 2	Umuttepe DM-1	Umuttepe DM-2	0.023	1.4	0.0	7.3
U 3-U 2	Umuttepe DM-3	Umuttepe DM-2	0.010	0.6	0.0	3.2

#### 4. Tartışma

Önceki bölümde yapılan uygulama çalışmalarının sonuçları irdelenmektedir. Mevcut sistemin elektrikli araç şarj istasyonu kapasitesini belirlemede, elde edilen veriler oldukça faydalı olmakla beraber, önerilen yöntemlerle kampüs için şarj istasyonu değerlendirilmesi çok daha kapsamlı bir hale gelmiştir.

Bölüm 4’te elde edilen uygulama çalışması sonuçlarını yorumlamadan önce, mevcut sistemin durumu ve eklenen şarj istasyonunun etkileri mevcut sistemin sonuçları ile kıyaslayarak yorumlamak daha doğru olacaktır. Böylelikle ek yük olarak sisteme eklenecek şarj istasyonları ile kıyaslandığında mevcut sisteme etkileri görülebilmektedir. Bu sebeple mevcut sistemin üzerine gelen her bir yükün sistemde oluşturduğu etki gözlemlenirken, bölüm 4’te elde edilen sonuç tablolarındaki hat yüklenme yüzdeleri göz önüne alınır. Burada sistem etkisi, hat yüklenme yüzdeleri tablosu ile görsel anlaşılabilirliği hedeflenmiştir. Tablo 8 incelendiğinde

ilk sütunda mevcut sistemdeki yüklerin hat üzerinde oluşturduğu yüklenme yüzdeleri görülmektedir. Mevcut sistemdeki trafolar %100 yüklenecek şekilde yüksek hızlı şarj istasyonu eklendiğinde hatlardaki yüklenme ikinci sütunda görülmektedir. Eklenen şarj istasyonlarının bir miktar artış yapması beklenen bir durumdur. Sonuca bakılarak yapılacak değerlendirmeyi bu artışın mevcut sistem için aşırı yüklenmeye sebep olma durumuna bakarak yapmak daha sağlıklı olacaktır. Böylece, artışların yüklenme yüzdelerinde %100 yaklaşmayan değerler olması mevcut sistem için kurulacak şarj istasyonlarına elverişli olduğunu göstermektedir. Üçüncü sütunda ise ek yük gelmesi durumunda mevcut sistemdeki yüke göre artış oranlarını gösterir.

Tablo 8 de mevcut sistem ve şarj istasyonu eklenmiş durum için hat yüklenmeleri incelenerek hat uygunluğu ile entegre edilebilecek şarj istasyon sayısını ve bu istasyonların bağlantı noktalarını göstermektedir.

**Tablo 8.** Mevcut sistem ve şarj istasyonu eklenmiş durumda hat yüklenme yüzdeleri

Hat ismi	%80 yüklü durum hat yüklenme yüzdesi	Şarj istasyonu eklenmiş durum yüklenme yüzdesi	% 80 yüklü durum hat yüklenme yüzdesine göre artış miktarı
Sedaş-1	15.9	19.9	0.092
Sedaş-2	5.3	6.7	25.15
Sedaş-3	15.9	19.9	26.41
Sedaş-4	15.9	19.9	25.15
DM-1	20.2	25.3	25.15
DM1-3	11.9	14.8	25.24
DM3-6	7.7	9.6	24.36
DM-5	25.9	32.4	24.67
DM5-2	17.5	21.9	25.09
DM2-4	9.1	11.4	25.14
DM6-4	0.7	0.9	25.27
UMUTTEPE	25.2	31.5	28.57
U-U 1	14.2	17.8	25
U-U 3	10.9	13.7	25.35
U 1-U 2	5.9	7.3	25.68
U 3-U 2	2.5	3.2	23.72

Tablo 9’da mevcut sistem üzerinde yapılan çalışmalar ve değerlendirmeler sonucunda kampüsteki trafoların %80 yüklenme yüzdesi üzerinden yüksek hızlı DC 200 kW gücü şarj istasyonları sayısı bağlantı noktalarıyla verilmiştir. Sonuçtan görüldüğü gibi, şuan için kampüse toplam 17 adet yüksek hızlı şarj istasyonu eklenebilmektedir. Burada kampüs trafolarının %100 yüklenmesi ile maksimum sayıda şarj istasyonu önerilmiştir. Ancak arz-talep dengesine bağlı olarak bu sayı azaltılabilir. Önerilen şarj istasyonları DC hızlı şarj istasyonudur. Şarj süresi aracın batarya gücüne bağlı olarak değişmektedir. Ancak bu güçte şarj istasyonları ile ortalama bir süre verilmek istenirse, ortalama 20 dakika gibi bir sürede şarj işlemi tamamlanmaktadır.

Kısa bir süre için yeterli olabilse de elektrikli araç konusunda öngörülen araç sayısına çok kısa sürede ulaşılma hedefi düşünülürse yakın gelecekte ek şarj istasyonu talebi, çalışma alanı olan Kampüste ihtiyaç olacaktır. Bu nedenle mevcut sistemdeki yüklenmeyi olumsuz olarak etkilemeyecek alternatiflere ihtiyaç vardır. Yapılan çalışmada ilk öneri olarak ek trafo tahsisi sunulmuştur. Tablo 10 incelendiğinde ilk sütunda mevcut sistemdeki yüklerin hat üzerinde oluşturduğu yüklenme yüzdeleri görülmektedir. Mevcut sisteme ek olarak trafolar ile aynı güç seviyesinde yeni trafolar eklenerek şarj istasyonu sayısı artırıldığında mevcut sistem etkisi, ikinci sütunda ek trafo tahsisi ile hat yüklenme yüzdeleri görülmektedir. Hat yüklenme yüzdelerinde mevcut sisteme göre hızlı bir artış olmuştur. Bu durum üçüncü sütunda görülmektedir.

Sisteme eklenen trafolar ile kampüste kurulabilecek en fazla sayıdaki yüksek hızlı DC 200 kW gücünde şarj istasyonu toplam sayısı mevcut sisteme eklenen ile birlikte 102 adettir.

Tablo 11 incelendiğinde ek trafo tahsis edilmesi ile toplamda 85 adet şarj istasyonu kurulabilirken mevcut

sistem kurulabilen 17 adet şarj istasyonu ile birlikte bu rakam 102 olmuştur. Şarj istasyonu sayısı arttırılmaktadır. Bu sebeple önerilen yöntem şarj istasyonu sayısını arttırmak için oldukça iyi sonuç vermiştir.

Şarj istasyonu sayılarını arttırmak için ilk olarak trafo tahsisi önerilmektedir. Ancak oldukça yaygın kullanılan güneş panelleri sisteme entegre edildiğinde ek yük olarak sistemi etkilemediği için ek trafo tahsisinden daha önce tercih edilebilir. Güneş paneli eklenmiş sistemde, Tablo 7 incelendiğinde, hat yüklenme yüzdelerinin Tablo 5 ile aynı olduğu görülmektedir. Burada mevcut sisteme eklenen trafolar hariç ek bir yük gelmemiştir. Şarj istasyonu eklenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda şarj üniteleri DC 200kW seçilmiştir. Güneş paneli ile uygulamada ise her bir nokta için üç adet şarj ünitesi seçilmiş, bunlardan ikisi DC 200kW gücünde iken bir adedi ise DC 50kW gücündedir. Bu nedenle ek şarj istasyonları iki ayrı başlık altında tabloya eklenmiştir. Tablo 12’ye bakıldığında her bir nokta için 3’er adet şarj ünitesi olmak üzere 9 bağlantı noktasına 27 adet şarj ünitesi eklenebilir. Mevcut sistem için ise 17 adet olduğu daha önceden hesaplanmıştır. Böylece güneş paneli eklenmiş sistemde toplam 44 adet şarj istasyonu sisteme dahil edilebilir.

Tablo 12’deki şarj istasyonu sayısı mevcut sisteme ek yük eklenmeden elde edilmiş olduğu için iyi bir alternatif olmaktadır.

**Tablo 9.**Mevcut sistem ve şarj istasyonu eklenmiş durumda hat yüklenme yüzdeleri

Şarj istasyonu ismi	Şarj istasyonu bağlantı noktası	Şarj istasyonu gücü (kW)	Şarj istasyonu sayısı
Şarj istasyonu-1	DM-1 0.4 kV	200	2
Şarj istasyonu-2	DM-3 0.4 kV	200	1
Şarj istasyonu-3	DM-6 0.4 kV	200	2
Şarj istasyonu-4	DM-5 0.4 kV	200	2
Şarj istasyonu-5	DM-2 0.4 kV	200	2
Şarj istasyonu-6	DM-4 0.4 kV	200	2
Şarj istasyonu-7	UMUTTEPE DM-1	200	2
Şarj istasyonu-8	UMUTTEPE DM-3	200	2
Şarj istasyonu-9	UMUTTEPE DM-2	200	2
			Toplam:17

**Tablo 10.**Mevcut sistem ve şarj istasyonu eklenmiş durumda hat yüklenme yüzdeleri

Hat ismi	%80 yüklü durum hat yüklenme yüzdesi	Ek trafo eklenmiş durum yüklenme yüzdesi	% 80 yüklü durum hat yüklenme yüzdesine göre artış miktarı
Sedaş-1	15.9	39.9	150.94
Sedaş-2	5.3	13.4	152.83
Sedaş-3	15.9	39.9	150.94
Sedaş-4	15.9	39.9	150.94
DM-1	20.2	50.8	151.48
DM1-3	11.9	29.8	150.42
DM3-6	7.7	19.2	149.35
DM-5	25.9	65.1	151.35
DM5-2	17.5	44.0	151.42
DM2-4	9.1	23.0	152.74
DM6-4	0.7	1.9	171.42
UMUTTEPE	25.2	63.2	150.79
U-U 1	14.2	35.8	152.11
U-U 3	10.9	27.4	151.37
U 1-U 2	5.9	14.7	149.15
U 3-U 2	2.5	6.4	156.00

**Tablo 11.** Ek trafo tahsisi ile şarj ünitesi sayısı ve bağlantı noktaları

Şarj istasyonu ismi	Şarj istasyonu bağlantı noktası	Şarj istasyonu gücü (kW)	Şarj istasyonu sayısı
Şarj istasyonu-1	DM-1 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	DM-1 0.4 kV	200	10
Şarj istasyonu-2	DM-3 0.4 kV	200	1
Ek Şarj İstasyonu-1	DM-3 0.4 kV	200	5
Şarj istasyonu-3	DM-6 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	DM-6 0.4 kV	200	10
Şarj istasyonu-4	DM-5 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	DM-5 0.4 kV	200	10
Şarj istasyonu-5	DM-2 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	DM-2 0.4 kV	200	10
Şarj istasyonu-6	DM-4 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	M-4 0.4 kV	200	10
Şarj istasyonu-7	UMUTTEPE DM-1	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	UMUTTEPE DM-1	200	10
Şarj istasyonu-8	UMUTTEPE DM-3	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	UMUTTEPE DM-3	200	10
Şarj istasyonu-9	UMUTTEPE DM-2	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	UMUTTEPE DM-2	200	10
			TOPLAM:102

**Tablo 12.**Güneş paneli entegre edilmiş sistem şarj ünitesi sayısı ve bağlantı noktaları

Şarj istasyonu ismi	Şarj istasyonu bağlantı noktası	Şarj istasyonu gücü (kW)	Şarj istasyonu sayısı
Şarj istasyonu-1	DM-1 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	DM-1 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-1	DM-1 0.4 kV	50	1
Şarj istasyonu-2	DM-3 0.4 kV	200	1
Ek Şarj İstasyonu-2	DM-3 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-2	DM-3 0.4 kV	50	1
Şarj istasyonu-3	DM-6 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-3	DM-6 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-3	DM-6 0.4 kV	50	1
Şarj istasyonu-4	DM-5 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-4	DM-5 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-4	DM-5 0.4 kV	50	1
Şarj istasyonu-5	DM-2 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-5	DM-2 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-5	DM-2 0.4 kV	50	1
Şarj istasyonu-6	DM-4 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-6	DM-4 0.4 kV	200	2
Ek Şarj İstasyonu-6	DM-4 0.4 kV	50	1
Şarj istasyonu-7	UMUTTEPE DM-1	200	2
Ek Şarj İstasyonu-7	UMUTTEPE DM-1	200	2
Ek Şarj İstasyonu-7	UMUTTEPE DM-1	50	1
Şarj istasyonu-8	UMUTTEPE DM-3	200	2
Ek Şarj İstasyonu-8	UMUTTEPE DM-3	200	2
Ek Şarj İstasyonu-8	UMUTTEPE DM-3	50	1
Şarj istasyonu-9	UMUTTEPE DM-2	200	2
Ek Şarj İstasyonu-9	UMUTTEPE DM-2	200	2
Ek Şarj İstasyonu-9	UMUTTEPE DM-2	50	1
			Toplam:44

Literatürde DigSilent power factory yazılımı ile yapılmış şarj istasyonu konumlandırması konusunda birkaç örnek bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmayı benzerlerinden ayıran en temel farklardan birisi uygulama alanıdır. Kampüs alanı üzerinde herhangi bir şarj istasyonu kurulumu mevcut değildir. Bu nedenle yapılan çalışmanın kampüs alanı üzerinde yapılacak kurulum ve benzer çalışma yapacaklar için örnek olması hedeflenmektedir. Ayrıca çalışmanın benzerlerinden ayrılan bir diğer noktası yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş paneli mevcut alana şarj istasyonu kurulumunda önerilmiştir. Böylece kampüs alanı için mevcut şebekeyi destekleyecek bir enerji kaynağı da önerilmiştir. Gelecek çalışmalarda bu kurulumun üzerine güncel teknoloji uygulamaları eklenerek çalışma genişletilebilir.

## 5. Sonuç

Çalışmanın geneli kısaca değerlendirilecek olunursa hedeflenen tüm aşamalar başarılı olarak tamamlanmıştır. Böylelikle Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsü için detaylı bir elektrikli araç şarj istasyonu çalışması yapılmıştır. Çalışmanın yakın gelecekte şarj istasyonu konusunda rehber olması hedeflenmektedir.

**Katkı Oranı Beyanı**

Yazar(lar)ın katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makalenin son halini incelemiş ve onaylamıştır.

	A.T.Y.	N.A.
K	50	50
T	60	40
Y	20	80
VTI	80	20
VAY	50	50
KT	50	50
YZ	60	40
KI	10	90
GR	50	50
PY	20	80
FA	50	50

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

**Çatışma Beyanı**

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

**Etik Onay Beyanı**

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

**Kaynaklar**

Abaspahic A, Saric M. 2021. Impact of complementary integration of electric vehicle charging stations and photovoltaics on voltage quality and voltage stability. 20<sup>th</sup> International Symposium Infoteh-Jahorina , 17-19 March, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp:1-6.

Akmal M, Jawad A, Tarabsheh A. 2018. Design and simulation of solar grid-connected charger for electric vehicle. 20<sup>th</sup> International Conference on Computer Modelling and Simulation, 27-29 Mart, Cambridge, UK, pp: 108-113.

Aydın A, Şeker M, Memmedov A. 2017. Bingöl orta gerilim şebekesinin teknik kayıpların analizi için dıgsilent power factory yazılımı ile bilgisayar destekli şebeke modeli. Mesleki Bilim Derg, 6(1): 10-15.

Bashaireh A, Obeidat D, Almehizia AA, Shalalfeh L. 2023. Optimal placement of electric vehicle charging stations: a case study in Jordan. 2023 IEEE Texas Power and Energy Conference, 13-14 February, College Station, TX, USA, pp: 1-6.

Betancur D, Duarte LF, Revollo J, Restrepo C, Diez AE, Isaac IA, Lopez GJ, Gonzalez JW. 2021. Methodology to evaluate the impact of electric vehicles on electrical networks using Monte Carlo. J Ener, 14(5): 1-16.

Dörtköşe S. 2022. Elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, ss.49.

Dörtköşe S, Yazgan HR, Cömert S. 2022. Elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin akış yakıt ikmal yer modeli kullanılarak belirlenmesi. Erciyes Üniv Fen Bilim Enstit Derg, 38(2):371-382.

Durmuş FS, Kaymaz H. 2020. Elektrikli araç şarj yöntemleri. Akıllı Ulaşım Sistem Uyg Derg, 3(2): 123-139.

Farkas C, Szücs G, Prikler L. 2013. Grid impacts of twin EV fast charging stations placed alongside a motorway. 4<sup>th</sup> International Youth Conference on Energy , 06-08 June, Budapest, Hungary, pp:1-6.

Ge S, Feng L, Liu H. 2011. The planning of electric vehicle charging station based on grid partition method. International Conference on Electrical and Control Engineering, 16-18 September, Yichang, China, pp: 2726-2730.

Gündoğan AE, 2022. Türkiye'deki ulaşımda enerji talebinin sağlam istatistiksel yöntemler ile araştırılması. Nicel Bilim Derg, 4(19): 85-95.

Kerem A, Gürbak H. 2020. Fast charging station technologies for electric vehicles. Gazi Üniv Fen Bilim Derg, 8(3): 644-661.

Kılıçarslan OM, Çam E. 2021. Investigation on the electrical vehicles effects on the electrical power grid. El-Cezerî Fen Mühen Derg, 8(1):21-35.

Koç A, Yağlı H, Koç Y, Uğurlu İ. 2018. Dünyada ve Türkiye'de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. Mühen Mak Derg, 59(692):86-114.

Kumar G, Gautam D, Kumar P. 2021. Optimal charging schedule for electric vehicles in a microgrid with renewable energy sources using digSilent power factory and matlab. Universities Power Engineering Conference, 24-26 September, Kollam, India, pp: 1-5.

Mancini E, Longo M, Yaici W, Zaninelli D. 2020. Assessment of the impact of electric vehicles on the design and effectiveness of electric distribution grid with distributed generation. J Applied Sci, 10(15): 5125-5158.

Mastoi M, Zhuang S, Munir H , Haris M, Hassan M, Usman M, Bukhari S, Ro J. 2022. An in depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends. J Energy Rep, 8(1): 11504-11529.

Medogorac M, Capuder T, Bago D, Susac S, Marijanovic M. 2022. Impact of charging stations for electric vehicles on the power distribution network. J B&H Elect Engin, 16(2): 30-36.

Metais MO, Jouini O, Perez Y, Berrada J, Suomalainen E. 2022. Too much or not enough? Planning electric vehicle charging infrastructure: A review of modeling options. J Renew Sustain Energy Rew, 153: 1-29.

Micari S, Polimenib A, Napolia G, Andaloro L, Antonuccia V. 2017. Electric vehicle charging infrastructure planning in a road network. J Renew Sustain Energy Rew, 80: 98-108.

Nour M, Ali A, Farkas C. 2018. Evaluation of electric vehicles charging impacts on a real low voltage grid. Inter J Power Engin Ener, 9(2):837-842.

Oral C, Kıpık E. 2019. Ulaştırma sektörünün önemi üzerine kavramsal bir yaklaşım. Oğuzhan Sosyal Bilim Derg, 1(1): 58-64.

Özçelik B, Tör O, Cebeci M, Ünver G, Özen K. 2018. Elektrik iletim operatörleri için dıgsilent powerfactory ve siemens simatic wincc scada yazılımı entegrasyonu ile geliştirilen eğitim simülâtörü. Fırat Üniv Fen Bilim Derg, 30(3): 23-29.

Paredes L, Pozo M. 2020. Energy management model for an electric vehicle charging station in the environment of a microgrid. J Revista Tecnica Energia, 17(1): 32-42.

Pothinun T, Premrudeepreechacharn S. 2018. Power quality impact of charging station on MV distribution networks: a case study in PEA electrical power system. 53<sup>rd</sup> International Universities Power Engineering Conference, 04-07 September, Glasgow, UK, pp: 1-6.

Sica L, Deflorio F. 2023. Estimation of charging demand for electric vehicles by discrete choice models and numerical simulations: applications to a case study in Turin. J Green

- Energy Intel Transport, 2(2): 1-11.
- Simarro GA, Villena RR, Honrubia EA, Gomez LE. 2023a. Effect of penetration levels for vehicle-to-grid integration on a power distribution network. J Machines, 11(4): 452-456.
- Simarro GA, Villena RR, Honrubia EA, Gomez LE. 2023b. Impact of electric vehicle integration on an industrial distribution network: case study based on recent standards. 11<sup>th</sup> International Conference on Smart Grid Conference, 04-07 June, France, Paris, pp: 1-5.
- Simarro GA, Villena RR. 2022. Impacts of electric vehicle charging stations on a Greek distribution network. CIRED Porto Workshop 2022: E-mobility and power distribution systems Conference, 02-03 June, Porto, Portugal, pp:452-456.
- Tunçer B, Çetin E. 2023. Elektrikli araç şarj istasyonlarının dağıtım şebekesi üzerindeki etkilerinin örnek bir saha üzerinde incelenmesi.VII. Elektrik Tesisleri Ulusal Kongre ve Sergisi, 1-3 Kasım, İzmir, Türkiye, ss: 54.