



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİKLİ MİKRO-MOBİLİTE
ARAÇLARI İÇİN YENİLİKÇİ BİR SOLAR
ŞARJ İSTASYONU TASARIMI VE OPTİMUM
KONUM BELİRLEMESİ

Emre TOPCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Emre TOPCU tarafından hazırlanan “Elektrikli Mikro-Mobilite Araçları İçin Yenilikçi Bir Solar Şarj İstasyonu Tasarımı ve Optimum Konum Belirlemesi” adlı tez çalışması 23/08/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin ÇEVİK

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Okan UYAR

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ömer Faruk YÜKSEL
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Emre TOPCU

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ MİKRO-MOBİLİTE ARAÇLARI İÇİN YENİLİKÇİ BİR SOLAR ŞARJ İSTASYONU TASARIMI VE OPTİMUM KONUM BELİRLEMESİ

Emre TOPCU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin ÇEVİK

2024, 136 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin ÇEVİK
Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER
Dr. Öğr. Üyesi Fehmi SEVİLMİŞ

Günümüzde, şehir içi ulaşım giderek artan nüfus yoğunluğu, trafik sıkışıklığı ve çevresel endişeler nedeniyle önemli bir değişim sürecinden geçmektedir. Bu geçişte özellikle şehir içi kısa mesafeler için kullanılan e-bike, e-scooter gibi yeni nesil elektrikli mikro mobilité araçların sayısı artmış bulunmaktadır. Bu artışla birlikte bu araçların şarj etme ve park etme gibi çözülmesi gereken problemler ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışmasında, ilk olarak araçların enerji ihtiyacını PV (Fotovoltaik) panellerden karşılayan çevre dostu bir şarj istasyonu tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım araçlar için aynı zamanda düzenli ve güvenli bir park imkânı sunmaktadır. Şarj istasyonunun PV panellerin yerleşimi ve araçlar için kilit bağlanacak yerlerinin olması nedeniyle kabin şeklinde bir tasarım olması gerekmektedir. Bu çözüm maliyetli ve ekstra bir alan işgal edeceği için, Konya’da bulunan şehir içi otobüs duraklarının alt yapısı kullanılarak bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Böylece mevcut otobüs duraklarına yapılacak küçük bir ekleme ile çok amaçlı bir tasarım yapılmıştır. Tasarım aşamasında mevcuttaki otobüs duraklarının gerçek konum, yön ve boyutları esas alınarak, şarj istasyonu için 3d modeller çıkarılmıştır.

İkinci olarak yapılan bu tasarım için optimum konumun belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarımın hangi otobüs durağına kurulacağını belirlemek için Yazır Mahallesi pilot bölge seçilmiştir. Bu mahallede yer alan 10 otobüs durağı belirlenmiştir. Kriterler olarak; Okula uzaklık, Anayola uzaklık, Bisiklet sayısı, Güvenlik, Tramvay durağına uzaklık, Güneş elverişliliği, Avm’ ye uzaklık, Elektrik Şebekesine uzaklık, Nüfus yoğunluğu, Yatırım maliyeti olmak üzere toplamda 10 kriter belirlenmiştir. Güneş ışığı kriteri için, her bir durak etrafındaki ağaç, bina gibi gölgelenme etkileri dikkate alınarak PVsol programında yıllık güneş ışığı analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda PV panellerin yıllık gölgelenme oranları 0.8-20.7% aralığında çıkmıştır. Şarj istasyonu konumunun belirlenmesinde hangi kriterlerin daha öncelikli olduğunun belirlenmesi için Konya Büyükşehir Belediyesine Bağlı Sürdürülebilir Ulaşım ve Hareketlilik Şube Müdürlüğündeki çalışan uzmanlar ve bisiklet kullanıcılarına anket yapılmıştır. Belirlenen kriterler ve anket sonuçlarına, Çok Kriterli Karar Verme Analizi (AHP), Çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözüm (VIKOR), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) yöntemleri uygulanarak optimum şarj istasyonu konumu belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu tasarım, bireysel araç sahipleri için şarj ve güvenlik kaygılarını hafifletirken, paylaşımlı araçlar için düzenli park yeri sağlayarak yaya trafiğine engel olmadan işletme maliyetlerini azaltır. Ayrıca otobüs duraklarının kullanılmasıyla, insanların ve kameraların bulunduğu bölgeler, kullanıcıların araçlarını şarj ve park etmesi için daha güvenli olacaktır. Şarj istasyonunun kurulacağı optimum lokasyonun belirlenmesi, kaynakların daha verimli kullanılmasıyla çoklu fayda sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: AHP, Elektrikli Araç Şarj istasyonu, Fotovoltaik Sistemler, Lokasyon Belirleme, Mikro-mobilité, PVsol, Şarj İstasyonu Tasarımı, VIKOR

ABSTRACT

MS THESIS

INNOVATIVE SOLAR CHARGING STATION DESIGN AND DETERMINATION OF THE OPTIMAL LOCATION FOR ELECTRIC MICRO-MOBILITY VEHICLES

Emre TOPCU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL- ELEKTRONICS ENGINEERING

Advisor: Assist. Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÇEVİK

2024, 136 Pages

Jury

Advisor: Assist. Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÇEVİK

Assoc Prof. Dr. Mümtaz MUTLUER

Assist. Prof. Dr. Üyesi Fehmi SEVİLMİŞ

Nowadays, urban transportation is undergoing significant changes due to increasing population density, traffic congestion, and environmental concerns. In this transition, the number of new generation electric micro-mobility vehicles, such as e-bikes and e-scooters, used for short distances within the city has increased. With this increase, problems such as charging and parking these vehicles have emerged.

In this thesis, first, an environmentally friendly charging station design that meets the energy needs of vehicles from PV (Photovoltaic) panels was made. This design also provides regular and secure parking opportunities for the vehicles. The charging station needs to have a cabin design due to the layout of the PV panels and the places where vehicles can be locked. Since this solution is costly and occupies extra space, a design was implemented using the infrastructure of bus stops located in Konya. Thus, a multifunctional design was created with a small addition to the existing bus stops. During the design phase, 3D models were created for the charging station based on the real location, orientation, and dimensions of the existing bus stops.

Secondly, the optimal location for this design was determined. To decide which bus stop the design would be implemented at, Yazır Neighborhood was selected as a pilot area. Ten bus stops in this neighborhood were identified. Ten criteria were set: Distance to school, Distance to the main road, Number of bicycles, Security, Distance to the tram stop, Solar feasibility, Distance to the mall, Distance to the grid, Population density, and Investment cost. For the solar feasibility criterion, an annual solar analysis was performed in the PVsol program, considering shading effects from trees, buildings, etc., around each stop. As a result of the analysis, the annual shading rates of the PV panels ranged from 0.8% to 20.7%. To determine which criteria were more prioritized in determining the location of the charging station, surveys were conducted with experts from the Sustainable Transportation and Mobility Branch Directorate of Konya Metropolitan Municipality and bicycle users. The optimal charging station location was determined by applying the Multi-Criteria Decision-Making Analysis (AHP), Multi-Criteria Optimization and Compromise Solution (VIKOR), Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) methods based on the determined criteria and survey results.

As a result, this design alleviates charging and security concerns for individual vehicle owners while providing regular parking for shared vehicles, reducing operating costs without obstructing pedestrian traffic. Additionally, using bus stops ensures that areas where people and cameras are present are safer for users to charge and park their vehicles. Determining the optimal location for the charging station provided multiple benefits by utilizing resources more efficiently.

Keywords: AHP, Electric Vehicle Charging Station, Location Selection, Charging Station Design, Mikro-mobility, Photovoltaic Systems, PVsol, VIKOR

ÖNSÖZ

Tez çalışması süresi içerisinde sabırlı ve hoşgörölü bir şekilde bilgisini ve tecrübesini esirgemedenden beni yönlendiren, her türlü sıkıntıda dostça beni dinleyen ve bu süreci neticelendirmemde çokça emeği olan, çok kıymetli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin Çevik'e teşekkürü bir borç bilirim.

Aldığım her kararda bana inanan, varlığını sürekli hissettiğim, tez çalışmam süresince de desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim Zühal TOPCU 'ya teşekkür ederim.

Tez süreci de dâhil stresli anlarımda beni umutlandıran, neşesiyle bana neşe olan biricik oğlum Ablas Burak TOPCU 'ya teşekkür ederim.

Anne ve Babama beni bu yaşına kadar yalnız bırakmadıkları için teşekkür ederim.

Emre TOPCU
KONYA-2024



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Şehir İçi Ulaşım.....	3
1.2. Mikro-mobilite araçlar	4
1.3. Tez Kapsamında Yapılanlar	6
1.4. Problem Tanımı.....	6
1.5. Tezin Amacı	9
1.6. Tezin içeriği	10
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	11
2.1. AHP	11
2.2. SolidWorks.....	13
2.3. PVsol	16
2.4. Şarj İstasyonu tasarımı	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. SolidWorks	21
3.2. PVsol.....	23
3.3. AHP	27
3.4. VIKOR.....	31
3.5. TOPSIS	34
3.6. Spearman'ın Sıra Korelasyonu	37
4. ŞARJ İSTASYONUNUN TASARIMI	39
5. ŞARJ İSTASYONUNU İÇİN OPTİMUM KONUMUN BELİRLENMESİ.....	47
5.1. Kriterlerin Belirlenmesi	47
5.2. Uzman Görüşlerine Göre AHP Yöntemiyle Kriterler Ağırlıklarının Belirlenmesi	51
5.3. Kullanıcı Görüşlerine Göre AHP Yöntemiyle Kriterler Ağırlıklarının Belirlenmesi	53
5.4. Şarj İstasyonunun Kurulumu İçin Seçilen Pilot Bölge	55
5.5. Potansiyel Şarj İstasyonlarına Ait Alternatiflerin Değerleri.....	56
5.5.1. Okula uzaklık	57
5.5.2. Ana yola uzaklık	60

5.5.3. Bisiklet sayısı	63
5.5.4. Güvenlik.....	65
5.5.5. Tramvay durağına uzaklık	68
5.5.6. Güneş elverişliliği	71
5.5.7. AVM'ye uzaklık	92
5.5.8. Elektrik şebekesine uzaklık	95
5.5.9. Nüfus.....	98
5.5.10. Yatırım maliyeti	99
5.6. Uzman Görüşlerinin VIKOR Yöntemiyle Sıralaması	100
5.7. Uzman Görüşlerinin TOPSIS Yöntemiyle Sıralaması.....	103
5.8. Uzman Görüşlerine Göre VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması	106
5.9. Kullanıcı Görüşlerinin VIKOR Yöntemiyle Sıralaması.....	108
5.10. Kullanıcı Görüşlerinin TOPSIS Yöntemiyle Sıralaması	111
5.11. Kullanıcı Görüşlerine Göre VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması	114
6. DUYARLILIK ANALİZİ	117
6.1 Birinci Senaryo	119
6.2 İkinci Senaryo	121
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	127
KAYNAKLAR	129
EKLER	133

SİMGELER VE KISALTMALAR

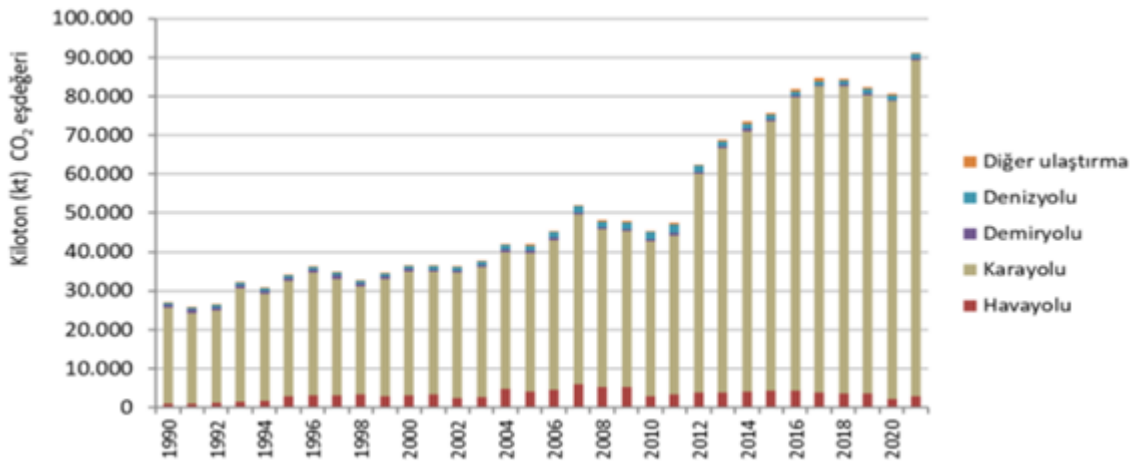
Kısaltmalar

AC	: Alternatif akım
AHP	: Analitik hiyerarşik proses
AMB	: İdari ve para engeli
AVM	: Alışveriş merkezi
BIPSET	: Binaya entegre edilmiş pasif güneş enerjisi teknolojisi
CAD	: Bilgisayar destekli tasarım
CAE	: Bilgisayar destekli mühendislik
CBS	: Çevre bilgi sistemi
CI	: Tutarlılık indeksi
ÇSB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
CR	: Tutarlılık oranı
DC	: Doğru akım
EV	: Elektrikli araç
GEB	: Coğrafik engeller
GES	: Güneş enerji sistemleri
KW	: Kilo watt
KWH	: Kilo Watt saat
MCDM	: Çok kriterli karar verme
MSWM	: Katı atık yönetim sistemi
MTAL	: Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
OWF	: Kıyıdan uzak rüzgâr çiftlikleri
PPB	: Politik engel
PV	: Fotovoltaik
PVsol	: Pv sistemler için simülasyon programı
PWM	: Darbe genişlik modülasyonu
SEB	: Sosyal ve ekonomik engel
SMAA	: Çok kriterli kabul edirlilik analizi
RI	: Rastgele indeks
TB	: Teknik engel
TEDAŞ	: Türkiye elektrik dağıtım anonim şirketi
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği
TÜİK	: Türkiye istatistik kurumu
VIKOR	: Çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözüm

1. GİRİŞ

Ulaşım sektörü ürünlerin ve insanların bir yerden başka bir yere hareketini sağlayarak ekonomik büyüme, ticaret ve toplumsal hareketlilik için kritik bir rol oynar. Bu sektör AB’de gayri safi milli hasılanın %5’ine katkıda bulunurken, yaklaşık 10 milyon kişi çalışmaktadır. Ulaşımın büyük oranda fosil yakıt kullanımına dayalı olması nedeniyle, ulaşım sektörünün sera gazı emisyonlarına etkisi büyüktür. AB’deki sera gazı emisyonlarının yaklaşık %25’i ulaşım sektörü nedeniyle oluşmaktadır. AB Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında ulaşım nedenli emisyonda 2030 yılına kadar %55, 2050 yılına kadar ise %90’lık bir azalma hedefi koymuştur (European Commission 2024).

Ulaşım sektörü karayolu, demiryolu, denizyolu ve havayolu taşımacılığı gibi farklı ulaşım türlerini kapsamaktadır. TÜİK’in 2021 verilerine göre; Türkiye’de ulaştırmadan kaynaklanan sera gazı emisyonunun 94,8%’i karayolu, 3,1%’i havayolu, 1,2%’si denizyolu, 0,4%’ü demiryolu ve 0,4%’ü ise diğer ulaşım sektörlerinden kaynaklanmaktadır Türkiye’deki ulaşım türlerinin yıllık sera gazı CO₂ eşdeğerleri Şekil 1.1 ve Çizelge 1.1’de verilmiştir (ÇSB, 2024). Bu verilere göre ulaşımda sera gazı salınımına büyük oranda karayolu taşımacılığı neden olmaktadır. Ayrıca 2010 ekonomik krizi ve 2019 Covid nedeniyle yaşanan ekonomik durgunluk nedeniyle toplam emisyon oranları bir miktar düşüş göstermiştir. Bu yılları takip eden 2012 ve 2021 yıllarında ise ekonominin tekrar canlanmasıyla sera gazı emisyonları çok daha fazla artış göstermiştir.

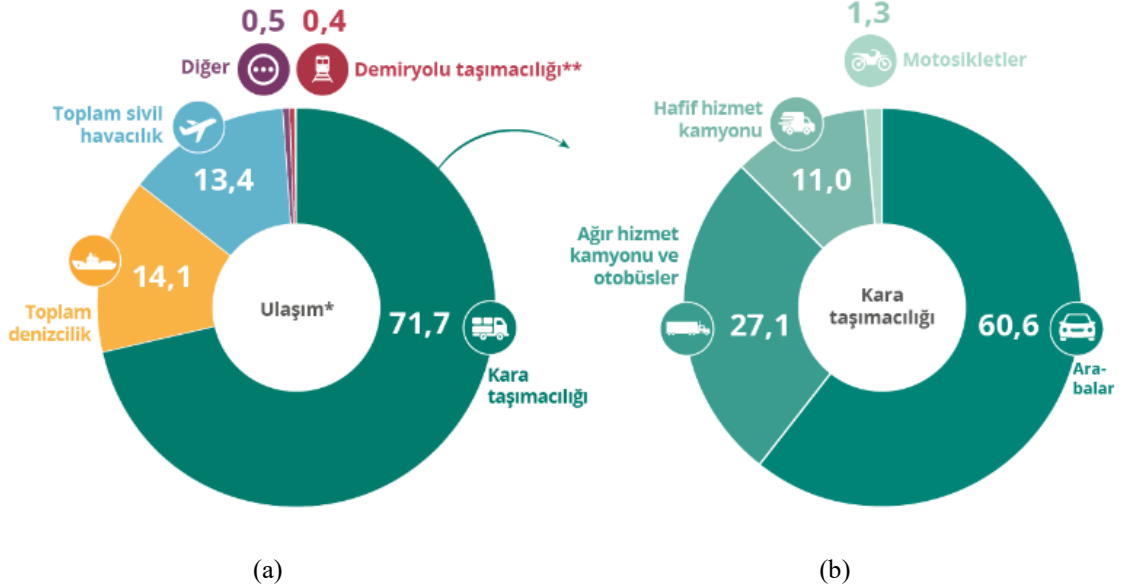


Şekil 1.1 Türkiye’deki ulaşım türlerinin yıllık sera gazı emisyonları (ÇSB, 2024)

Çizelge 1.1 Türkiye'deki ulaşım türlerinin yıllık sera gazı emisyonları (ÇSB, 2024)

Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
Karayolu	24.777	29.760	31.850	35.532	39.941	69.309	78.907	76.720	76.601	86.499
Havayolu	923	2.775	3.099	4.089	2.862	4.205	3.688	3.509	2.164	2.856
Demiryolu	721	768	713	757	517	480	435	400	323	356
Denizyolu	509	726	623	1.299	1.682	1.147	931	1.217	1.264	1.128
Diğer ulaşım araçları	39	83	180	364	390	656	657	581	328	361
Toplam	26.969	34.113	36.465	42.041	45.392	75.798	84.617	82.428	80.680	91.200

AB'nin hazırladığı 2022 Ulaşım ve Çevre Raporuna göre, AB'deki ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının %71.7'si kara taşımacılığından kaynaklanmaktadır. Kara taşımacılığındaki en yüksek pay ise %60.6 ile otomobillerden kaynaklanmaktadır. Şekil 1.2'de AB'de ulaşım türlerine göre ve kara taşımacılığındaki araç tipine göre sera gazına emisyon oranları verilmiştir (European Environment Agency, 2022). Bu verilerden kara taşımacılığının diğer ulaşım türlerine göre çok daha fazla sera gazı emisyonu yaptığı ve bunda da en fazla paya sahip araç tipinin otomobiller olduğu görülmektedir.



Şekil 1.2 (a) AB'de ulaşım türlerinin sera gazı emisyon oranları (b) AB'de kara taşımacılığındaki araç türlerine göre sera gazı emisyon oranları (European Environment Agency, 2022)

1.1. Şehir İçi Ulaşım

Şehir içi ulaşım, modern kent yaşamının temel unsurlarından biridir. Şehirdeki insanların günlük iş, okul, alışveriş ve sosyal faaliyetlerine erişimini sağlayan hem bireysel hem de toplu taşıma seçenekleri vardır. Şehir merkezlerindeki nüfus yoğunluğu arttıkça şehir içi ulaşımında hava kirliliği, trafik sıkışıklığı, erişilebilirlik, zaman kaybı ve stres gibi çeşitli problem ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, ulaşım sektörü, fosil yakıt kullanımına dayalı olması nedeniyle sera gazı emisyonlarına önemli katkı sağlar. Bu durum, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunları daha da kötüleştirir. Bu nedenle sürdürülebilir ulaşım çözümlerine yönelik yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmesi, şehir içi ulaşımın çevresel etkilerini azaltmada kritik bir rol oynamaktadır. Elektrikli araçlar, bisiklet yolları ve toplu taşıma sistemlerinin iyileştirilmesi gibi önlemler, şehirlerde daha temiz ve verimli ulaşım sistemlerinin oluşturulmasına katkıda bulunabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtların çevresel etkilerini azaltmak ve sürdürülebilir enerji üretimini sağlamak için önemli bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Güneş enerjisi, bu kaynaklar arasında en umut verici olanlardan biridir. Fotovoltaik (PV) paneller aracılığıyla güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilmekte ve çevreye minimum zarar vermektedir. Bu nedenle, güneş enerjisi kullanımı hızla yaygınlaşmakta ve çeşitli uygulama alanlarında tercih edilmektedir. Güneş enerjisi ile çalışan sistemler hem bireysel hem de toplu kullanım için enerji verimliliği ve çevre dostu çözümler sunmaktadır. Güneş enerjisi ile çalışan şarj istasyonlarının, fosil yakıt tüketimini azaltmada ve şehir içi ulaşımın karbon ayak izini küçültmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Canco ve ark., 2021b). Ayrıca, güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin ekonomik açıdan da avantajlı olduğunu ve uzun vadede maliyet tasarrufu sağladığını vurgulamaktadır (Stypka ve ark., 2016).

Avrupa'da benimsenen sürdürülebilir ve akıllı mobilite stratejisi, ulaşım sektörü emisyonlarını azaltmayı hedefleyerek, ulaşım sisteminin gelecekteki krizlere karşı dirençli olmasını sağlamak adına mikro-mobilite seçenekleri gibi çevre dostu ulaşım modlarını önermektedir. Elektrikli araçlar, sera gazı salınımı yapmadıkları için çevre dostu bir seçenek olarak kabul edilmekte ve sürdürülebilir kentsel yapının temel bileşenleri arasında yer almaktadır (Dias ve ark., 2021). Bu araçlar, fosil yakıt kullananlarla karşılaştırıldığında daha çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

1.2. Mikro-mobilite araçlar

Mikro-mobilite araçlar, genellikle kentsel alanlarda kısa mesafeli seyahatler için kullanılan hafif, küçük ve genellikle elektrikli araçlar kategorisini ifade eder. Tanımlar değişiklik gösterebilir, ancak tipik olarak 25 km/sa'den daha az maksimum hıza sahip, 500 kg'dan daha az ağırlığa sahip ve içten yanmalı motorları içermeyen araçları kapsar (Şengül ve Mostofi, 2021). Bu ulaşım biçimi, yürümek için çok uzak, ancak araba kullanmak için çok kısa olan mesafeleri daha verimli, çevre dostu ve erişilebilir bir şekilde kat etmek için tasarlanmıştır.

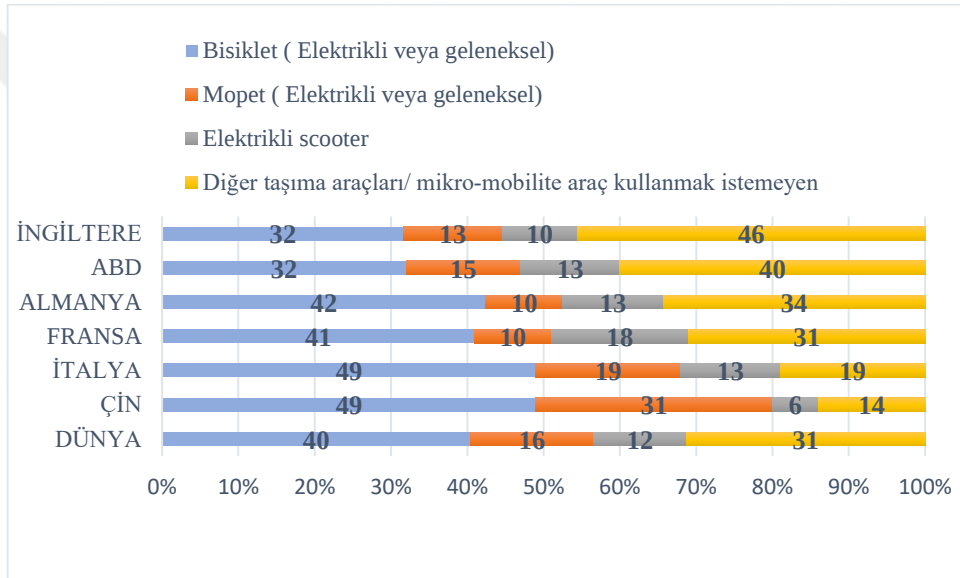


Şekil 1.3 Mikro-mobilite araç tipleri (Adobe Stock, 2024)

Piyasada satılan farklı özelliklere sahip çeşitli tiplerde mikro-mobilite araçlar bulunmaktadır. Bisiklet, elektrikli scooterler, segway, hoverboard, ve kaykay mikro-mobilite araç tipleri olup bunların görünüşü Şekil 1.3 te verilmiştir. Bisikletler hem geleneksel pedal bisikletlerini hem de elektrik motoru ile desteklenmiş bisikletleri (e-bisikletler) içerir. Elektrikli scooterlar genellikle iki tekerlekli ve çoğunlukla sabit bir park noktasına ihtiyaç duymayan araçlardır. Segway iki tekerlekli olup, tekerlekler arasındaki platformda duran kullanıcı tarafından yönlendirilir. Bu araçlar, gidon aracılığıyla yönetilen ve kendi kendini dengeleyebilen bir yapıya sahiptir. Hoverboard, segwaylerden daha hafif ve kullanımı daha kolaydır. İleri veya geri eğilme hareketiyle kontrol edilir. Son olarak kaykay ise tekerlekler üzerine monte edilmiş küçük ve düz bir platformdan oluşur. Bu kategori hem geleneksel kaykayları hem de elektrik motoru ile desteklenmiş kaykayları (e-kaykaylar) kapsar.

Mikro-Mobilite araç kullanımının çeşitli faydaları bulunmaktadır. Bu faydalar dört ana başlıkta incelenebilir. Çevresel etki açısından karbon emisyonlarını ve trafik sıkışıklığını azaltır. Maliyet açısından genellikle otomobil sahipliği veya toplu taşımadan daha ucuzdur. Erişilebilirlik açısından otomobil erişimi olmayanlar için bir ulaşım seçeneği sağlar. Kolaylık açısından kısa yolculuklar için idealdir ve park alanı ihtiyacını azaltır.

Mikro-Mobilité araçları bireysel araç sahipliği ve paylaşımlı araç olarak iki farklı şekilde kullanılabilir. Bireysel araç sahipliğinde, araç sahibinin şarj ve park etme sorumluluğu vardır. Araç bataryası bittiğinde, sahibi aracı tekrar şarj etmek zorundadır. Ayrıca park etmek için güvenli bir yer bulmak zorundadır. Paylaşımlı araç kullanımında ise, kullanıcı aracı para karşılığında kiralar. Kullanıcının aracı şarj etme zorunluluğu yoktur. Ayrıca, kullanıcının aracı güvenli bir yere park etme zorunluluğu yoktur. Belirlenen boyalı alanlara ya da rastgele herhangi bir yere park edebilir. Bu durum paylaşımlı bisikletin yer aldığı bölgedeki yerel yönetimin belirlediği kurallara göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca araç paylaşım işini yöneten şirket, şarj işlemini ve park edilmiş araçların dağılımını saha ekipleri ile koordine eder.



Şekil 1.4.: 2021 yılı Dünyada mikro-mobilité araç kullanımı (Statista, 2024)

Covid-19 pandemisi, birçok insanın toplu taşıma araçlarından uzaklaşarak kişisel araçlara veya diğer paylaşımlı alternatiflere yönelmesine neden olmuştur. Bu süreçte, Covid-19'un insanların ulaşım alışkanlıklarını değiştirmesi ve sürdürülebilirliğin giderek artan önemi, mikro-mobilité araçlarının akıllı ulaşım alternatifleri arasında ön plana çıkmasını sağlamıştır. Bu araçların bilinirliğinin ve sayısının artması sonucunda mikro-mobilité araçlar ana akım haline gelmiştir. Bunun sonucunda bisiklet satışları rekor seviyeye ulaşmıştır. 2020 yılında klasik ve elektrikli bisiklet satış rakamları toplamı AB'de 23 milyona ulaşırken Türkiye'de yaklaşık 1 milyona ulaşmıştır. Son yıllarda AB'deki satış rakamlarında ise, 2022 ve 2023 yıllarındaki toplam bisiklet satış adedi 14.7 milyon ve 11.7 milyondur. E-bisiklet satış sayısı ise 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla 5.5

ve 5.1 milyon olarak gerçekleşmiştir. Verilerden de görüldüğü gibi pandemi sonrasındaki yakalanan yüksek satış sayılarında azalma olmasına rağmen, toplam satış içindeki elektrikli bisiklet satış oranları yükselmeye devam etmektedir. Almanya’da 2023 yılında ilk kez elektrikli bisiklet satışları (2.1 milyon) klasik bisiklet satışlarını (1.9 milyon) geçmiştir (CONEBI, 2024).

1.3. Tez Kapsamında Yapılanlar

Bu tez çalışmasında, elektrikli mikro-mobilite araçları için yenilikçi bir solar şarj istasyonu tasarımı ve optimum konum belirlemesi yapılmıştır. Çevre dostu bu şarj istasyonu, PV paneller kullanarak araçların enerji ihtiyaçlarını karşılamakta ve aynı zamanda güvenli bir park imkânı sunmaktadır. Tasarım, SolidWorks programı kullanılarak bir otobüs durağı modeli şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu otobüs durağına PV paneller, kontrol kutusu, elektrik soketi ve park standı eklenmesiyle şarj istasyonu olarak kullanılabilirliği sağlanmıştır.

Tasarım aşamasında, mevcut otobüs duraklarının gerçek konum, yön ve boyutları esas alınarak şarj istasyonu için 3D modeller çıkarılmıştır. Belirlenen on adet durakta PV*Sol programı kullanılarak yıllık gölgelenme analizleri yapılmış ve PV panellerin yıllık gölgelenme oranları %0,8 - %20,68 aralığında belirlenmiştir. Optimum konum belirlemesi için Yazır Mahallesi pilot bölge seçilmiş ve bu mahallede yer alan on otobüs durağı, çeşitli kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bu kriterler arasında okula uzaklık, anayola uzaklık, bisiklet sayısı, güvenlik, tramvay durağına uzaklık, güneş elverişliliği, AVM’ye uzaklık, Elektrik Şebekesine uzaklık, nüfus yoğunluğu ve yatırım maliyeti yer almaktadır.

Şarj istasyonu konumunun belirlenmesinde hangi kriterlerin daha öncelikli olduğunun belirlenmesi için Konya Büyükşehir Belediyesine bağlı Sürdürülebilir Ulaşım ve Hareketlilik Şube Müdürlüğündeki uzmanlara ve bisiklet kullanıcılarına anket yapılmıştır. Belirlenen kriterler ve anket sonuçlarına, Çok Kriterli Karar Verme Analizi (AHP) ile kriterlere ait katsayılar elde edilmiştir. VIKOR ve TOPSIS yöntemleri uygulanarak belirtilen bölgede uygulanacak optimum şarj istasyonu konumu belirlenmiştir.

1.4. Problem Tanımı

Şehir içi ulaşımında kullanılan mikro-mobilite araç sayısı ve kullanımı çok fazla artmıştır. Özellikle son yıllarda elektrikli mikro-mobilite araç satış oranları daha fazla

olmuştur. Bu araçların güvenli park ve şarj gereksinimlerini bir arada karşılayacak şarj istasyonlarına gereksinim duyulmaktadır.

Konya yerleşimi geniş bir alana ve düz bir topografyaya sahip bir şehirdir. Bireysel bisiklet sahipliğinin fazla olduğu şehirde, yerel yönetici olan Konya Büyükşehir Belediyesi bisiklet kullanımı konusunda bir dizi proje gerçekleştirmiştir. Bisiklet tramvayı, bisiklet sayaç sistemi, bisiklet park noktaları (105 adet), paylaşımlı bisiklet noktaları (120 adet), bisiklet tamir istasyonları (40 adet) ve toplam bisiklet yolu uzunluğu 631,3 km ile Türkiye'deki bisiklet konusunda en fazla alt yapıya sahip şehirdir. Konya bisiklet yolu ağı; ayrılmış bisiklet yolu (530km), bisiklet şeridi (60km), parklar içerisinde yer alan bisiklet parkurları (40km) ve bisiklet üst/alt geçit (1,3km) parkurlarından oluşmaktadır. Bu alt yapıya ait bazı fotoğraflar ve konumlar sırasıyla Şekil 1.5-1.7'de verilmiştir. Bütün bu altyapı yatırımlarına rağmen Konya'da elektrikli mikro-mobilité araçları şarj etmek için bir istasyon bulunmamaktadır.

Scooter ve bisiklet gibi son tüketici ürünlerin yaygınlaşmasıyla birlikte mikro-mobilitenin avantajlarının yansırı çözülmesi gereken problemleri ortaya çıkmıştır. Mikro-mobilité elektrikli araçlara sahip olan kişiler, araçların fiyatlarının yüksek olması ve güvenli park eksikliği gibi nedenlerden dolayı araçlarının park halindeyken çalınması endişesi taşımaktadır. Buna ek olarak mikro-mobilité araç sahipleri araç şarjlarının gidecekleri mesafeye yetmemesi ve çok sık kendi imkanlarıyla şarj etmenin zorluğu gibi nedenlerle araçları daha az kullanma eğiliminde olmaktadır. Paylaşımlı scooterler için şarj istasyonlarının olmaması rastgele park etme oranlarını artırıp yaya trafiğine engel olmaktadır. Ayrıca araç paylaşım işini yöneten şirketlerin, batarya değiştirme işlemini gerçekleştirmek ve park edilmiş araçların dağılımını koordine etmek için harcadığı para şirketlerin işletme giderlerini artırmaktadır.



(a)



(b)

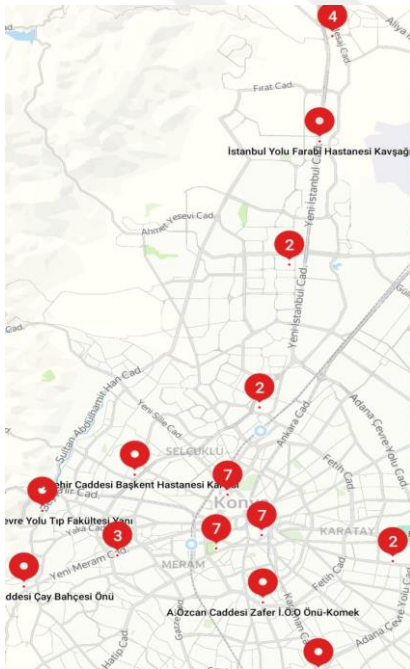


(c)

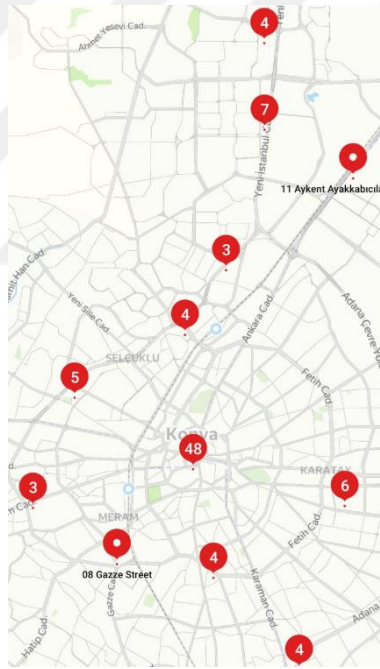


(d)

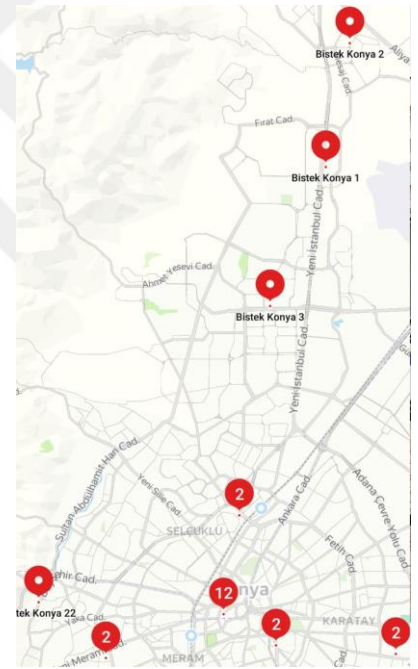
Şekil 1.5. (a) Bisiklet Tramvayı, (b) Bisiklet Tamir İstasyonu, (c) Paylaşımlı Bisiklet Noktası, (d) Bisiklet Park Noktası



(a)

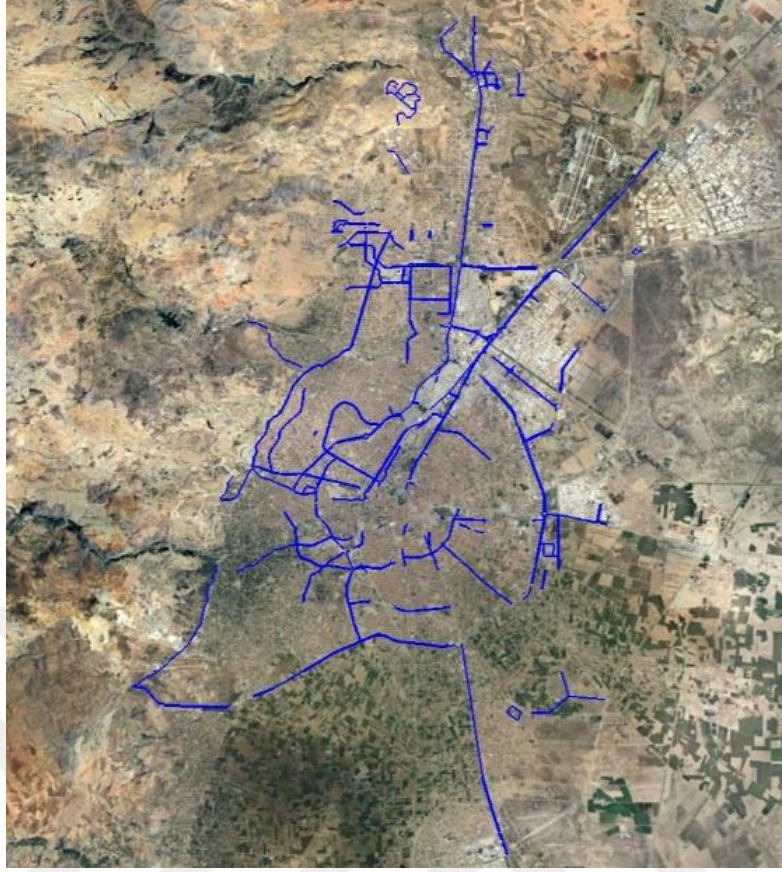


(b)



(c)

Şekil 1.6. (a) Paylaşımlı Bisiklet Noktalarının Konumları, (b) Bisiklet Park Noktalarının Konumları, (c) Bisiklet Tamir İstasyonlarının Konumları



Şekil 1.7. Konya bisiklet yolu haritası

1.5. Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında mikro-mobilite araçlarının güvenli bir şekilde şarj edilebilmesi sağlayan, enerjisini güneşten üreten, mevcutta bulunan şehir içi otobüs durak altyapısını kullanan bir tasarım sunulmuştur. Ayrıca Konya şehri Selçuklu ilçesinde bulunan ve nüfusun en fazla olduğu mahalle olan Yazır Mahallesi pilot bölge seçilerek, tasarımın hayata geçirilebileceği en uygun konum belirlenmiştir. Gerçekleştirilen tasarım ve tasarım için uygun konumun belirlenmesindeki amaçlar aşağıda listelenmiştir.

- Elektrikli Mikro-mobilite araç sahiplerinin şarj endişesinin azalması nedeniyle, araçların daha çok kullanılması sonucunda şehir içi aktif hareketlilik artacaktır.
- Altyapı olarak mevcuttaki şehir içi otobüs durak altyapısının kullanılması ilk yatırım maliyetini azaltarak ve ekstra alan işgal etmenin önüne geçecektir.

- Mevcuttaki şehir içi otobüs duraklarının kullanılmasıyla, insanların ve kameraların bulunduğu bölgelere şarj istasyonu kurulacağı için, araç sahiplerinin araçlarını şarj ve park etmesi için daha güvenli olacaktır.
- Paylaşımlı araçlar için düzenli park yeri sağlayarak yaya trafiğine engel olmadan işletme maliyetlerini azaltır.
- Uzmanlar ve kullanıcılar tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda şarj istasyonunun kurulacağı optimum lokasyonun belirlenmesi, kaynakların daha verimli kullanılmasıyla kaynak israfını azaltacaktır.
- Şarj enerjisinin güneşten karşılanması çevre kirliliğini azaltacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının şehir içi ulaşımında uygulanabilirliğini göstererek, sürdürülebilir şehirler ve temiz enerji geleceği için önemli bir adım teşkil edecektir.

1.6. Tezin içeriği

Tezin ilk bölümünde ulaşım sektörü, emisyon miktarları, şehir içi ulaşımında kullanılan mikro-mobilite araçlar hakkında bilgi verilip problemin tanımı ve tezin amacı açıklanmıştır. İkinci bölümde tezde kullanılan yazılımlar, AHP metodu ve şarj istasyonları hakkında literatürde yapılan çalışmalar sunulmuştur. Üçüncü bölümde tez çalışmasında kullanılan programlar ve şarj istasyonları için en uygun lokasyonun seçilmesinde kullanılan AHP, VIKOR ve TOPSIS yöntemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde elektrikli mikro-mobilite araçlar için gerçekleştirilen şarj istasyonu tasarımı tanıtılmıştır. Beşinci bölümde tasarımı yapılan şarj istasyonu için en uygun konumun belirlenmesi işlemi çeşitli kriterler belirlenerek bir pilot bölge için gerçekleştirilmiştir. Son olarak altıncı bölümde sonuç ve öneriler kısmına yer verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, tezde yer alan AHP metodu, üç boyutlu tasarım programı SolidWorks, PV sistemleri tasarım aracı PVsol ve şarj istasyonları hakkındaki çalışmalar incelenmiş ve ayrı başlıklar halinde sunulmuştur.

2.1. AHP

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karmaşık karar alma süreçlerini düzenlemek ve değerlendirmek amacıyla kullanılan etkili bir yöntemdir.. Thomas L. Saaty tarafından 1970'lerde geliştirilen bu yöntem, birçok alanda geniş uygulama alanı bulmuştur. AHP, karar vericilerin farklı kriterleri ve alternatifleri sistematik bir şekilde değerlendirmelerine olanak tanır ve bu sayede subjektif yargıları nicel verilere dönüştürür. Bu yöntemin literatürdeki yaygın kullanımı, özellikle mühendislik, yönetim, sağlık, eğitim ve ekonomi gibi çeşitli disiplinlerde gözlemlenmektedir. Bu bölümde, AHP metodunun literatürdeki çalışmalara değinilerek, bu yöntemin akademik ve pratik değerine dair kapsamlı bir inceleme yapılmıştır.

Canco ve ark. S. & Co. şirketinin karar verme sürecini AHP'ye göre analiz etmişlerdir. AHP yöntemini kullanarak vaka çalışmalarını geliştirmek için Saaty tarafından farklı farklı yıllarda (1980, 1990, 2000, 2005) önerilen aşamaları takip etmişlerdir. Şirket, 1994 yılında kurulmuş ve uzun yıllar başarılı bir şekilde işine devam etmiştir. Ancak, piyasada benzer birçok şirket faaliyetine devam ettiği için yüksek rekabet içindedirler. Mevcut durumdaki satışları düşmüş olması sebebi ile satışları arttırmak için biraların, üretim maliyeti (K1), tat (K2) ve tutarlılık (K3) gibi kriterler arasında uyguladıkları AHP ile satışların artırılmasını hedeflemişlerdir (Canco ve ark., 2021a).

Stypka ve ark. tarafından yapılan çalışmada iklim değişikliği ile mücadelede farklı stratejilerin önceliklendirilmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır. Araştırma, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı ve karbon salınımını azaltma gibi kriterleri değerlendirerek, hangi stratejilerin daha etkili olduğunu belirlemiştir. Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kullanımının en yüksek önceliğe sahip olduğunu gösterilmiştir (Stypka ve ark., 2016).

Stypka ve Krakow aynı çalışmada, Polonya'da iki farklı belediye katı atık yönetim sistemini (MSWM) karşılaştırmışlardır. AHP, mevcut depolama tabanlı sistem ile geri dönüşüm ve yakmaya dayalı önerilen sistemi karşılaştırmak için kullanılmıştır. Çalışma, önerilen sistemin çevresel ve ekonomik açıdan daha avantajlı olduğunu göstermiştir (Stypka ve ark., 2016).

Pathak ve ark. engellerin belirlenmesi için, proje raporları ve endüstriden sekiz uzmanla anket yapmışlardır. "Değiştirilmiş Delphi" yöntemi kullanılarak yirmi engel seçilmiş ve sosyal ve ekonomik engeller (SEB), politika ve politik engeller (PPB), teknik engeller (TB), idari ve piyasa engelleri (AMB), coğrafi ve çevresel engeller (GEB) olmak üzere beş gruba ayrılmışlardır. Engeller arasında öncelik ağırlığı ve sıralama elde etmek için AHP yöntemi kullanılmışlardır. Sonuç; "PPB"nin en önde gelen engel kategorisi olduğunu göstermiştir (Pathak ve ark., 2022).

Bukari ve ark. elektriğe erişimi olmayan nüfusun mini şebekeler aracılığıyla elektrikleştirilmesi gerekliliği üzerine odaklanmıştır. Gana için yirmi iki engel belirlemişlerdir. Bu engeller ekonomik, politik, sosyal, teknik ve çevresel gibi dört kategoriye ayrılarak analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemiyle sıralanmıştır. Çalışmanın kategori sonuçlarına göre, politik engeller en önemli engel olarak (%44,3) belirlenmiş, çevresel engeller ise en az etkiye sahip olmuştur (%6,4). Genel olarak, ilk on engel üç ana kategori etrafında toplanmıştır: Politik (5 engel), Ekonomik (3 engel) ve Teknik (2 engel). Bu kategoriler bütün engel ağırlığının %70'ini kapsamaktadır. Finans erişimi, %11,7'lik en büyük önem payına sahipken sınırlı ödeme kapasitesi %3,88 olarak belirlenmiştir (Bukari ve ark., 2021).

Nezhad ve ark.'nın çalışması; Avrupa Birliği'nin 2030 yılına kadar %32'lik yenilenebilir enerji hedefleriyle paralel olarak ulusal deniz mekânsal planlarının geliştirilmesini ele almaktadır. Özellikle adaların enerji bağımsızlığı ve elektrifikasyonu önem arz etmektedir. Geleneksel kömür santrallerinin kapatılması gerekliliği ve adaların özel koşulları (örneğin arazi yetersizliği, enerji ihtiyacındaki dalgalanmalar) göz önüne alındığında, offshore rüzgar çiftlikleri (OWF) adalar için ideal bir enerji çözümü olarak değerlendirilmektedir. OWF'lerin karasal tesislere kıyasla avantajları arasında daha güçlü ve istikrarlı rüzgâr akışı, daha yüksek enerji üretimi kapasitesi ve arazi kullanım çatışmalarının azaltılması bulunmaktadır. Bu bağlamda, OWF'lerin sürdürülebilir bir şekilde konumlandırılması için metodolojik bir çerçevenin geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır (Nezhad ve ark., 2022).

Caceoğlu ve ark. Türkiye'nin Kuzeybatı bölgesi için açık deniz rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek ve optimal saha seçimini yapmak amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, literatür taramasıyla belirlenen kriterler kullanılarak CBS verileri analiz edilmiş ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemiyle değerlendirilmiştir. Rüzgar potansiyeli, deprem tehlikesi, sosyal kabul, turizm alanları gibi faktörler dikkate alınarak, farklı senaryo ve konsensüs analizleri sonucunda en uygun OWPP sahası belirlenmiştir.

Bu çalışma ile , Türkiye'nin yenilenebilir enerji kapasitesini artırma ve enerji bağımsızlığını sağlama hedeflerine katkıda bulunmayı amaçlamışlardır (Caceoğlu ve ark., 2022).

Hokkanen ve ark. Helsinki'de gerçekleştirdikleri çalışmada, bir liman yerleşimi problemi için Rastgele Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA) yöntemini kullanmışlardır. Limanın en uygun konumuna karar verebilmek için 11 kriter doğrultusunda 24 alternatif arasından seçim yapılmıştır. Bu çalışma, SMAA metodunun kullanıldığı ilk tesis yeri seçim problemi olması açısından önemlidir. Daha sonra, SMAA yöntemi çeşitlendirilerek farklı problemlerin çözümlerinde de kullanılmıştır (Hokkanen ve ark., 1999).

Yiğit, A ve ark. Türkiye'nin medikal turizmdeki gelişimini etkileyen unsurlar SWOT-AHP yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Araştırmada, Türkiye'nin medikal turizm gelişimini etkileyen ana ve alt faktörleri belirlemek için SWOT-AHP yöntemi kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, 32 unsur arasında en yüksek öneme sahip olan unsur uygun fiyat avantajı iken, hastaların döviz girişi yapmasıyla ülke ekonomisine katkısı en düşük öneme sahip unsur olarak bulmuşlardır. SWOT-AHP analizi ile, %48,5'si güçlü ve %17,8'si zayıf yönler ile %17,6'sı tehditler ve %15,9'u imkanların önem dereceleri belirlenmiştir (Yiğit ve Demirbaş, 2020).

Dewi, N ve ark. Yaptıkları araştırmadaki ele alınan temel sorun, depo müdürü seçim sürecinin nasıl yapıldığı ve nasıl iyileştirilebileceğidir. Mevcut yöntemler genellikle öznel ve evrensel olmayan kararlara dayanmaktadır. Bu çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) algoritması kullanılarak depo müdürü seçim sürecinin daha objektif ve evrensel hale getirilmesi hedeflenmektedir. Literatür taraması ve doğrudan seçim deneyleri yapılarak elde edilen veriler, AHP algoritmasıyla yapılan değerlendirmeleri temsil etmektedir. Bu süreç, performans, sadakat, liderlik, depo gönderimi ve depo uzmanlığı gibi parametrelere dayalı olarak W1, W2, W3, W4 ve W5 kodlarıyla 10 ile 100 arasında puanlama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Kriterler arasında başkan, genel müdür, finans müdürü, pazarlama müdürü ve insan kaynakları müdürü bulunmaktadır, her biri depo müdürü seçiminde kritik rol oynamaktadır (Dewi ve Putra, 2021).

2.2. SolidWorks

SolidWorks, mühendislik tasarım ve analiz süreçlerinde yaygın olarak kullanılan güçlü bir bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımıdır. İlk olarak 1995 yılında piyasaya

sürülen SolidWorks, kullanıcı dostu arayüzü ve geniş araç yelpazesi ile tasarım mühendisleri ve endüstriyel tasarımcılar arasında hızla popülerlik kazanmıştır. Bu yazılım, üç boyutlu modelleme, simülasyon, montaj ve teknik resim oluşturma gibi birçok özelliği bir arada sunarak, tasarım süreçlerini daha verimli ve etkili hale getirmektedir. Literatürde, SolidWorks'ün mühendislik eğitiminden, ürün geliştirme ve üretim süreçlerine kadar geniş bir yelpazede nasıl kullanıldığına dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu bölümde, SolidWorks programının farklı endüstrilerdeki uygulamaları, akademik araştırmalarda sağladığı katkılar ve teknolojik gelişmelerle birlikte sunduğu yenilikler üzerine yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenecektir.

Sivaram, P ve ark. Hindistan'da yaptıkları çalışmada bina havalandırmasının yanında su ve güç üretimi elde etmek için binaya entegre edilmiş pasif bir güneş enerjisi teknolojisi (BIPSET) geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bina prototipini, Hindistanın Tamil Nadu Hükümeti Başbakanı'nın " güneş enerjili sera" planında önerildiği oturma odası modeline göre ölçeklendirmişlerdir. Tasarladıkları bu sistem, baca ile entegre güneş panelleri (PV) ve güneş damıtma cihazından oluşmaktadır. Yaptıkları çalışmada n yaşam döngüsünün tasarlanması, SolidWorks katı modelleme aracı kullanılarak CML-2001 metodolojisi ile yapmışlardır. PV sistemden elde edilen elektrik verimliliği, bağımsız PV Sisteme kıyasla %4'ten %17'ye ve bu sistem ile güneş enerjisinin performansı %3'ten %11'e iyileştirmişlerdir. Sonuç olarak, Baca ile entegre güneş PV'nin enerji geri ödemesi, bağımsız PV sisteminden daha iyidir (Sivaram ve ark., 2020).

Işık, E ve ark. SolidWorks programının tersine mühendislik çalışmalarında, bu teknolojinin potansiyelini ortaya koymuşlardır. Endüstriyel bir parçanın optik tarama cihazı ile taranarak elde edilen verilerin nokta bulutu veya STL formatında bilgisayara aktarmış ve bu verilerin CAD programının tersine mühendislik modülünde işlenerek parçanın katı modelini oluşturmuşlardır (Işık ve Çelik, 2021).

Üzüm, K , 3 kW kapasiteli küçük ölçekli bir rüzgar türbininin modern teknolojiyle tasarımını, gerekli analizlerini ve hesaplamalarını bilgisayar destekli olarak gerçekleştirmiştir. Bu amaçla, SolidWorks bilgisayar destekli tasarım programı kullanılarak türbinin üç boyutlu katı modeli oluşturmuştur. Rüzgâr türbininin tüm bileşenleri modellenmiş ve ardından programın montaj modülünde parçaları birleştirerek türbinin montajı tamamlamıştır. Ayrıca, SolidWorks programının entegre akış analizi modülü olan SolidWorks Flow Analysis kullanılarak türbinin akış analizleri gerçekleştirmiştir (Üzüm, 2015).

Harbali, H yaptığı çalışmada, rüzgâr türbinlerinde özel imalatlar için güvenli kaldırma aparatları tasarlamıştır. Tasarım sürecinde 1 yönlendirme aparatı kulenin taban flanşına, 2 ana kaldırma aparatı ise karşılıklı olarak kulenin tavan flanşına monte edilmiştir. Ayrıca, kule ve mobil vinç ile montajı gerçekleştirmiştir. Aparatlar, 3D katı modelleme için kullanılan SolidWorks yazılımı ile tasarlanmış ve malzeme olarak St52-3 kullanmıştır. Tasarımın sonlu elemanlar analizi, Ansys yazılımı ile yapılmıştır (Harbali, 2019).

Özel, S. Ve ark. Model uçaklarda kullanılmak üzere jet motor türbin pervanesi tasarlamışlardır, tasarımı SolidWorks yazılımı ile geliştirmişlerdir. Tasarım sürecinde, jet motorunun kanatçık bölümleri oksit ve karbür maddeleri ile (Al_2O_3 , SiC ve WC) kaplamışlardır. Kaplama işleminin ardından, bu kanatçıkların yazılım üzerinde statik analizlerini yapmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, en yüksek performansı gösteren kaplama malzemesinin SiC olduğu belirlemişlerdir (Özel ve Özcan, 2021).

Tırmıkçı, C yaptığı çalışmada, sabit bir güneş enerjisi sisteminin yıllık eğim açısına göre optimize edilmiş konumunu ve iki eksenli güneşi takip eden bir sistemin performansını gerçek zamanlı olarak karşılaştırmıştır. En uygun yıllık eğim açısını, güneşin toplam ışıınımı ile eğim açısının arasındaki ilişkiye dayanarak belirlemiştir. İki eksenli güneş takip sistemi, güneşin azimut ve yükseklik açıları ile her saat başı sistemin konumunu eşitlemiştir. Konumu, azimut ekseninde kod çözücü ve yükseklik ekseninde inklinometre sensörü kullanılarak belirlemiştir. Sistemin mekanik tasarımı ve simülasyonları, SolidWorks mekanik tasarım yazılımı kullanarak gerçekleştirmiştir (Tırmıkçı, 2018).

Naghiyev, S. Yaptığı çalışmada, yüksek verimli bir güneş paneli kavramının tasarımını ve prototip üretimini tasarlamıştır. Çalışmasında güneş ışığını simüle ederek 205° C sıcaklık ve jeotermal ısı değiştiricisini simüle ederek 20° C soğutucu sıvı kullanarak 110x80x8 cm panelde 93 lümen güneş ışığı yoğunlaştırmış. Bu tasarım sonucunda, termoelektrik plakada %50 oranında elektrik yükü kaybı meydana gelmiştir. yaklaşık 1000 W/saat elektrik enerjisiyle birlikte 90° C sıcak su elde edebilmiştir. Sistemin kurulumunu, detaylı tasarımını ve parçala boyutlandırma işlemlerini SolidWorks 3D ve Autodesk Inventor yazılımı ile ve optik lens tasarımını TracePro kullanarak, matematik analizi ve formülasyon için Mathcad yazılımı ve termal dinamik özellik tasarımı için CoolpPack programı kullanarak yapmıştır (Naghiyev, 2015).

Patel, A yaptığı çalışmada, daha öncede yayımlanmış olan materyallerin nitelik olarak incelemesiyle SolidWorks programını kullanarak bir güneş enerjisi ile çalışan su

ısıtıcısının bilgisayar destekli tasarım (CAD) modelini geliştirmiş ve birleştirmiştir. Çalışmasında, tasarım faktörlerini ve malzemeler ile kombinasyonlarını enerji toplama , optimize etme gibi önemini vurgulamıştır. CAD modeli ile, önerdiği tasarım değişikliklerinin grafiksel bir temsilini sunmuş ve genel performansın nasıl artırılabilirliğini göstermiştir. Sonuç olarak, geliştirmiş olduğu tasarımların gerçek testleri ile yenilikçi tasarımın sürdürülebilir enerji uygulamasına katkı sağlamıştır (Patel, 2023).

Bellos, E ve ark. Yaptıkları çalışmada, paraboloid disk yansıtıcıya sahip yenilikçi bir güneş yoğunlaştırıcı kolektör tanıtmaktadır. Kolektörün temel olarak, sürekli ısı üretimi için bir disk yansıtıcı kullanmaktır. Bu amaçla, iki lineer yalıtımlı kanal bulunan bir alıcı ısıtıcı tercih etmişlerdir. Sistem, kapak yerine bir takip sistemi kullanarak maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. Sonuç olarak, kolektörün düz plaka ve boşaltılmış tüp kolektörlerinden daha yüksek performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır ve etkili bir çözüm olarak değerlendirilmesini sağlamışlardır. Tasarım ve simülasyonları, SolidWorks yazılımı ile yapılmışlardır (Bellos ve ark., 2015).

Yuan, J. K ve ark. Yaptıkları çalışmada, Fluent 13.0 ve SolidWorks Flow Simulation yazılımları kullanarak bir kübik ve bir silindirik disk alıcının ısı kayıplarını değerlendirmişlerdir. Kübik alıcıda simüle edilen ısı kaybı deneysel sonuçlardan %45 daha düşük gerçekleşmiştir. Silindirik alıcıda ise tahminler genel olarak doğru olmuştur. Eğim açıları 15 ile 75 derece arasında tahminlerde sapmalar gözlemlenmiştir. Deneysel korelasyonlarla karşılaştırıldığında, bazı korelasyonlar doğru tahminler sağlarken, her iki alıcı için geçerli tek bir korelasyon bulamamışlardır (Yuan ve ark., 2015).

2.3. PVsol

PVsol, fotovoltaik (PV) sistemlerin simülasyonu ve optimizasyonu için geliştirilmiş bir yazılımdır ve güneş enerjisi projelerinin tasarımı, analizi ve değerlendirilmesinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Güneş enerjisi sektöründe, PV sistemlerin verimliliğini artırmak ve ekonomik fizibilitesini sağlamak amacıyla çeşitli simülasyon araçları kullanılmaktadır. Bu bağlamda, PVsol, kullanıcı dostu arayüzü ve detaylı analiz yetenekleri ile öne çıkmaktadır. Literatürde, PVsol yazılımının farklı coğrafi bölgelerdeki performans analizlerinden, enerji üretim tahminlerine ve ekonomik değerlendirmelere kadar geniş bir yelpazede kullanıldığına dair birçok çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde, PVsol programının yenilenebilir enerji projelerindeki rolü,

uygulama örnekleri ve yazılımın sunduğu yenilikçi çözümler üzerine yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenecektir.

Taşkın, O ve ark. yaptıkları çalışmada, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi derslik binasının çatısında, PVsol yazılımı kullanılarak 8 farklı senaryo oluşturulmuşlardır. Senaryolarda, elektrik üretiminin en yüksek olduğu dönem Temmuz, en düşük olduğu dönem ise ocak ayı olarak belirlemişlerdir. Güneş panellerinin sayısının artmasıyla, şebekeye iletilen güç ve kaçınılan CO₂ emisyonu oranının yükseldiğini görmüşlerdir. Amfi derslik binası, üniversitenin güneş enerjisi üretimi için en uygun bina olarak tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, üniversitenin diğer binaları için de uygulanarak güneş enerjisi potansiyelinin artırılmasını hedeflemişlerdir (Taşkın ve Vardar, 2019).

Çalık, A. ve ark. bir kamu binasının çatısına 10 kW gücünde bir güneş enerjisi sistemi (GES) kurulmadan önce, PVsol simülasyon programı kullanılarak fizibilite çalışması yapmışlardır. GES için gerekli ekipmanlar belirlenecek ve ekonomik yatırım değerlendirmesi yapmışlardır. Simülasyon sayesinde, gerekli fotovoltaiik panellerin özellikleri, doğru akım (DC) kablo kesitleri ve uygun invertörler seçilmiştir. Ayrıca, GES'in kurulacağı lokasyon ve çatı yüzeyi belirlenmiş, ardından sistemin aylık ve yıllık enerji üretimi incelenmiştir. Bu verilerle, yatırımın geri dönüş süresi ve yıllık ekonomik kazancı analiz edilmiştir (Çalık ve Emre, 2022).

Martin, K ve ark, Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi Elbistan Meslek Yüksekokulu'nun güneye bakan çatılarında bir çatı üstü güneş enerjisi santrali kurulumu için planlama ve simülasyon yapmışlardır. PVsol yazılımı kullanılarak gerçekleştirdikleri simülasyonda, dört farklı çatıyı değerlendirmiş ve toplam 684,3 m² alana sahip bu çatılara 220 PV modül yerleştirmişlerdir. Toplam kurulu gücü, 148,5 kW olarak hesaplamışlardır. Elbistan'ın yıllık güneş radyasyonu verilerine göre, santralin yıllık elektrik üretiminin 225.459 kWh olacağını belirlemişlerdir. Ayrıca, CO₂ emisyonunun yılda 105.867 kg engelleneceğini öngörmüşlerdir. Proje maliyetleri ve elektrik birim fiyatlarına dayanarak, geri ödeme süresi 7,2 yıl olarak hesaplamışlardır. Bu süre, 10 yılın altında olduğu için, projenin ekonomik geri dönüşünün oldukça iyi olduğu değerlendirmişlerdir (Martin, 2024).

Gündoğdu, R. , Bursa/Gemlik'te yaptığı çatı tipi güneş enerjili ve şebekeye bağlı şarj istasyonu projesinde, güneş panellerinden elde ettikleri elektrik ile araçların şarj edilmesini sağlarken, sistemin yetersiz kaldığı durumlarda şebekeden enerji aktarabilmiş ve üretilen fazla elektriğin geri satılması ile kazanç sağlamışlardır. Kullandıkları dahili

kart sistemi ile daha fazla kullanıcıya ulaşmış, haberleşme sistemi ile sürekli izleme, uzaktan kontrol ve geliştirmeye açık bir sistem inşa etmişlerdir. TEDAŞ şartnamelerine uygun olarak PVSYST, PVGIS ve GOOGLE HYBRID programları kullanılarak detaylı incelemeler sonrasında PVsol programında simüle etmişlerdir. Bu doğrultuda, sisteme entegre edilen kayıtlı araçların ölçümleri, engellenen emisyon değerleri, fizibilite raporları, enerji bilançoları ve maliyet analizlerini çıkararak kurulum için hazır hale getirmişlerdir (Gündoğdu, 2022).

ESER C ve ark, İzmir, Urla'daki 150 m²'lik iki katlı bir evin enerji ihtiyacını karşılamak için 5.46 kW fotovoltaiik panel, 3 kW rüzgâr türbini ve ısı pompasından oluşan bir hibrit sistem tasarlamıştır. İklimlendirme ve aydınlatma ihtiyaçları standartlara uygun olarak hesaplanmış ve enerji hesaplamaları MatLab, PVsol ve Weibull dağılım fonksiyonuyla yapılmıştır. Mart-Kasım aylarında sistem tüm enerji ihtiyacını karşılarken, Aralık-Şubat aylarında yetersiz kalmaktadır. Yıllık bazda sistemin %50.9 fazla elektrik üreterek, yaklaşık 7.5 yılda maliyetini geri kazanacağını öngörmektedir (ESER ve ark., 2017).

Asma B, Konya bölgesindeki arazi tipi güneş enerji santralinde kullanılan ekipmanlar seçilerek, PVsol ve PVsyst simülasyon programları ile geçmiş dönemlerin gerçek üretim verileri karşılaştırılarak verim analizi yapmıştır. Ayrıca, simülasyon programlarının farklı versiyonlarından elde edilen üretim verileri de kıyaslanmıştır. 2018-2021 yıllarında santral 1,882,715.5 kWh elektrik üretirken, PVsol 2021 simülasyonu 1,945,744 kWh üretim öngörmüştür, yani 63,028 kWh daha fazla. PVsol programı, gerçek üretime göre %3.347 fazla hesaplama yapmıştır. Sonuç olarak, santralin gerçek yıllık üretim verisinin simülasyon verilerine göre daha düşük çıktığı görülmüş. Simülasyon programlarının gerçek üretim değeri farkları %5'in altında kaldığından, simülasyon sonucunun doğruluğunun yüksek olduğu görülmüştür (Asma, 2022).

Tunçez H, Çatı üstü güneş enerji santrallerinin kurulumunda yapılan hataların performansa etkileri PVsol yazılımı ve SCADA sisteminden elde edilen verilerle analiz etmiştir. Gölgeleme hataları %2.20 enerji kaybına neden olurken, santraldeki kirlilik PR değerlerini %14 oranında artırmış, sıcaklık artışları ise verimliliği %7-9 oranında düşürmüştür. Bu bulgular ile, çatı üstü güneş enerji sistemlerinin yatırım geri dönüş sürelerini iyileştirmek için önemli bir kaynak sunmuşlardır (Tunçez, 2022).

2.4. Şarj İstasyonu tasarımı

Akdeniz M ve ark. çalışmasında, Van ilinde, bisiklet şarj istasyonu için fotovoltaik sistemli bir tasarım yapmıştır. Bölge olarak belirlenmiş bu ilin hava durumu ile güneş enerjisi verilerini kullanmışlardır. Tasarlanan şarj istasyonu için yük olarak, piyasada bulunan bir elektrikli bisiklet modeli teknik özelliklerini esas alarak hesaplamalar gerçekleştirmişlerdir. Bisikletin teknik özelliklerini: Bisiklet gücü (250W), batarya gerilimi (36V), batarya akımı (7.8 As), menzil (40 km) ve şarj süresini (5 saat) şeklinde ifade etmişlerdir. Sistemin özelliklerini ise : 300 w Panel gücü , 36.4 v panel gerilimi, 8.3 A panel akımı ve panelin tipini monokristal silikon olarak belirlemişlerdir (Akdeniz ve Efe, 2022).

EKER, Ş ve ark. paylaşımlı e-skuterler için şarj edilebilir park alanlarının seçimi amacıyla bir yöntem tasarlamışlardır. İstanbul'un Maltepe ilçesindeki Dragos Mahallesi örnek bölge olarak seçilmiş, burada gerçekleştirilen saha çalışmaları ile e-skuter talebi ve talebin değişimleri analiz etmişlerdir. Bu veriler temel alınarak şarj istasyonlarının konumlandırılması için bir model geliştirmişlerdir. Elde edilen veriler kullanılarak, bölgede kullanıcılar için erişilebilir ve sürdürülebilir şarj istasyonu noktaları belirlemişlerdir. Ayrıca, kullanıcıları e-skuterlerini bu şarj noktalarına park etmeye teşvik etmek amacıyla çeşitli öneriler (kullanım ücretlerinde indirim, çeşitli kampanyalar gibi) getirmişlerdir (EKER ve DÜNDAR).

Öter, A. Ve ark. elektrikli otomobiller için bir hibrit akıllı şarj istasyonu tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Tasarlanan sistemi, şarj istasyonu, PV paneller, akıllı inverter, depolama ünitesi, DC-DC düşürücü dönüştürücü ve mikrodnetleyiciler oluşmaktadır. Şarj sürecinde enerji öncelikle PV panellerden sağlanmakta ve bu yetersiz kalırsa depolama ünitesinden kullanılmakta ve bu iki kaynak da yetersiz olduğunda ya da depolama ünitesindeki bataryalar aşırı yüklendiğinde şebekeden destek alınacak şekilde akıllı inverterler ayarlamışlardır. Akım ve gerilim kontrolü ile mikrodnetleyicinin PWM çıkışı ve DC-DC düşürücü, dönüştürücü kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Dönüştürücülerden alınan parametreleri hesaplayarak Matlab/Simulink ile simülasyon yapmışlardır. Hesapladıkları değerlerin simülasyon sonuçları ile uyumuna göre dönüştürücü devresi tasarlamışlardır. Akünün doluluk durumuna göre sabit gerilim veya sabit akım şarj modu seçmişler ve elektrikli araç aküleri kontrollü bir şekilde şarj etmişlerdir. Akımın ve gerilimin geri beslemeleri referans değerlerle karşılaştırarak, PWM görev döngüsünü ayarlayarak şarj işlemi gerçekleştirmişlerdir. Elektrikli araç bataryalarını, akım eşik değerinin altına düşene

kadar şarj etmeye devam etmişlerdir. Akü sıcaklığının 55°C'yi aştığı anda şarj işlemini durduracak şekilde sistemi programlamışlardır. Ayrıca, sistemi 2x16 likit kristal ekran kullanarak görüntülemişlerdir (Öter ve Baltacı, 2022).

Onur, S. Ve ark. Kampüs içindeki öğrenci ve personelin ulaşımını kolaylaştırmak amacıyla elektrikli bisiklet paylaşım sistemi önermişlerdir. Bu sistemde, paylaşım esasına dayalı hareketlilik bileşenlerinin yanı sıra, elektrikli bisikletlerin şarj ihtiyaçlarını karşılamak için fotovoltaiik sistemle çalışan bir şarj istasyonu tasarlamışlardır. Çalışma çerçevesinde, kullanım standartlarına göre gerekli olan elektrikli bisiklet sayısını belirlemiş, ardından gerekli enerjiyi sağlamak için gereken fotovoltaiik panel ve batarya sayısı hesaplamışlardır. Bu sistemin önemli bir avantajı, fotovoltaiik paneller tarafından üretilen ve ihtiyaç fazlası olan enerjinin şebekeye aktarılması yoluyla ek bir değer yaratmasıdır (Onur ve Efe, 2020).

Chandra Mouli, G. R. Ve ark. e-bisikletler için AC, DC ve kablosuz şarj sunan güneş enerjisi ile çalışan bir şarj istasyonunun tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Şarj istasyonu hem şebekeye bağlı hem de şebekeden bağımsız çalışabilen entegre bir batarya depolama sistemine sahiptir. DC şarj sistemi, fotovoltaiik panellerden elde edilen doğru akımı doğrudan kullanarak, AC şarj adaptörüne gerek kalmadan e-bisiklet bataryalarını şarj etmesini sağlamışlardır. Kablosuz şarj için, e-bisiklet bisiklet ayağındaki alıcı ve şarj istasyonundaki özel olarak tasarlanmış bir karo (verici) aracılığıyla endüktif güç transferi yoluyla şarj edilebilir bir sistem tasarlamışlardır (Chandra Mouli ve ark., 2020).

Ferguson, B. Yaptığı çalışmada, gündüzleri gölgeli bir oturma alanı, geceleri ise canlı LED ışıklarla aydınlatılan bir güneş panelli mikro mobilite araç şarj istasyonu tasarlamak ve kamusal alanın yeniden düzenlenmesi gerçekleştirmiştir. Dört adet güneş paneli ve bir pil bankası, istasyonun şarj kapasitesini geceye kadar uzatmaktadır. Projenin amacı, güneş enerjisi istasyonunun çalışma sürecini etkileşimli gösterimler aracılığıyla tanıtmak ve yerel hava kalitesini LED ekranlarla sergileyerek, şebeke dışı bir enerji kaynağı ve çevre bilgi merkezi olarak işlev görmesini sağlamıştır (Ferguson, 2022).

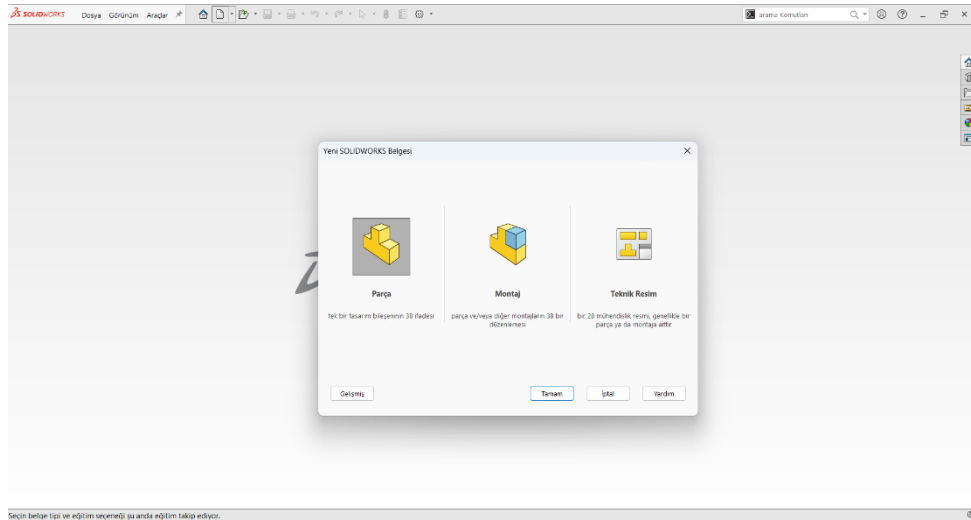
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, mühendislik ve tasarım süreçlerinde sıkça kullanılan yazılım ve yöntemler incelenmiştir: SolidWorks, PVsol, AHP ve VIKOR.

Her bir araç ve yöntemin özellikleri, kullanım alanları ve sağladıkları avantajlar detaylandırılarak, araştırmanın kapsamı ve metodolojisi açıklanmıştır. Bu bölümde, kullanılan yazılım ve yöntemlerin seçilme nedenleri, uygulama süreçleri ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için izlenen adımlar anlatılacaktır.

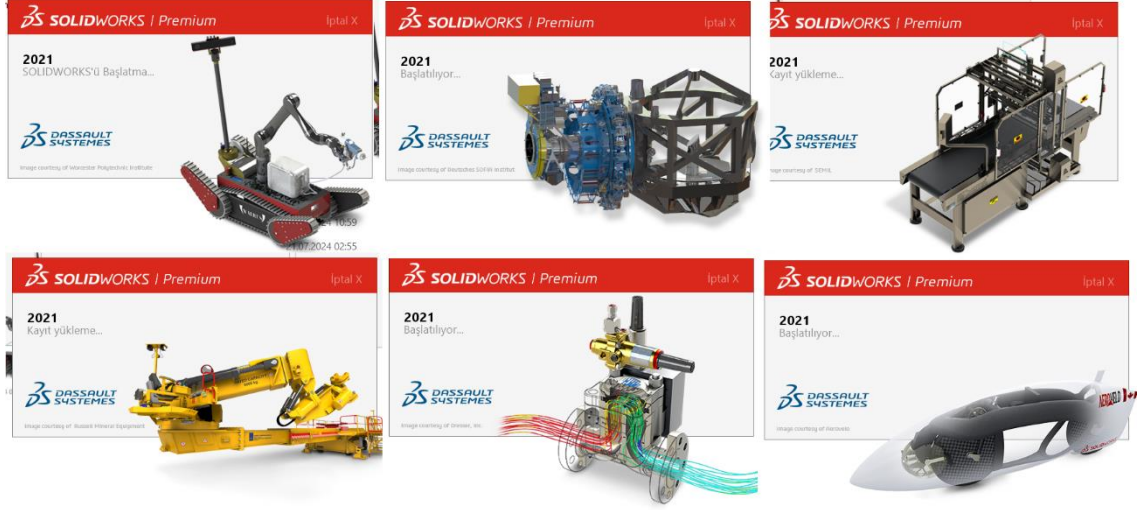
3.1. SolidWorks

SolidWorks, iki ve üç boyutlu bilgisayar destekli tasarım (CAD) işlemleri için kullanılan bir yazılımdır. Hem 2D hem de 3D çizimlerde yaygın olarak kullanılan SolidWorks, dünya genelinde en çok tercih edilen CAD programlarından biridir. Resmi verilere göre, dünya çapında geniş bir kullanıcı kitlesine sahiptir. SolidWorks, birçok modern CAD yazılımında olduğu gibi parametrik özellik tabanlı modelleme teknolojisini kullanır. Bu yaklaşım, katı modellerin parametrik yöntemlerle oluşturulmasını sağlar ve bu modellerin basit ve kolay düzenlenebilir olmasına imkân tanır (Er ve Kayir, 2019). SolidWorks 'te oluşturulan parça modelleri, kolayca birleştirilerek ürün montajları yapılabilir, böylece kullanıcılar daha verimli bir tasarım süreci deneyimler. Şekil 3.1'de SolidWorks başlangıç ekranındaki temel modülleri gösterilmektedir.



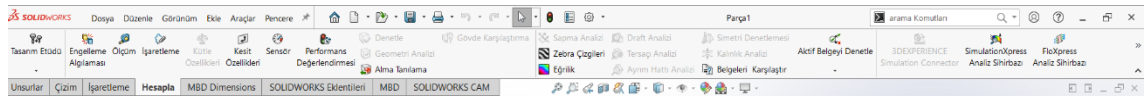
Şekil 3.1. SolidWorks Arayüzü ve Temel Modüller

SolidWorks, tasarım ve çizim gerektiren pek çok sektörde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Üretim ve tasarım dünyasında, mühendislik teknolojileri ve bilgisayar destekli üretimde önemli rol oynar. Ayakkabı ve çanta tasarımlarından spor ekipmanları üretimine, makine ve kalıp üretim tasarımından otomotiv sektörüne kadar birçok alandaki tasarımcılar SolidWorks'ü tercih etmektedirler. SolidWorks 2021 uygulaması başlatma ekranındaki ekran görüntüleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çeşitli Sektörlerde SolidWorks Kullanım Örnekleri

Çeşitli sektörlerdeki tasarımcıların SolidWorks 'ü tercih etmelerinin başlıca sebepleri arasında, kullanıcı dostu arayüzü ve karmaşık yapısından uzak olması bulunmaktadır. Bu yazılım, kullanıcıların makine teknik resim çizimi, tesis tasarımı ve her türlü ürün konusunda ileri düzey modellemeler yapabilmesine olanak tanır. Ayrıca, montaj, simülasyon, hareket analizi, katı parça modelleme, araç analizi, PhotoView360 DWG, ScanTo3D editörü gibi birçok modül içerir. Şekil 3.3’te bu modüllerin ekran paylaşımı gösterilmiştir. Bu sayede, firmalar için yüksek performanslı ve maliyet etkin bir tasarım çözümü sunar.



Şekil 3.3. SolidWorks’ün Farklı Modülleri

SolidWorks, 3D çizimler konusunda en yaygın kullanılan programlardan biridir. Bunun başlıca nedeni, basit komutlarla en temel 2D teknik çizimlerden en karmaşık 3D modellere kadar her tür modellemenin yapılabilmesidir. Tasarımların renklendirilmesiyle gerçekçi bir görünüme kavuşturulabilir.

Taslak Oluşturma: Bu aşama, profil çizimlerini ve profile uygulanacak işlemleri içeren taslak oluşturma kısmıdır.

Parça Tasarımı: Bu bölümde, katı modelleme, görüntü ayarlamaları, katı modelin koordinatlarının değiştirilmesi ve yüzey modelleme gibi işlemler yapılır. Yüzey oluşturma, yüzey tabanlı katı modelleme ve parçaların imalatı için gerekli kalıplama işlemleri de bu adımda gerçekleştirilir.

Montaj Tasarımı: Montaj tasarımı aşamasında, kısıtlamalar oluşturulur, mekanizmaların hareketi ve hareket kısıtlamaları belirlenir. Mekanizmaların bağımlı hareketleri, montajlara Toolbox yardımıyla parça ekleme ve Smart Mate modülü ile hızlı parça ekleme işlemleri gerçekleştirilir.

Hazırlık: Teknik resimlerin çıkarılması, ölçümlendirme, görünüm oluşturma, montaj numaralarının girilmesi ve şekil ve ölçümsel toleransların belirlenmesi bu aşamaya dahildir.

Analiz: Cosmos Works modülü ile basit parçaların gerilme (lineer) analizi, termal analiz ve burkulma analizi yapılır. Tasarlanan parçalar, çeşitli sınır koşulları altında test edilir.

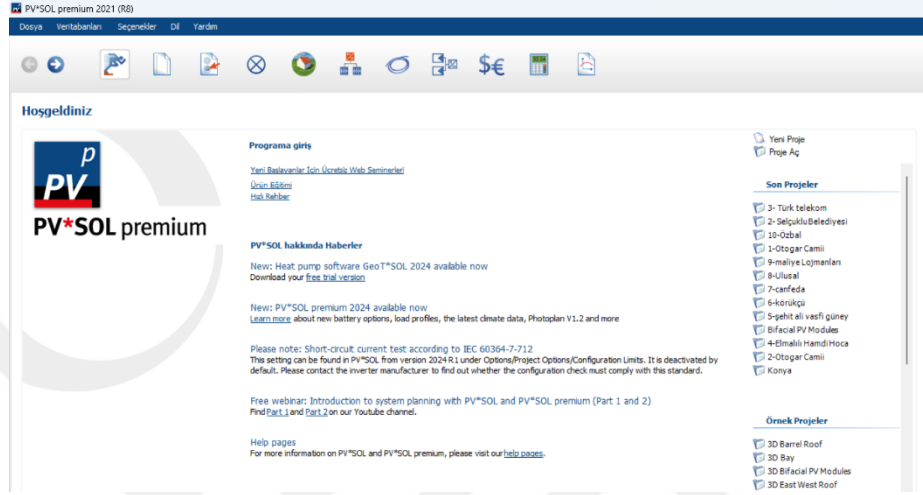
Simülasyon: Cosmos Motion yardımıyla basit mekanizmaların bağlantıları tanımlanır ve bu bağlantılara sürtünme eklenir, çarpışma sonucunda oluşan itme momentumun değerleri hesaplanır ve mekanizmaların simülasyonu gerçekleştirilir.

3.2. PVsol

PVsol, fotovoltaik enerji sistemlerinin tasarımı ve enerji üretim analizleri için kapsamlı bir araç olarak kullanılmaktadır. Yazılımın sunduğu özellikler arasında, çatı tipi ve saha uygulamaları için gerçekçi tasarım simülasyonları ve gölgelenme analizleri yer almaktadır. Yazılıma ait açılış ekran görüntüsü Şekil 3.4' de gösterilmektedir. Bu bölümde, PVsol kullanılarak yapılan gölgelenme simülasyonlarının yöntemleri, kullanılan modelleme teknikleri ve elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

PVsol yazılımı, fotovoltaik enerji sistemlerinin hem çatı tipi hem de saha uygulamaları için detaylı ve gerçekçi bir tasarım süreci sunan bir araçtır. Bu yazılım, yıllık bazda enerji üretim değerlerinin hesaplanmasına olanak sağlar (Çınaroğlu, 2023).

PVsol'un veri tabanında yer alan Expert arayüzü aracılığıyla, üç boyutlu modelleme yapılarak gölge hesaplamaları gerçekleştirilebilir. Bu modelleme sayesinde, çatıya kurulacak fotovoltaik enerji sistemlerinin ön tasarımı yapılabilir. Ayrıca, kullanıcıya günlük, aylık veya yıllık bazda gölge değişimlerinin sunulması sağlanır (Bahgat ve ark., 2004).



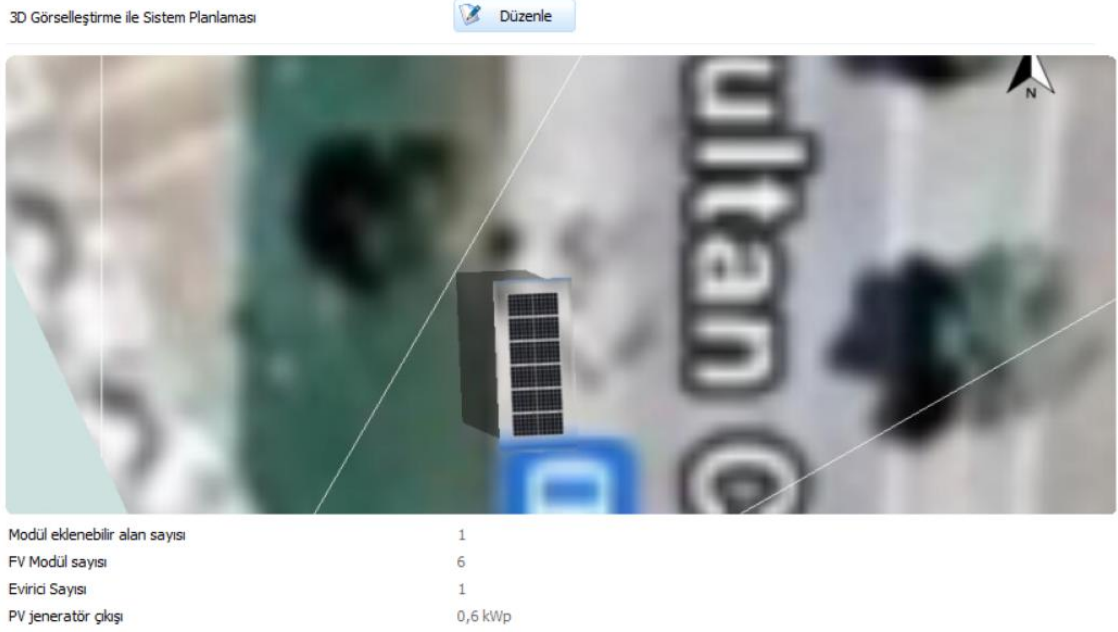
Şekil 3.4. PVsol yazılımı açılış ekran görüntüsü

PVsol yazılımı, fotovoltaik panel ve inverter gibi bileşenlerin yerleşimini optimize etmek için kullanıcı dostu arayüzler ve gelişmiş analitik araçlar sunar. Güneş enerjisi projelerinin tasarım sürecini kolaylaştırır ve en iyi performansı elde etmek için panel konumlandırması, eğim ve gölgelendirme etkilerini dikkate alır. Bu sayede, çatı veya arazi üzerine planlanan güneş enerjisi santralının üç boyutlu tasarımı ve detaylı sonuçlarının elde edilmesi sağlanır.

PVsol, fotovoltaik sistemlerin üç boyutlu görselleştirilmesi ve ayrıntılı gölgeleme analizleri için kullanılan dinamik bir simülasyon yazılımıdır. Bu yazılım, akü sistemleri, inverterler, paneller ve diğer cihazlarla yapılan hesaplamaları içerir ve küçük, orta ve büyük ölçekli tüm fotovoltaik sistemlerde kullanılabilir.

Proje kapsamında, otobüs durağı üzerine kurulan güneş enerjisi sistem tasarımı, PVsol yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Yazılım, panellerin durak üzerine gerçeğe yakın bir şekilde yerleştirilmesini sağlar. Şekil 3.5’de durak üzerine yerleştirilmiş panellerin gerçeğe yakın boyut ve görüntüsü yer almaktadır. Yazılımın avantajları arasında, yerinde inceleme yapmadan ön yerleşim imkânı sunması ve ihtiyaç duyulan ürün listesinin hazırlanması bulunmaktadır. Ayrıca, durak üzerinde yerleşim yapılırken gölgeleme etkisi

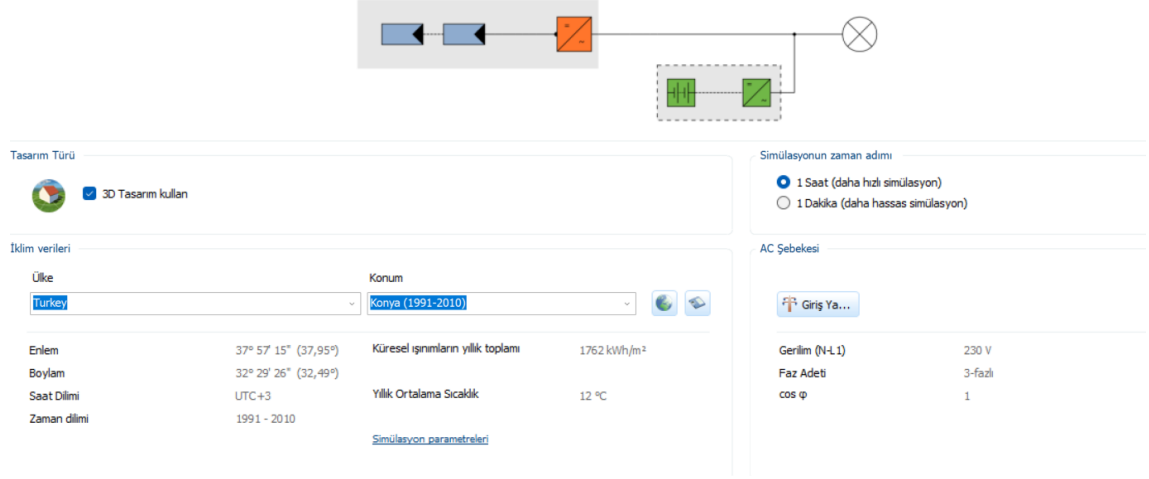
yaratabilecek unsurlar üç boyutlu olarak sisteme eklenebilir ve bu gölgeleme nedeniyle üretimde meydana gelebilecek değişimler izlenebilir. Bu özellik, üç boyutlu gölgeleme ile kazanç tahmini yapmayı mümkün kılar.



Şekil 3.5. PVsol yazılımı ile gerçekleştirilmiş bir durak simülasyonu ekran görüntüsü

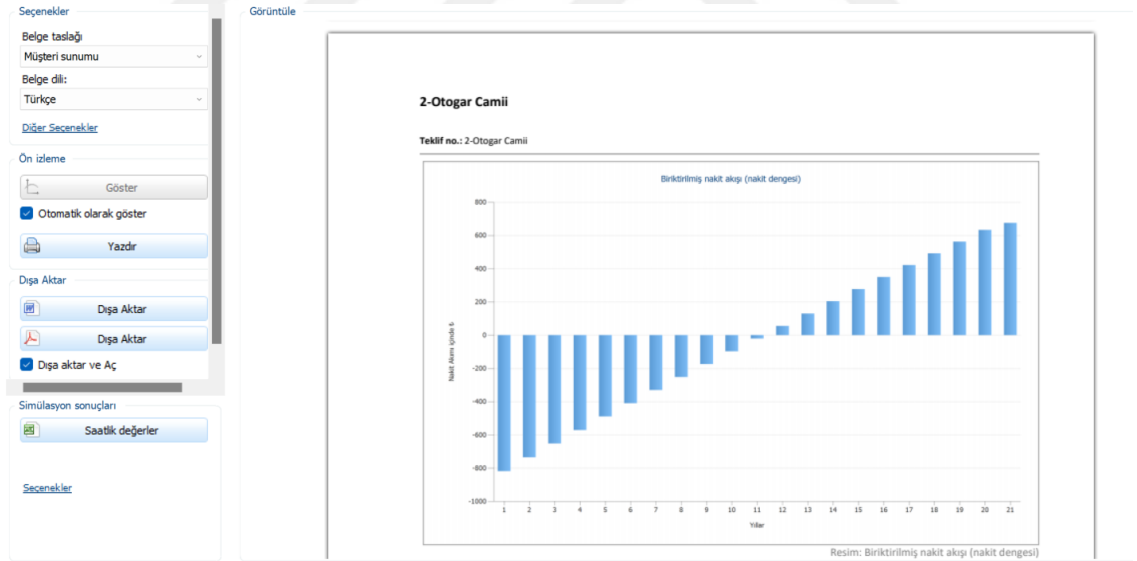
Yazılımın tasarım aşamasında girilen veriler ile sonunda oluşturulan sistemin çıktıları gerçeğe yakın değerler oluşturacaktır. Modül eklenebilir alan sayısı, yazılımda kullanılacak ve enerji elde edilebilecek panellerin yerleştirilebileceği alanları ifade eder. PV modül sayısı, yazılımda kullanılan panellerin sayısını ifade eder. Evirici sayısı, tasarlanan sistemde üretilen DC gücün, AC'ye çevirebilmek için kullanmak istediğiniz invertör sayısını ifade eder. PV jeneratör çıkışı ise, sistemin üretebildiği nominal DC gücü ifade etmektedir.

İklim verileri alanında ülke ve konum verileri ile tasarımın planlandığı konuma ulaşp buradaki iklim verileri alınmaktadır. Burada arazide yer alan ağaçlandırma, herhangi bir bina yapısı ya da gölgelendirme varsa burada ekleme yapılabilir. Şekil 3.6'da PVsol yazılımında sistem türü, iklim ve şebeke bilgilerini içeren ekran görüntüsü gösterilmiştir. Kurulum alanı, arazi ölçüleri koordinat verileri girilerek ya da alan seçilerek belirlenebilmektedir. Santralin verileri günlük, aylık veya yıllık olarak izlenebilir.



Şekil 3.6. PVsol yazılımında sistem türü, iklim ve şebeke bilgilerini içeren ekran görüntüsü

Tasarımı yapılmış sisteme ait üretim çıktıları, amortismanı ve tahmini üretim tabloları görüntülenebileceği sonuç bölümünde sunumla karşılaşılmaktadır. Sunumda amortisman süresinin doğru sonuç vermesi için tarife girişine dikkat edilmelidir. Şekil 3.7.'te sunum sayfası yer almaktadır.



Şekil 3.7. PVsol yazılımında sunum sayfası ekran görüntüsü

PVsol yazılımında yer alan örnek projeler, programın kendi veri tabanındaki projelerdir. Yeni bir proje başlatıldığında, kullanıcılar yatırımcı veya firma bilgileri, kurulum adresi, proje başlığı, görseli ve notlar gibi proje verilerini girebilirler.

3.3. AHP

AHP, Thomas L. Saaty tarafından 1970'lerde geliştirilmiştir. Çok kriterli karar alma(MCDM) yöntemlerinden biridir ve karmaşık kararları yapılandırarak basitleştirir.

karar problemlerini yapılandırmak için uygulanan en temel format, üç seviyeden oluşmuş bir hiyerarşidir: karar vermenin en üst seviyesindeki hedefi, ardından ikinci seviyede yer alan kriterlerin altında üçüncü seviyedeki alternatiflerin değerlendirileceği. Kararı etkileyen unsurlar kademeli olarak düzenlenir. Bu yapının temel amacı, yukarıda belirtilen seviyelerdeki faktörlerin bir kısmına veya tamamına göre, her bir unsurdaki önemini belirlemeyi mümkün kılmaktır (Gökgöz ve ark., 2020).

Araştırma sorununun belirlenmesi, çalışmanın yönünü ve amaçlarını netleştirir. Bu sayede, metodoloji, belirlenen soruna göre uyarlanarak en iyi çözümü sunmayı ve araştırma sonuçlarını en verimli şekilde elde etmeyi hedefler (Putra ve ark., 2018).

AHP yöntemi her bir alternatif için tercih derecesini temsil eden bir değer atamayı mümkün kılar. Bu değerler, hiyerarşik bir yapıya dayalı olarak alternatifleri sınıflandırmak ve seçmek için kullanılabilir (Leal, 2020). AHP, iş dünyası, mühendislik, sağlık yönetimi, kamu politikaları ve eğitim gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

AHP'nin Temel Aşamaları; Hiyerarşik model oluşturma, ikili karşılaştırma matrisleri kullanarak değerlendirme, ağırlıkların hesaplanması ve tutarlılığın kontrol edilmesi ve son olarak karar alternatiflerinin değerlendirilmesi olarak açıklanabilir. AHP'nin avantajları arasında sistematik ve yapılandırılmış bir yaklaşım sunması, öznel yargıları nicel verilere dönüştürmesi ve grup karar verme süreçlerini desteklemesi bulunurken, dezavantajları arasında ise karmaşık ve zaman alıcı olması yer alır.

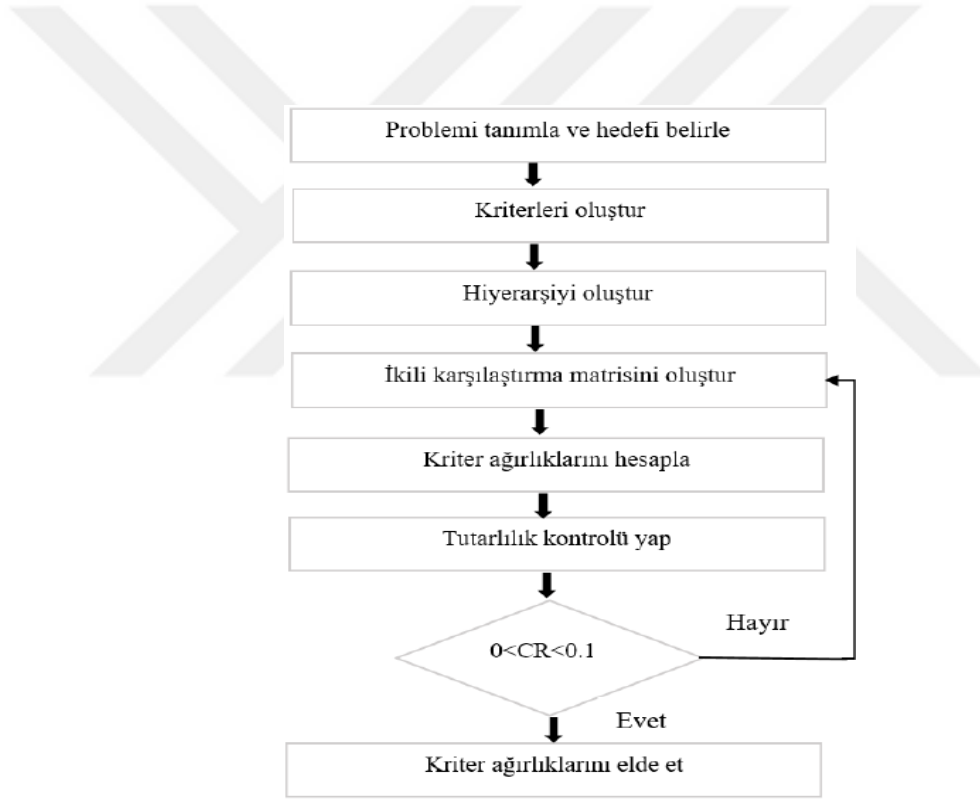
AHP, ikili karşılaştırma matrisi kullanarak çeşitli kriterlerin karar süreci üzerindeki etkisini belirler. Çizelge 3.1 'de belirtilen Saaty'nin derecelendirme ölçeğine (1-9) göre yapılan ikili karşılaştırmalar, kriterlerin önem derecelerini tespit eder. Böylelikle, nitel karşılaştırmalar nicel verilere dönüştürülür.

Yöntemin ilk adımını, problemin tanımlanması oluşturmaktadır. Bu aşamadan sonra, karar kriterlerinin belirlenmesi ve açıklanması, alternatiflerin tespit edilmesi, hiyerarşik yapının inşa edilmesi ve ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gibi aşamalar gelir.

Çizelge 3.1. 1-9 Puan aralığında derecelendirme ölçeği (Aybirdi, C. B., 2021)

Önem Derecesi	Değerlerin Tanımı
1	Eşit Öneme sahip
3	1. faktörün 2. faktörden biraz daha önemli olması
5	1. faktörün 2. faktörden çok önemli olması
7	1. faktörün 2. faktörden çok daha güçlü önemli olması
9	1. faktörün 2. faktörden mutlak üstünlüğünü belirtir
2,4,6,8, Ara değerler	

AHP'nin akış şeması Şekil 3.8'da gösterilmiştir.

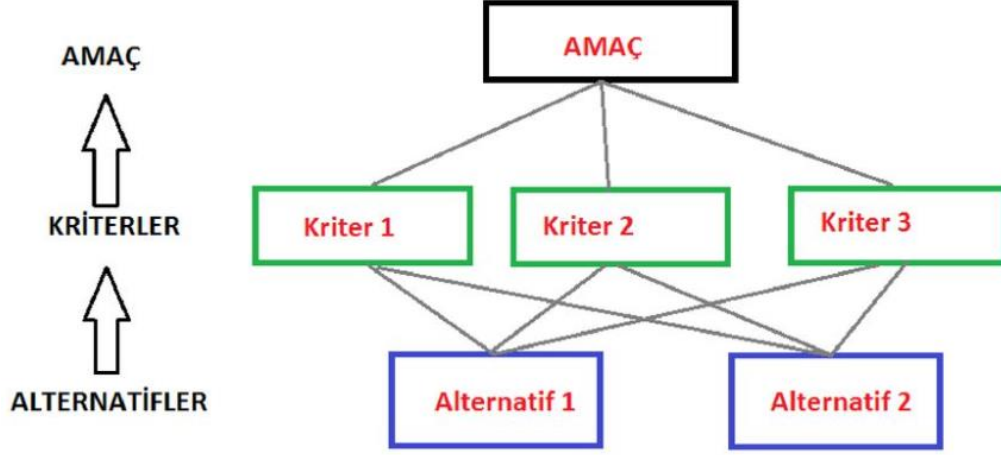


Şekil 3.8. Analitik Hiyerarşi süreci akış şeması

1. Adım: Kriterlerin ve Hiyerarşik Yapının İnşası

Belirlenen amaca göre Şekil 3.9'da gösterilen m alternatif ve n kriter için hiyerarşik yapının inşa edilmesi büyük önem taşır. Hiyerarşik yapıda, hedefe ulaşmak

için belirlenen kriterler doğrudan hedefin altında yer alır. Bu kriterlerin altında ise, bu kriterlerle ilişkilendirilecek ve karşılaştırılacak alternatifler bulunmaktadır.



Şekil 3.9. AHP karar hiyerarşisi

2. Adım: İkili Karşılaştırma Matrisinin İnşası

Hiyerarşik yapı belirlendikten sonra hem kriterlerin hem de alternatiflerin kendi aralarında değerlendirilmesi gerekir. Eşitlik (3.1)'de gösterilen ikili karşılaştırma matrisi, bu değerlendirmeyi yapabilmek için oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisi "n" adet kriter için oluşturulmuş olup, nxn boyutundadır. Matrisin ana köşegeninde yer alan elemanlar, bir kriterin kendisi ile karşılaştırılmasını ifade ettiği için "1" değerini alır. a_{ij} , i. kriter ile j. kriterin ikili karşılaştırma değerini temsil eder.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} = \frac{1}{a_{1n}} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

3. Adım: İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

İkili karşılaştırma matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplamına bölünerek standartlaştırılır. Standartlaştırılmış matrisi elde etmek için Eşitlik (3.2)'de verilen formül kullanılır. Bu adımın sonunda, standartlaştırılmış matrisin satır ortalamaları alınarak kriterlerin ağırlıkları belirlenir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.2)$$

4. Adım: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

AHP sonucunda elde edilen kriter ağırlıklarının karar verme sürecinde kullanılabilmesi için, yapılan hesaplamaların tutarlılığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle tutarlılık oranının hesaplanması gereklidir. İlk olarak, Eşitlik (3.3)'te verilen formül kullanılarak CI (Tutarlılık İndeksi) hesaplanır. Bu formülde yer alan λ_{max} değeri, matrisin maksimum özdeğeridir. Eşitlik (3.4) kullanılarak ağırlıklı toplam değerler, kriter ağırlıklarına bölünür ve bu değerlerin ortalaması alınarak tutarlılık oranı belirlenir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (3.4)$$

Sonunda bulunmuş olan tutarlılık indeksi CI , rastgele değer indeksi denilen RI 'ya bölünerek (3.5)' teki formülden faydalanılarak elde edilmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.5)$$

Eşitlik (3.5)'te yer alan CR değerine ulaşmak için Çizelge 3.2'de yer alan matris boyutuna göre standart RI sayılarından faydalanılmalıdır.

Çizelge 3.2. Matris boyutuna göre RI değerleri

Matris Boyutu	Rastgele Değer İndeksi (RI)
1	0
2	0
3	0,525
4	0,882
5	1,115
6	1,252
7	1,341
8	1,404
9	1,452
10	1,484

Bulunan *CR* değeri, 0,1'den küçük olması gerekir. Aksi takdirde, karar vericinin ikili karşılaştırmaların tutarlı olmadığı sonucuna ulaşılacaktır.

3.4. VIKOR

VIKOR yöntemi, karmaşık sistemlerde ve birbirleriyle çelişen kriterlerden oluşan durumlarda çok kriterli problemleri çözmek amacıyla Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilmiş bir karar verme yöntemidir (Opricovic ve Tzeng, 2004). Bu yöntem, çeşitli kriterleri bir arada değerlendirerek ideal çözüme en yakın olan alternatifleri belirlemeyi ve alternatifler arasında en uygun olanını seçmeyi veya bunları performanslarına göre sıralamayı mümkün kılar(ÖZDEN, 2012). VIKOR yönteminin tercih edilmesinin başlıca nedenleri, anlaşılmasının ve uygulanmasının kolay olması, ayrıca gerçekçi çözümler üretmesidir. Opricovic ve Tzeng, yaptıkları karşılaştırmalı analizlerde TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini değerlendirerek, VIKOR'un karar vericilerin görüşlerini daha iyi yansıttığını belirtmişlerdir. VIKOR yönteminin bazı belirgin özellikleri şunlardır:

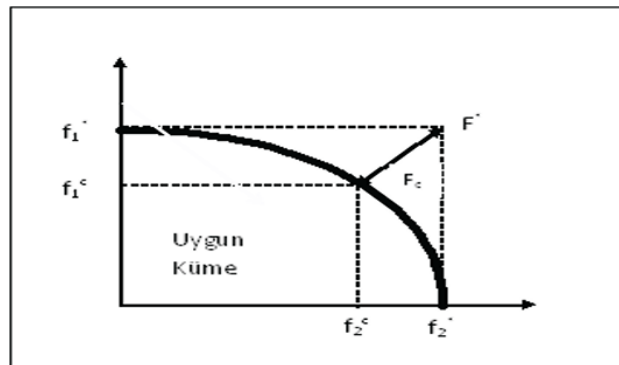
- VIKOR, karar vericilerin görüş ayrılıklarını uzlaştırarak çözme kapasitesine sahiptir.
- Karar verici, ideal çözüme en yakın seçeneği kabul etmeye istekli olmalıdır.
- Her kriterin fayda fonksiyonu ile doğrusal bir ilişki bulunur.
- Alternatifler, belirlenen tüm kriterlere göre değerlendirilir.
- Karar vericinin tercihlerinin ağırlıklarla ifade edilmesi gerekir.
- VIKOR yöntemi, karar vericinin aktif katılımı olmadan başlar, ancak nihai çözümün onaylanması karar vericiye aittir.
- Karar verici, nihai çözüme kendi tercihlerini dahil edebilir.
- VIKOR yöntemi, karar vericiler tarafından kabul edilebilir bir çözüm sunar çünkü bu yöntem "çoğunluğun" maksimum grup faydasını ve "karşıtın" minimum bireysel pişmanlığını hedefler.
- Özellikle sistem tasarımının başında karar vericinin deneyimsiz olduğu veya tercihini ifade edemediği durumlarda etkili bir yöntemdir.
- Alternatif kümesine yeni bir alternatifin eklenmesi veya çıkarılması, alternatiflerin sıralamasını değiştirebilir.

VIKOR, ortak bir sıralama belirlemeyi ve belirlenen ağırlıklar altında ortak bir çözüme ulaşmayı sağlar. Bu yöntem, her alternatifin her kriter için değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife ne kadar yakın olduğunu belirleyerek uzlaşmış bir

sıralama ortaya koyar. Buradaki ortak çözüm, ideale en yakın uygun alternatif olarak kabul edilir ve uzlaşma, ortak kabul edilen bir çözüm üzerinde anlaşmaya varmayı ifade eder. Alternatiflerin her bir kriter için değerlendirildiği varsayımıyla, ideal alternatife yakınlıkları karşılaştırılarak uzlaşılmış sıralama elde edilir(Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2009). Çok kriterli değerlendirme için uzlaşılmış sıralamanın temelini, uzlaşık programlamada kullanılan L_p ölçütü oluşturur. Eğer J sayıda alternatif varsa, bu alternatifler $a_1, a_2, \dots, a_j$ şeklinde ifade edilir ve a_j alternatifinin i kriterine göre değerlendirme sonucu belirlenir. VIKOR yönteminin temelinde, L_p ölçütü önemli bir rol oynar. L_p 'nin formülü Eşitlik (3.6)'da verilmiştir.

$$L_{pj} = \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right]^p \right\}^{1/p} \quad 1 \leq p \leq \infty \quad j = 1, 2, 3, \dots, J \quad (3.6)$$

Formül şu şekilde ifade edilmektedir: “ n ” burada kriter sayısını belirtir. Bu yöntemde, L_{ij} (Eşitlik (3.10)'daki S_j) ve L_{pj} (Eşitlik (3.11)'daki R_j) sıralama kriterlerini oluşturmak için kullanılır. Burada, maksimum grup faydası $\min S_j$ 'den elde edilen sonuçla ve karşıt görüşlerin minimum bireysel pişmanlığı ise $\min R_j$ 'den elde edilen sonuçla temsil edilir. Ayrıca, ortak çözüm olan f_c , ideal çözüme yani f^* 'a en yakın uygun seçenektir. Önceden belirtildiği gibi, uzlaşma terimi, karşılıklı kabul anlamına gelir ve Şekil 3.10'de $\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$ ile $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$ olarak gösterilmektedir (Yildiz ve Deveci, 2013).



Şekil 3.10. Uzlaşık çözüm ile ideal çözüm arasındaki ilişki

1. Aşama: Kriterlerin En İyi ve En Kötü Değerlerinin Belirlenmesi

İlk aşamada, her bir değerlendirme kriteri için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler tanımlanır. Eşitlik (3.7)'de formül gösterimi verilmiştir. Burada, i değerlendirme kriterlerini ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) ve j alternatifleri ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) temsil etmektedir. Bu adım, alternatiflerin her kriter açısından değerlendirilmesinde referans noktaları sağlamaktadır.

$$f_i^* = \max (f_{ij}) \text{ ve } f_i^- = \min (f_{ij}) \quad (3.7)$$

2. Aşama: S_i ve R_i Değerlerinin Hesaplanması

İkinci aşamada, her bir değerlendirme birimi için S_i ve R_i değerleri hesaplanır. Eşitlik (3.9)'daki, w_j kriterlerin ağırlıklarını temsil eder ve bu ağırlıkların toplamı 1 olmalıdır. Eşitlik (3.8)'de belirtilen R_{ij} değeri hesaplanır.

$$R_{ij} = \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \quad (3.8)$$

$$V_{ij} = R_{ij} * w_j \quad (3.9)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^n V_{ij} \quad (3.10)$$

$$R_j = \max [R_{ij}] \quad (3.11)$$

3. Aşama: Q_i Değerlerinin Hesaplanması

Üçüncü aşamada, her bir değerlendirme birimi için Q_i değerleri hesaplanır. Eşitlik (3.12)'de formülü gösterilmiştir. Burada, $S^* = \min S_i$, $S^- = \max S_i$, $R^* = \min R_i$ ve $R^- = \max R_i$ değerlerini temsil eder. v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(-1v)$ değeri ise karşıt görüşlerin minimum pişmanlık ağırlığını belirtir (Tezergil, 2016).

$$Q_i = v \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \quad (3.12)$$

4. Aşama: Q_i , S_i ve R_i Değerlerinin Sıralanması

Dördüncü aşamada, Q_i , S_i ve R_i değerleri sıralanır. En düşük Q_i değerine sahip olan değerlendirme birimi, alternatifler arasında en iyi seçenek olarak belirlenir. Sonuçların geçerliliğini sağlamak için aşağıda belirtilen koşullar dikkate alınır. Bu

koşullar sağlandığında, en düşük Q değerine sahip alternatif en uygun veya en iyi olarak değerlendirilir.

Koşul 1- Kabul Edilebilir Fark: Bu koşul, en iyi alternatif ile en iyiye en yakın alternatif arasında belirgin bir fark olduğunu belirtir. Bu, $Q(P^2) - Q(P^1) \geq D(Q)$ şeklinde ifade edilir. Burada P^1 en düşük Q değerine sahip ilk alternatif, P^2 ise ikinci en iyi alternatifi temsil eder. $D(Q)$ değeri ise $\frac{1}{(j-1)}$ olarak tanımlanır ve j alternatiflerin sayısını ifade eder. Eğer $j > 4$ ise, $D(Q)$ değeri 0,25 olarak alınır.

Koşul 2- Kabul Edilebilir İstikrar: Bu koşulda, en iyi Q değerine sahip P^1 alternatifi, S ve R değerlerinin en az birinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Eğer belirtilen iki koşuldan biri sağlanamazsa, uzlaşılmış çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- **2. Koşul Sağlanamıyorsa:** P^1 ve P^2 alternatifleri, uzlaşılmış çözüm kümesi oluşturularak en iyi değer bulunur.
- **1. Koşul Sağlanamıyorsa:** $P^1, P^2, \dots, P^M$ alternatifleri, $Q(P^M) - Q(P^1) \geq D(Q)$ eşitsizliği dikkate alınarak belirlenir. Bu koşulun sağlanamaması, bazı alternatifler arasında belirgin bir fark olmadığını gösterir.

3.5. TOPSIS

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan TOPSIS, 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, tüm alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan mesafeleri hesaplanır. TOPSIS metodu, alternatifin pozitif-ideal çözüme en yakın ve negatif-ideal çözüme en uzak olacak şekilde seçilmesine dayanır. Veri doğrudan yöntemle uygulanabilir. Bu metod, alternatifleri belirli kriterler doğrultusunda, kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal çözüme olan mesafelerine göre sıralar. Yöntemi uygulayabilmek için birden fazla karar seçeneği gereklidir. Basit algoritmalar ve matematiksel modeller içeren bir analiz sürecine sahip olan TOPSIS, kullanım kolaylığı ve sonuçların anlaşılabilirliği nedeniyle çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Ekin ve Dolanbay, 2024). Yöntemde, ideal çözüme en yakın ve negatif-ideal çözüme en uzak olan alternatif seçilmelidir. TOPSIS, her bir kriterin sistematik olarak artan veya azalan fayda eğilimine sahip olduğu varsayımına dayanır. Bu nedenle, ideal ve negatif ideal çözümleri tanımlamak zor değildir.

Bu yöntem; lojistik, tedarik zinciri, tasarım, mühendislik sistemleri, ekonomi, pazarlama, insan ve su kaynakları yönetimi alanları içinde çoğunlukla kullanılan popüler karar verme araçlarındandır.

Problemin amacını ve kriterleri belirledikten sonra yöntemin aşamalarını şu şekilde takip etmek gerekir; karar matrisini oluşturma, ağırlıklandırılmış normalize matrisini oluşturma, Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün hesaplanması, Pozitif ideal ayırım ve negatif ideal ayırım değerlerinin hesaplanması ve Alternatifler için ideal çözüme göreli yakınlık değerlerinin hesaplanması, alternatifler arasından en iyisini seçmektir.

1. Aşama: karar matrisini oluşturma

Karar matrisini oluşturmak için (m) adet alternatif ve (n) adet kriter ihtiyacı duyulan problemde başlangıç matrisi Eşitlik (3.13)'te verilen formülde her kriter için her alternatifin değerlendirildiği X_{ij} matrisini oluşturmaktır.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

2. Aşama: ağırlıklandırılmış normalize matrisini oluşturma

X_{ij} Matrisindeki her bir kriter için normalizasyon yapılır ve normalize edilmiş kriter değeri Eşitlik (3.14)'de gösterilmiştir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.14)$$

Normalize edildikten sonra kriter değerlerinin oluşturduğu matris R_{ij} Eşitlik (3.15)'te verilmiştir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

Sonraki işlem olarak ağırlıklandırılmış matris, kriterlerin ağırlıklarını Eşitlik (3.14)'te hesaplanan normalize değerler ile çarpılarak Eşitlik (3.16) elde edilir. Toplam değer Eşitlik (3.17)'deki gibi elde edilir.

$$V_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad (3.16)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (3.17)$$

Eşitlik (3.18)'de ağırlıklandırılmış normalize matris verilmektedir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

3. Aşama: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün hesaplanması

Ağırlıklandırılmış normalize matriste her sütundaki değerler için eğer fayda ifade ediyor ise sütun değerinin en büyüğü, zarar ifade ediyor ise sütun değerinin en küçüğü seçilerek İdeal çözüm kümeleri oluşturulur. Eşitlik (3.19)'da pozitif ideal çözüm kümesinin nasıl oluşturulduğu gösterilmiştir.

$$A^* = V_1^*, V_2^*, V_3^*, \dots, V_j^*, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.19)$$

Eşitlik (3.20)'de negatif ideal çözüm kümesi gösterilmiştir.

$$A^- = V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_j^-, (j = 1, 2, \dots, m) \quad (3.20)$$

4. Aşama: Pozitif ideal ayırım ve negatif ideal ayırım değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (3.21-22)'de pozitif ve negatif ideal ayırım (S_i^* ve S_i^-) hesaplamaları gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^*)^2} , (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.21)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^-)^2} , (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.22)$$

5. Aşama: Alternatifler için ideal çözüme göreli yakınlık değerlerinin hesaplanması
Eşitlik (3.23)'te göreli yakınlık değeri hesaplaması gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.23)$$

C_i^* Değeri korelasyon katsayısını ifade etmektedir. 0' ile 1' arasında değer alabilir. C_i^* Değeri 1'e yakınsa pozitif, 0'a yakınsa negatif ideal çözüm anlamına gelmektedir. Sonucun karesi alınırsa korelasyonu yüzde olarak ifade etmek mümkün hale gelir.

3.6. Spearman'ın Sıra Korelasyonu

Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki monoton ilişkinin gücünü ölçen parametrik olmayan bir istatistiktir. Bu katsayı, veri noktalarının sıralarına dayandığı için doğrusal olmayan ilişkileri belirlemede de etkilidir. Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı (p), Pearson korelasyon katsayısının sıra verilere uygulanmış halidir.

1. Aşama: Veri Setinin Sıralanması

İki değişkenin (X ve Y) her biri için veri noktaları artan sırayla sıralanır ve her bir veri noktasına sıralama numarası atanır. Bu sıralama numaraları $R(x_i)$ ve $R(y_i)$ olarak adlandırılır.

2. Aşama: Sıralama Farklarının Hesaplanması

Her bir veri çifti için X ve Y değişkenlerinin sıralama numaraları arasındaki fark (d_i) hesaplanır. Eşitlik (3.24)'te gösterilmiştir.

$$d_i = R(x_i) - R(y_i) \quad (3.24)$$

3. Aşama: Sıralama Farklarının Karelerinin Hesaplanması

Bu aşamada her bir sıralama farkının Eşitlik (3.25)'te gösterildiği gibi karesi alınır.

$$d_i^2 \quad (3.25)$$

4. Aşama: Sıralama Farklarının Karelerinin Toplamının Bulunması

Tüm sıralama farklarının karelerinin toplamı Eşitlik (3.26)' da ki gibi hesaplanır.

$$\sum d_i^2 \quad (3.26)$$

5. Aşama: Spearman'ın Sıra Korelasyon Katsayısının Hesaplanması

Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı (p), Eşitlik (3.27)'de ki formül ile hesaplanır.

$$p = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (3.27)$$

n , veri çiftlerinin sayısını temsil etmektedir.

4. ŞARJ İSTASYONUNUN TASARIMI

SolidWorks, mühendislik ve tasarım süreçlerinde kullanılan güçlü bir CAD (Computer-Aided Design) yazılımıdır. Fotovoltaik sistemlerin tasarımı ve analizi için sunduğu kapsamlı modelleme ve simülasyon araçları, gölgelenme etkilerini detaylı bir şekilde inceleme imkânı tanır. Bu bölümde, SolidWorks kullanılarak gerçekleştirilen tasarımdan bahsedilecektir.

Mikro-mobilite araç şarj istasyonu tasarımında, şehir içi ulaşımındaki karbon salınımını sıfırlamak için elektrik enerjisini şebekeden almak yerine PV panellerin kullanılması düşünülmüştür. Araç şarj istasyonunda PV panellerin yerleşimi ve araçlar için kilit bağlanacak yerlerin olması nedeniyle kabin şeklinde bir tasarım olması gerekmektedir. Bu çözüm maliyetli ve ekstra bir alan işgal edeceği için, Konya’da bulunan şehir içi otobüs duraklarının alt yapısı kullanılarak bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Böylece mevcut otobüs duraklarına yapılacak küçük bir ekleme ile hem maliyeti düşük olan hem de fazladan alan işgal etmeyen çok amaçlı bir tasarım yapılmıştır.

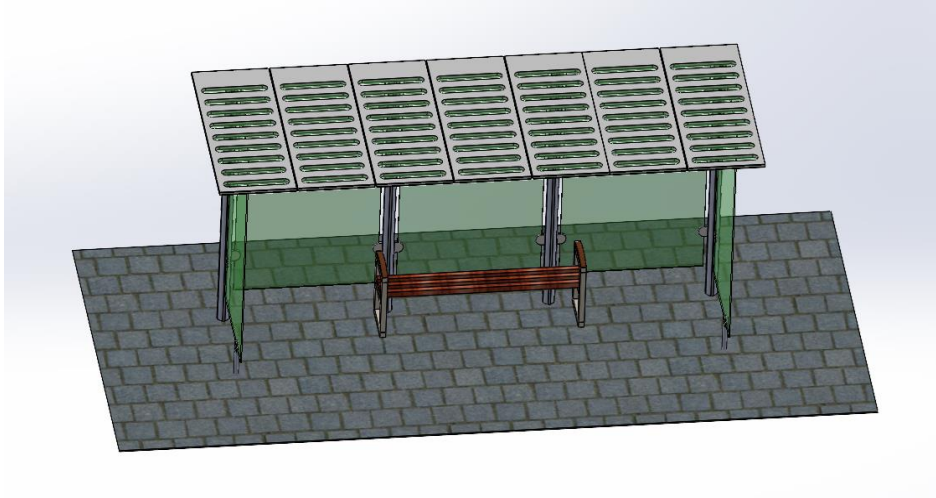
Elektrik ve aydınlatma açısından Konya Büyükşehir Belediyesi’ne ait üç farklı tipte otobüs durağı bulunmaktadır. Birinci tipte hiçbir aydınlatma ve elektriğin kullanılmadığı otobüs durakları bulunmaktadır. İkinci tipte 40W lık küçük bir Pv panelin olduğu ve sadece aydınlatmanın olduğu duraklar bulunmaktadır. Üçüncü tipte ise reklam amaçlı ışıklı pano veya led ekranı olan elektrik şebeke bağlantılı duraklar bulunmaktadır. Bizim tasarımızda sayıca çok olan birinci ve ikinci tipte otobüs durakları, mikro-mobilite araç şarj istasyonu için seçilmiştir.

İlk aşamada Konya Yazır Mahallesi’nde bulunan şehir içi otobüs durağının fotoğrafı çekilip, boyutları ölçülmüştür. Şekil 4.1’ de görüldüğü gibi durağın yanları ve arkası cam ile kapatılmış önü açık şekilde tasarlanmıştır.



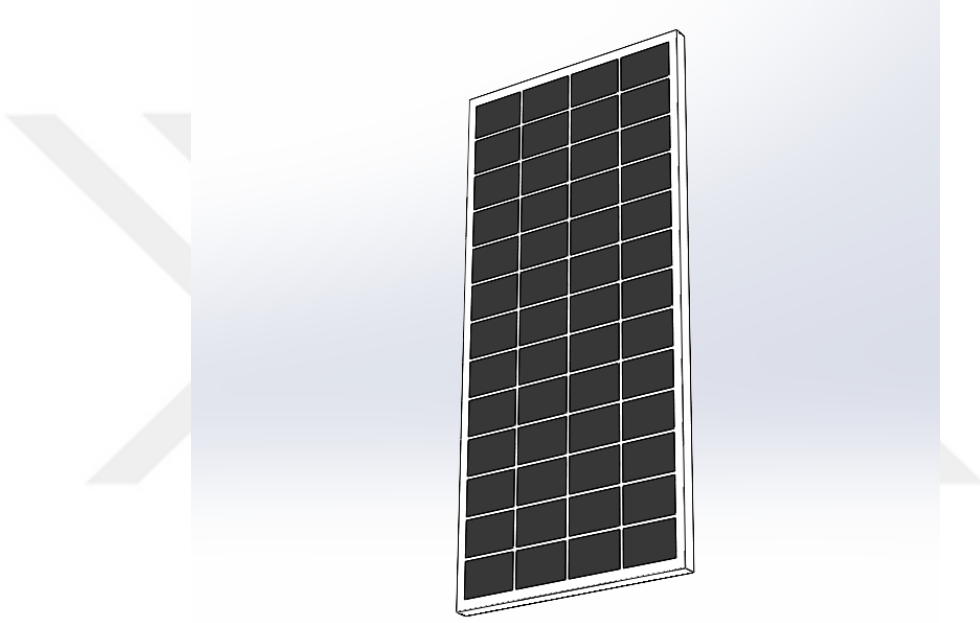
Şekil 4.1. Konya Büyükşehir Belediyesi Yazır Mahallesi'nde bulunan bir otobüs durağı

İkinci aşamada otobüs durağını oluşturan parçaların her biri tek tek ölçülerek SolidWorks programının parça çizim ekranında gerçek ölçülerine uygun şekilde çizilmiştir. Daha sonra çizilen iki boyutlu parçalar, unsurlar bölümünde ekstrüzyon ile katı oluştur sekmesinde 3d modele dönüştürülmüştür. Öncelikle durağın cam parçaları çizilmiş, daha sonra demir sütunlar çizilmiş ve son olarak çatı kısmı çizilmiştir. En sonunda SolidWorks programının montaj kısmında çizilen parçalar gerekli yerlerinden birleştirilerek Şekil 4.2' de görüldüğü gibi son halini almıştır.



Şekil 4.2. SolidWorks Programı ile tasarlanmış otobüs durağı görüntüsü

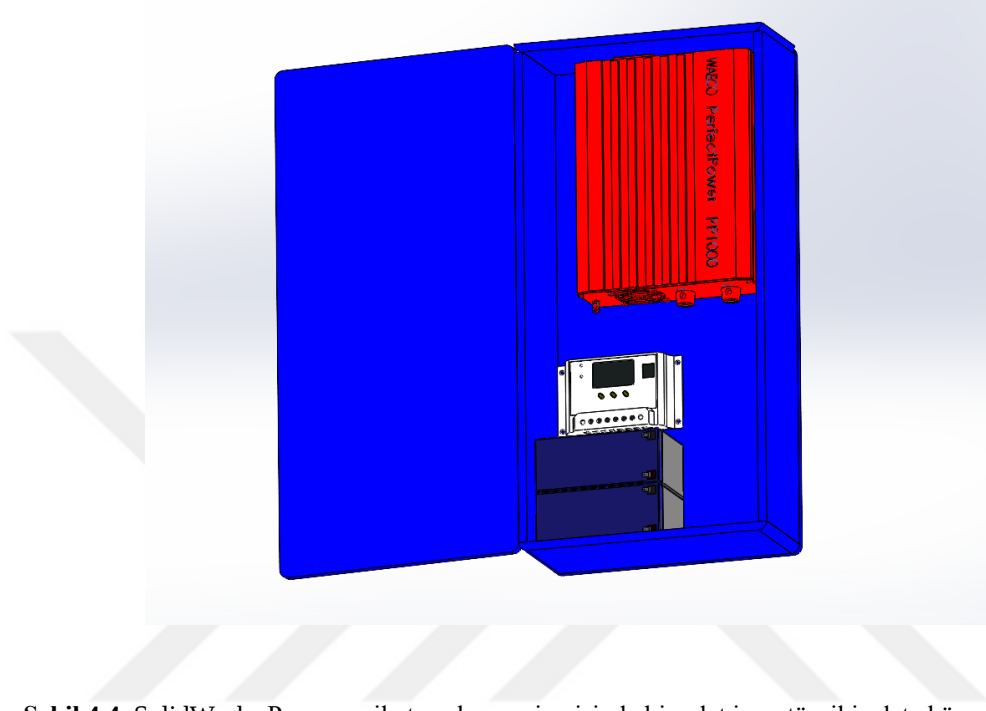
Güneş enerjisinden elektrik üretimini sağlamak amacıyla otobüs duraklarının üzerinde kullanılacak olan panellerin seçiminde hem boyutları hem de üretim kapasiteleri dikkate alınarak 100W üretim gücüne sahip paneller tercih edilmiştir. Bu panellerin boyutları detaylı bir şekilde ölçülmüştür: uzunluğu 1480 mm, genişliği 680 mm ve kalınlığı 40 mm olarak belirlenmiştir. Ölçülen bu değerler ışığında, SolidWorks yazılımı kullanılarak Şekil 4.3'te görülen tasarım oluşturulmuştur. Seçilen panellerin hem yapısal uyumu hem de enerji üretim kapasitesi, otobüs duraklarının mevcut yapısına entegrasyonu ve sürdürülebilir enerji üretimi açısından optimize edilmiştir.



Şekil 4.3. SolidWorks Programı ile tasarlanmış 100w üretim gücüne sahip PV panel görüntüsü

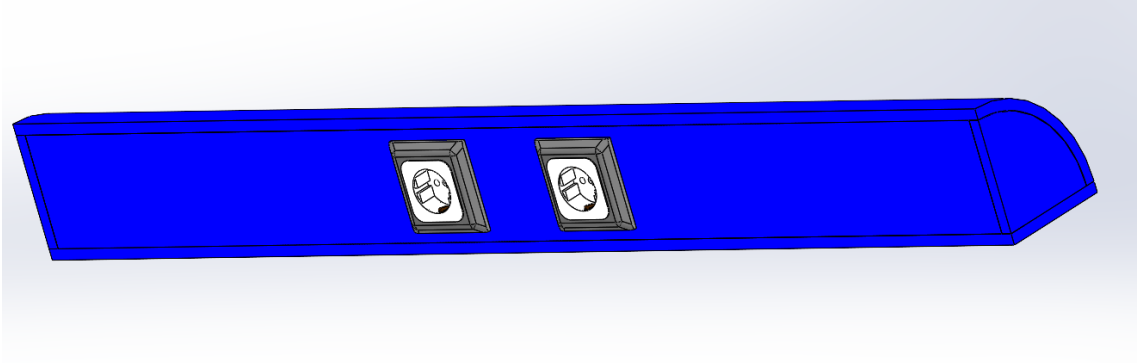
Pv panellerin çalışma prensibine bakıldığında; güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Panelin yüzeyine düşen güneş ışığı, paneldeki yarı iletken malzemeye (genellikle silikon) çarparak elektronları harekete geçirir. Bu hareket, elektrik akımının oluşmasına neden olur. Oluşan bu akım doğru akım (DC) ve anlıktır. Daha sonra kullanılması için depolama araçlarına yani bataryalara ihtiyaç vardır. Fakat bataryalar doğrudan güneş panelleri ile şarj edilemezler. Şarj etmek için şarj kontrol cihazına ihtiyaç vardır. İşte bu sebeple yaptığımız tasarımda içerisinde batarya, şarj kontrol cihazı ve invertör bulunan kontrol kutusu tasarımı gereklidir.

Kontrol kutusu tasarımı için yukarıda belirtilen sistem araçlarının ölçüleri alınarak içerisinde rahatça müdahale edilebilecek bir alanı da bulunan tasarım yapılmış ve Şekil 4.4'te görüldüğü gibi çizim 3d haline getirilmiştir.



Şekil 4.4. SolidWorks Programı ile tasarlanmış içerisinde bir adet invertör, iki adet akü ve şarj kontrol cihazı bulunan kontrol kutusu

Tasarım sürecine başlamadan önce, yağmur suyu gibi olumsuz hava koşullarından etkilenmeyecek bir geometri ile inşa edilmesi gerektiği göz önünde bulundurulmuştur. Bu doğrultuda, tasarımda bu hususa özel önem verilmiştir. İlk olarak, soketin genel tasarımı ve boyutları belirlenmiştir. Daha sonra, soketin detaylı geometrisi oluşturulmuştur. Tasarım sürecinde kullanılacak elektrik prizlerinin gerçek ölçüleri alınarak çizimler gerçekleştirilmiş ve bu çizimler tasarıma entegre edilmiştir. Son aşamada, montaj ve dayanıklılık analizleri yapılarak soketin işlevselliği ve güvenilirliği test edilmiştir. Bu analizler, tasarımın hem montaj kolaylığını hem de uzun vadeli dayanıklılığını garanti altına almayı amaçlamaktadır. Elektrik soketinin bulunduğu bölüme ait tasarımın nihai görüntüsü Şekil 4.5'te sunulmuştur.



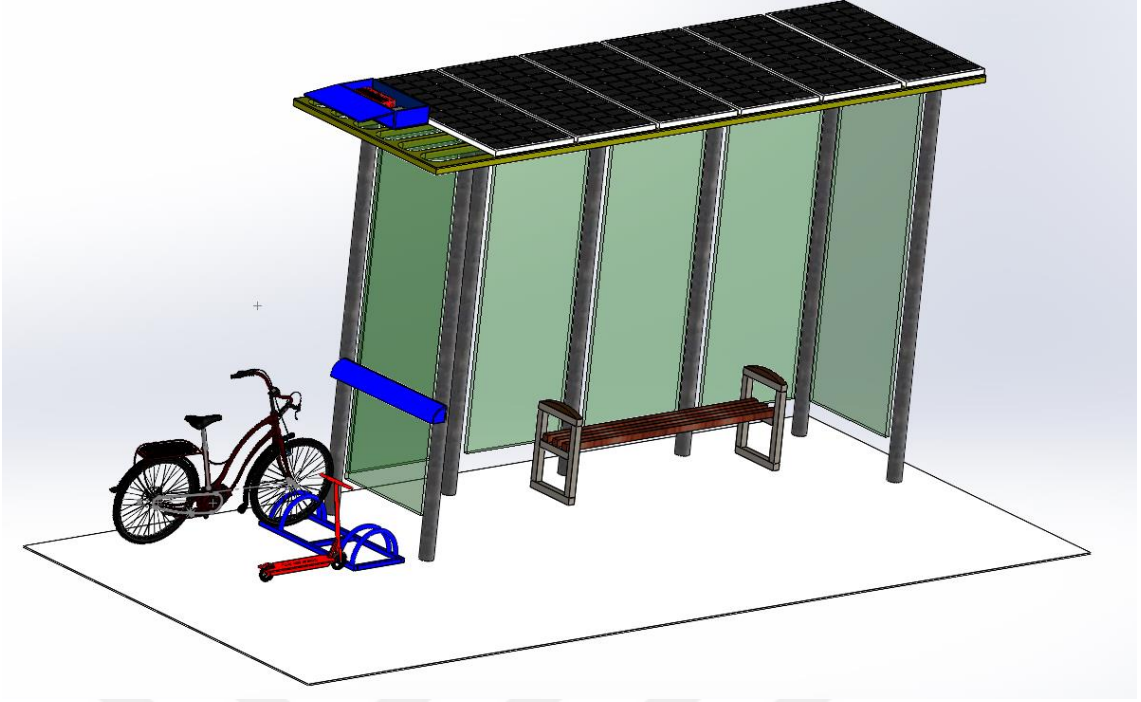
Şekil 4.5. SolidWorks Programı ile tasarlanmış Mikro-mobilite araç şarj soketi

SolidWorks programında montaj dosyası açılarak çizilen bütün parçalar uygun yerlerinden birleştirilmiştir. Görselleştirme araçları kullanılarak tasarımın son hali gözden geçirilmiş ve güneş panellerinin enerji üretimi ve şarj istasyonunun performansı simüle edilmiştir. Şekil 4.6-4,10’ da güneş enerjili şarj istasyonunun farklı açılardan görüntüleri verilmiştir. Şarj istasyonunun tasarımında iki adet mikro-mobilite aracın aynı anda şarj olmasına olanak sağlayan ikili park standı çizilmiştir. Standın dayanıklılığının uzun süreli olması için metal alaşım tercih edilmiştir. Bu tasarımla birlikte mevcut otobüs durak altyapısının kullanılmasıyla maliyeti düşük, ekstra alan işgal etmeyen, enerjisini güneşten üreten çok amaçlı yeni nesil bir mikro-mobilite araç şarj istasyonu dizayn edilmiştir.

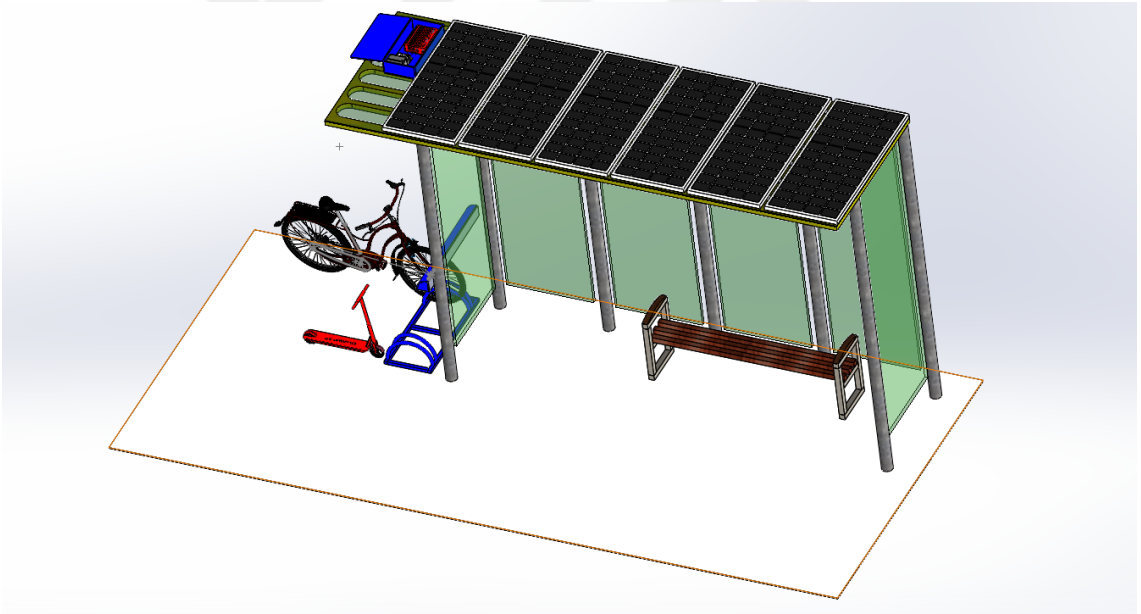
Otobüs durağının tasarımında kullanılacak bileşenlerin boyutları santimetre cinsinden Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Bileşen boyutları

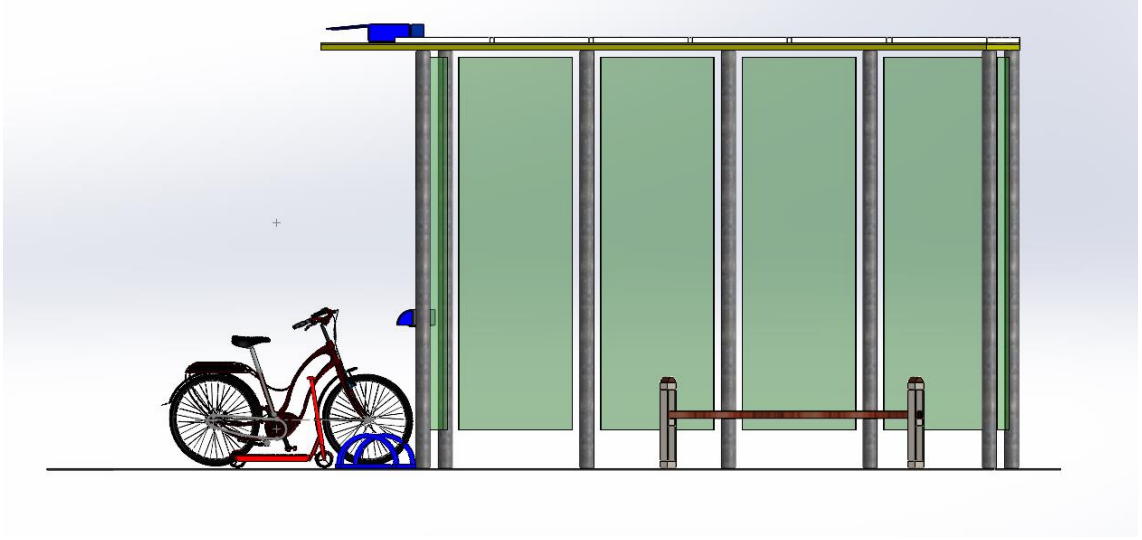
	En	Boy	Yükseklik
Durak Çatı Boyutu	150	470	230
Panel Boyutu	67	148	4
Kontrol Kutusu	30	60	12
Şarj Soketi	10	105	10
Park Standı	40	105	35



Şekil 4.6. Güneş paneli ve şarj istasyonu entegre edilmiş otobüs durağı görüntüsü



Şekil 4.7. Farklı açıdan otobüs durağı görüntüsü



Şekil 4.8. Önden çekilmiş otobüs durağı görüntüsü



Şekil 4.9. Üstten çekilmiş otobüs durağı görüntüsü



Şekil 4.10. Mikro-mobilite araçların yakından çekilmiş görüntüsü

Çizimi yapılan şarj istasyonu tasarımında otobüs durağına ait çatının genişliğine göre en fazla beş adet 100W'lık panel yerleştirilebileceği görülmüştür. Piyasada satılan elektrikli mikro-mobilite araçlarının şarj adaptör güçleri ortalama 100W civarındadır. İki araçlık park yeri için bir günde toplam çekilebilecek enerji $2 \times 100W \times 24h = 4800Wh$ etmektedir. Şarj istasyonunun kullanım yoğunluğu %25 olarak alınırsa günlük şarj için gerekli olan enerji 1200Wh olarak düşünülebilir. Kurulumu yapılacak bir istasyondaki 100W'lık panel sayısı, mevsime, şarj istasyonunun kurulacağı konuma ve etrafında gölge olması durumuna göre 3-5 aralığından değişebilmektedir.

5. ŞARJ İSTASYONUNU İÇİN OPTİMUM KONUMUN BELİRLENMESİ

Bu bölümde tasarlanan şarj istasyonu için optimum konumun belirlenmesi için çalışma yapılmıştır.

5.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Faydalanılan kriter içerikli literatür çalışmaları incelenmiştir.

Guler, D. Ve ark. yaptıkları çalışmada lokasyon seçimi için, Nüfus yoğunluğu, EA şarj istasyonu Bulunan AVM'ler, Yollar, Ulaşım istasyonları, Gelir oranları, Park alanları, Yeşil alanlar, arazi değerleri, Eğim, Benzin istasyonları gibi kriterler belirlemişlerdir (Guler ve Yomralioglu, 2020).

Büyükkantarıcı, M ve ark. yaptıkları çalışmada lokasyon seçimi için, Nüfus, altyapıya uzaklık, anayollara uzaklık, yatırım maliyeti, park alanları, satın alma gücü, benzin istasyonlarına uzaklık ve AVM'lere uzaklık gibi kriter belirlemişlerdir (Büyükkantarıcı ve ark.).

Aybirdi, C. Ankara'da yaptığı çalışmada, önce on adet kriter belirlemiş ve daha sonra bu kriterleri 4 başlıkta toplamıştır. Kriterler ve başlıkları aşağıdaki gibidir. Ana Kriterleri: Rasyonel Planlama, Kullanıcı Profili, Ekonomi ve Teknoloji olarak belirlemiştir. On adet alt kriterleri ise: Park Kapasitesi, Erişilebilirlik, Ekipman Teknoloji Seviyesi, Trafik Durumu, Kurulum Maliyeti, Stiker İhlal Oranı, Yıllık Operasyon ve Bakım Maliyeti, Araç Yoğunluğu, Park Yapılmaz İhlal Oranı, Talep yanıt yeteneği olarak belirlemiştir. Belirlediği kriterlere alternatifleri de ekleyerek sırasıyla, AHP, VIKOR ve TOPSIS yöntemlerini uygulamıştır. Sonuçta iyi konumun A6 alternatifi olan Malzeme ve Metalurji Mühendisliği'nin otoparkı olduğunu belirtmiştir (Aybirdi, 2021).

Peker, B. N. Ve ark. Yaptıkları çalışmada, en önemli istasyon yeri seçim kriteri olarak; işletme ve bakım maliyetleri, yatırım maliyeti, devlet teşvikleri, karbon ayak izi ve arazi genişleme potansiyeli olarak bulmuşlardır (Peker ve Görener, 2022).

Liu, A ve ark. çalışmalarında, kamu tesisleri sayısı, tüketim seviyesi, yatırımın geri dönüşü, işletme ve yönetim maliyetleri, inşaat yatırım maliyetleri, sera gazı emisyonu, toprak ve bitki örtüsünün zarar görmesi, atık yönetim kolaylığı, trafo merkezi kapasitesi, nüfus yoğunluğu, trafo merkezine uzaklık, arazi avantajı, güç kalitesi, yol genişliği, hizmet kapasitesi, ana yol sayısı, yol sayısı ve hizmet yarıçapı gibi kriterlerden yararlanılmıştır (Liu ve ark., 2020).

Diemuodeke, E ve ark. yaptıkları çalışmada, ilk sermaye maliyeti, enerji maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, çevresel etki, karbondioksit emisyonları, karşılanmayan yük, yenilenebilirlik oranı, net mevcut maliyet, sosyokültürel farkındalık , kurulum kolaylığı, teknolojiye hazır olma ve yaşam döngüsü gibi kriterler analiz etmişlerdir (Diemuodeke ve ark., 2019).

Guo, S ve ark. yaptıkları çalışmalarında, yıllık işletme ve bakım maliyeti, inşaat maliyeti, kentsel yol ağı, yatırım geri ödeme süresi, elektrik şebekesinin geliştirme planlamasıyla uyumlu hale getirilmesi, hizmet kapasitesi ve insanların yaşamları üzerindeki etkisi, trafik kolaylığı gibi kriterleri kullanmışlardır (Guo ve Zhao, 2015).

Pradhan, S. Ve ark. çalışmalarında belirledikleri kriterleri, güç güvenilirliği, güç kullanılabilirliği; çevresel kriterler: katı atık deşarjı; hava kalitesi endeksi; ekonomik kriterler: arazi kullanılabilirliği, arazi maliyeti, inşaat maliyeti, işgücü kullanılabilirliği, bakım maliyeti ve sosyal kriterler: toplam nüfus, trafik koşulları, sosyal kabul, istihdam ve hizmet kapasitesi altında gibi çok yönlü incelemişlerdir (Pradhan ve ark., 2021).

Anthopoulos, L. Ve ark. çalışmalarında, ekipman maliyeti, elektrik şebekesi bağlantı maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, şarj istasyonu kapasitesi, elektrik şebekesi kapasitesi, kurulum izinleri, park yeri rezervasyonu için kentsel gelişim planlamasıyla mekansal koordinasyon, tahmini EV sayısı, özel şarjdan rekabet, iyileştirilmiş hava kalitesi ve gürültü azaltımı, şarj istasyonu kurulum alanlarının sürdürülebilir gelişimi, artan bir EV filosu için teşvik stratejileri ve sübvansiyonları, İhalelerin uygulanması için yasal çerçevenin olgunluğu gibi kriterler belirlemişlerdir (Anthopoulos ve Kolovou, 2021).

Yukarıdaki literatürler incelenmiş ve Konya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığına bağlı Sürdürülebilir Ulaşım ve Hareketlilik Şube Müdürlüğündeki uzmanların görüşleri de alınarak kriterler belirlenmiştir. Seçilecek kriterlere göre bir değerlendirme yapılabilmesi için, belirlenen kriterlerin sayısallaştırılabilir değerlere sahip olması gerekmektedir. Dördüncü bölümde tasarlanmış olan mikro-mobilite araç şarj istasyonunun, hangi konumlara uygulanabileceğini belirlemek için kullanılacak kriterler Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Kriterler

Kriter No	Kriter
C1	Okula Uzaklık
C2	Ana yola uzaklık
C3	Bisiklet sayısı
C4	Güvenlik
C5	Tramvay Durağına uzaklık
C6	Güneş Elverişliliği
C7	AVM'ye uzaklık
C8	Elektrik Şebekesine Uzaklık
C9	Nüfus
C10	Yatırım Maliyeti

Okula Uzaklık (C1): Çalışmanın hedef kitlelerinden biri lise öğrencileridir. Lise öğrencileri arasında okula ulaşımını elektrikli mikro-mobilite araçlarla sağlayanlar, araçlarının şarj yetersizliği nedeniyle dönüş yolunda çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu durum, elektrikli araçların şarj altyapısının okullara olan uzaklığıyla doğrudan ilişkilidir.

Ana Yola Olan Uzaklık (C2): Bu kriterin belirlenmesindeki önemli faktör, çeşitli fabrikalarda ve iş yerlerinde çalışan personelin servis güzergahının ana yollar üzerinde olmasıdır. Personel, evlerinden servis durağına kadar mikro-mobilite araçlarını kullanarak zamandan ve enerjiden tasarruf etmeyi amaçlamaktadır. Dolayısıyla, ana yola yakınlık, mikro-mobilite araçlarının verimli kullanımı açısından önem arz etmektedir.

Bisiklet Sayısı (C3): Şarj istasyonunu kullanacak olan kullanıcıların sahip oldukları araçları ve o bölgedeki bisiklet kullanımını ifade etmektedir. Bu kriter, şarj istasyonlarının kapasitesinin belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Güvenlik (C4): Kullanıcıların büyük bir kısmının araçlarını şarj istasyonunda bırakıp gitmeleri gerektiği düşünüldüğünde, güvenlik önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Şarj istasyonlarının güvenlik seviyesinin yüksek olması, kullanıcı memnuniyeti ve güvenliği açısından elzemdir.

Tramvay Durağına Olan Uzaklık (C5): Tramvay hattının geçtiği mahallelerden biri olan Yazır Mahallesi'nde tramvay kullanımı yaygındır. Mikro-mobilite araç kullanıcıları, evlerinden tramvay durağına kadar olan yolu bu araçlarla kat etmekte ve kalan kısmı tramvay ile tamamlamaktadır. Bu sayede, araçlarını güvenli bir park alanına

bırakırken aynı zamanda şarj etme olanağı da bulmaktadırlar. Böylece şarj istasyonunun tramvay durağına yakın olması kullanılabilirliği arttıracaktır.

Güneş Elverişliliği (C6): Alternatif durakların üzerine kurulması planlanan güneş panellerinin verimli çalışabilmesi için doğrudan güneş ışığı alması gerekmektedir. Bu kriter doğrultusunda, güneş elverişliliği az olan duraklar mikro–mobilité araçlar için gerekli olan enerjiyi üretemeyeceği için bu değişken bir kriter olarak seçilmiştir. Güneş elverişliliği, enerji verimliliği açısından kritik bir parametre olarak dikkate alınmaktadır.

AVM'ye Uzaklık (C7): Alışveriş merkezleri, yüksek ziyaretçi yoğunluğuna sahip yerlerdir. Mikro-mobilité araç kullanıcıları, alışveriş merkezlerine rahatça ulaşabilmek ve araçlarını güvenli bir şekilde park edip şarj edebilmek istemektedir. Dolayısıyla, şarj istasyonlarının AVM'lere yakınlığı, kullanıcı memnuniyeti açısından önemli bir kriterdir.

Elektrik Şebekesine Uzaklık (C8): Kurulacak şarj istasyonunun çok yoğun şekilde şarj için kullanılması, bulutlu günlerin art arda gelmesi ve sonradan otobüs durağına reklam amaçlı led ekranlar eklenmesi gibi durumlarla gelecekte karşılaşılabilir. Bu gibi durumlarda panellerin üreteceği enerji yeterli olmayacaktır. PV panellerin yetersiz kaldığı durumlarda elektrik şebekesinden destek alacağı için, şarj istasyonunun elektrik şebekesine bağlanma zorunluluğu ortaya çıkabilir. Bu sebeple elektrik şebekesine erişilebilirlik düşünülmesi gereken bir konu olduğu için, elektrik şebekesine uzaklık bir kriter olarak alınmıştır.

Nüfus (C9): Şarj istasyonlarının konumlandırılacağı bölgelerdeki nüfus yoğunluğu ve otobüs duraklarının kullanım sıklığı, istasyonların potansiyel kullanıcı sayısını belirlemekte önemli bir rol oynar. Yüksek nüfus yoğunluğu ve yoğun otobüs durağı kullanımı, şarj istasyonlarının daha fazla kullanıcıya hizmet verebilmesini sağlar.

Yatırım Maliyeti (C10): Şarj istasyonlarının kurulumu ve işletme maliyetleri, yatırım kararlarında belirleyici bir faktördür. Yatırım maliyetleri, altyapı ihtiyaçları, ekipman maliyetleri, güvenlik tedbirleri ve operasyonel giderler gibi unsurları içerir. Yatırım maliyetinin düşük olması, projenin ekonomik sürdürülebilirliği açısından avantaj sağlar. Yatırım maliyeti güneş elverişliliği kriteriyle birlikte düşünüldüğünde güneş elverişliliğinin düşük olduğu duraklarda daha fazla PV panel kullanılmasına yol açtığı için ayrı bir kriter olarak düşünülmüştür.

Mikro-mobilité araç şarj istasyonunun kurulacağı konumun belirlenmesi amacıyla kriterler belirlendikten sonra, kriterlerin ağırlıklarını belirleme aşamasına geçilmiştir.

5.2. Uzman Görüşlerine Göre AHP Yöntemiyle Kriterler Ağırlıklarının Belirlenmesi

Konya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığına bağlı Sürdürülebilir Ulaşım ve Hareketlilik Şube Müdürlüğündeki uzmanlardan alınan görüşler ile seçilen kriterler ve aynı uzmanlardan ikili karşılaştırma değerlendirmeleri Ek-1’de verilen anket ile alınmıştır. Bu karşılaştırmalardan AHP yöntemi kullanarak karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Uzmanların karşılaştırmaları sonucunda oluşan değerlerin ortalaması alınarak ikili kriter karşılaştırma matrisi Çizelge 5.2’deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 5.2. İkili kriterler karşılaştırma matrisi

Kriter No	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1	2	2/7	2/3	2	2	3	4	2 5/6	1 5/6
C2	1/2	1	1	1 1/3	2 7/8	2 7/9	3	4 4/5	3 3/7	1 8/9
C3	3 1/3	1	1	1 2/3	4	4 1/9	5	6 1/8	4 3/4	3 2/3
C4	1 5/9	3/4	3/5	1	4	3 3/4	5 1/2	6 1/4	5	2 5/6
C5	1/2	1/3	1/4	1/4	1	1 1/2	2 4/7	3 1/3	2 1/4	1 2/3
C6	1/2	3/8	1/4	1/4	2/3	1	2 5/7	3 1/2	2 4/5	7/9
C7	1/3	1/3	1/5	1/6	3/8	3/8	1	2 5/9	1 1/3	1
C8	1/4	1/5	1/6	1/6	2/7	2/7	2/5	1	1 2/9	2/7
C9	1/3	2/7	1/5	1/5	4/9	3/8	3/4	4/5	1	1 3/8
C10	5/9	1/2	2/7	1/3	3/5	1 2/7	1	3 1/2	5/7	1
Toplam	8,89	6,81	4,20	6,05	16,22	17,39	24,96	35,92	25,35	16,27

Yukarıdaki matris, belirli kriterlere göre normalize edilmiştir. Normalizasyon işlemi, matrisin her bir hücrenin, aynı sütundaki en büyük değere bölünmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonrasında elde edilen normalize matris, Çizelge 5.3’te detaylı bir şekilde gösterilmektedir. Ardından, normalize edilmiş karşılaştırma matrisindeki her bir sütunun ortalama değeri hesaplanmıştır. Bu ortalamalar, her bir kriterin ağırlığını temsil etmekte olup, Çizelge 5.4’te kriter ağırlıkları olarak sunulmuştur. Bu ağırlıklar, sonraki adımlarda karar verme sürecinde önemli bir rol oynamaktadır.

Çizelge 5.3. Normalize matris

Kriter No	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	0,11	0,28	0,07	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
C2	0,06	0,15	0,23	0,22	0,18	0,16	0,12	0,13	0,13	0,12
C3	0,37	0,15	0,24	0,28	0,25	0,23	0,20	0,17	0,19	0,22
C4	0,17	0,11	0,14	0,17	0,25	0,22	0,22	0,17	0,20	0,17
C5	0,06	0,05	0,06	0,04	0,06	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10
C6	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,06	0,11	0,10	0,11	0,05
C7	0,04	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,04	0,07	0,05	0,06
C8	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,02
C9	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,09
C10	0,06	0,08	0,07	0,06	0,04	0,07	0,04	0,10	0,03	0,06
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.4. Kriterlerin ağırlıkları

Kriter No	Kriterler	Ağırlık
C1	Okula Uzaklık	0,13
C2	Ana yola uzaklık	0,15
C3	Bisiklet sayısı	0,23
C4	Güvenlik	0,18
C5	Tramvay Durağına uzaklık	0,07
C6	Güneş Elverişliliği	0,07
C7	AVM ye uzaklık	0,04
C8	Elektrik Şebekesine Uzaklık	0,03
C9	Nüfus	0,04
C10	Yatırım Maliyeti	0,06

Yalnızca ikili karşılaştırmalar yapmak ve ağırlıkları belirlemek yeterli değildir. Bu aşamada, değerlendirmelerin tutarlılığını göz önünde bulundurmak ve verilerin güvenilirliğini sağlamak için gerekli denetimlerin yapılması önemlidir. Öncelikle, Eşitlik (3.4) kullanılarak λ_{max} değeri hesaplanır. Bu değer, Eşitlik (3.3)'te yerine konularak $n=10$ kriter için tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır. Son aşamada tutarlılık indeksi, Çizelge 5.1'deki 10 kriter için belirlenen 1,484 olan rastgele indeks (RI) ile Eşitlik (3.5) teki formüle bölünür ve tutarlılık oranı (CR) elde edilmiş olur. Çizelge 5.5'te belirtilen tutarlılık oranı, rastgele indeksine bölünerek elde edilen $0,04 < 0,1$ koşulunu sağladığından, elde edilen karşılaştırma matrisi ile sonuçların tutarlı olduğu anlaşılır.

Çizelge 5.5. Tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı

Ort(Lmax)	10,54
Consistency index (CI)	0,06
Consistency ratio (CR)	0,04
Rastgele tutarlılık indeksi (RI)	1,484

Kriter ağırlıklarına bakıldığında bisiklet sayısı kriterinin (C3) ağırlığı 0,23 ile uzmanlara göre en önemli kriterdir. İkinci olarak ise 0,18 ağırlık ile Güvenlik (C4) gelmektedir. AVM'ye uzaklık (C7), Elektrik Şebekesine uzaklık (C8), Nüfus (9) ve yatırım maliyeti (10) kriterleri birbirine yakın çıkmıştır. Aralarından 0,03 ağırlık değeri ile en tercih edilmeyen ise Elektrik Şebekesine Uzaklık (C8) olmuştur.

5.3. Kullanıcı Görüşlerine Göre AHP Yöntemiyle Kriterler Ağırlıklarının Belirlenmesi

Konya'da mikro-mobilite kullanıcılarına yapılan anketler ile ikili karşılaştırma değerlendirmeleri alınmıştır. Bu karşılaştırmalardan AHP yöntemi kullanarak karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Kullanıcıların karşılaştırmaları sonucunda oluşan değerlerin ortalaması alınarak ikili kriter karşılaştırma matrisi Çizelge 5.6'deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 5.6. İkili kriterler karşılaştırma matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1	2 4/5	3 4/9	1 1/7	3 1/3	5 1/4	1 5/8	3 1/2	4 1/3	7
C2	3/8	1	2 5/9	2/3	1 5/6	3 3/4	1 5/7	2 3/4	2 3/8	5 1/2
C3	2/7	2/5	1	2/7	1 3/7	3 1/9	1 1/9	2 8/9	1 3/4	4 3/4
C4	7/8	1 4/9	3 1/4	1	3 3/4	6 1/4	3	5 1/4	5	8 1/4
C5	2/7	5/9	5/7	1/4	1	3	1 1/5	2 2/3	2 1/4	4 3/4
C6	1/5	1/4	1/3	1/6	1/3	1	2/9	1 1/7	7/9	2 1/4
C7	5/8	4/7	8/9	1/3	5/6	4 1/3	1	3	3 1/3	6
C8	2/7	3/8	1/3	1/5	3/8	7/8	1/3	1	2 1/9	4
C9	2/9	3/7	4/7	1/5	4/9	1 2/7	2/7	1/2	1	3 3/4
C10	1/7	1/6	1/5	1/8	1/5	4/9	1/6	1/4	1/4	1
Toplam	4,28	8,02	13,34	4,41	13,53	29,27	10,68	22,90	23,19	47,25

Yukarıdaki matris normalize formülüne uygulanmış, oluşan normalize matris Çizelge 5.7’de gösterilmektedir. Normalize karşılaştırma matrisinin ortalamaları alınarak Çizelge 5.8’de ki kriter ağırlıkları bulunmuştur.

Çizelge 5.7. Normalize matris

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	0,23	0,35	0,26	0,26	0,25	0,18	0,15	0,15	0,19	0,15
C2	0,08	0,12	0,19	0,15	0,14	0,13	0,16	0,12	0,10	0,12
C3	0,07	0,05	0,07	0,07	0,10	0,11	0,10	0,13	0,08	0,10
C4	0,20	0,18	0,24	0,23	0,28	0,21	0,28	0,23	0,22	0,17
C5	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,10	0,11	0,12	0,10	0,10
C6	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,05
C7	0,14	0,07	0,07	0,08	0,06	0,15	0,09	0,13	0,14	0,13
C8	0,07	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,09	0,08
C9	0,05	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,08
C10	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.8. Kriterlerin ağırlıkları

Kriter No	Kriterler	Ağırlık
C1	Okula Uzaklık	0,22
C2	Ana yola uzaklık	0,13
C3	Bisiklet sayısı	0,09
C4	Güvenlik	0,22
C5	Tramvay Durağına uzaklık	0,09
C6	Güneş Elverişliliği	0,03
C7	AVM ye uzaklık	0,11
C8	Elektrik Şebekesine Uzaklık	0,05
C9	Nüfus	0,04
C10	Yatırım Maliyeti	0,02

Yalnızca ikili karşılaştırmalar yapmak ve ağırlıkları belirlemek yeterli değildir. Bu aşamada, değerlendirmelerin tutarlılığını göz önünde bulundurmak ve verilerin güvenilirliğini sağlamak için gerekli denetimlerin yapılması önemlidir. Öncelikle, Eşitlik (3.4) kullanılarak λ_{max} değeri hesaplanır. Bu değer, Eşitlik (3.3)'te yerine konularak $n=10$ kriter için tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır. Son aşamada tutarlılık indeksi, Çizelge

5.1'deki 10 kriter için belirlenen 1,484 olan rastgele indeks (RI) ile Eşitlik (3.5) teki formüle bölünür ve tutarlılık oranı (CR) elde edilmiş olur. Çizelge 5.9'da belirtilen tutarlılık oranı, rastgele indeksine bölünerek elde edilen $0,03 < 0,1$ koşulunu sağladığından, elde edilen karşılaştırma matrisi ile sonuçların tutarlı olduğu anlaşılır.

Çizelge 5.9. Tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı

Ort(L_{max})	10,43
Consistency index (CI)	0,05
Consistency ratio (CR)	0,03
Rastgele tutarlılık indeksi (RI)	1,484

Kriter ağırlıklarına bakıldığında okula uzaklık (C1) ve güvenlik (C4) kriterlerinin ağırlıkları 0,22 ile kullanıcılara göre en önemli kriterdir. Üçüncü olarak ise 0,13 ağırlık ile anayola yakınlık (C2) gelmektedir. Yatırım maliyeti (10) 0,02 ağırlık değeri ile en tercih edilmeyen kriter olmuştur.

5.4. Şarj İstasyonunun Kurulumu İçin Seçilen Pilot Bölge

Mikro-mobilite araçlar için tasarımı yapılan şarj istasyonun hangi otobüs durağına kurulacağına yönelik seçilen bölge Konya'nın Selçuklu ilçesinde bulunan Yazır mahallesidir. Yazır mahallesi Selçuklu ilçesinin kuzey kısmında gelişim gösteren, Yeni Otogar ve Bosna Hersek Mahallesi arasında kalan bölgedir.

Tük 2023 verilerine göre Selçuklu ilçesinin toplam nüfusu 695 bin 771 kişi ile Konya'nın Nüfus yoğunluğu sıralamasında birinci ilçesidir. Konya'da nüfusun en fazla olduğu mahalle ise, 68 bin 944 kişilik nüfusuyla ise Yazır Mahallesidir (Tük,2023).

Çalışmadaki kriterlere göre; nüfusun yoğunluğu, Milli Eğitim bakanlığına bağlı okullar, alışveriş merkezleri gibi olanakları fazlasıyla karşılaması bu bölgeyi seçmede etkin sebep olmuştur.

Bu bağlamda Yazır Mahallesinden çalışmanın yapılacağı 10 adet belediye otobüs durağı rastgele seçilmiştir. Seçilen otobüs duraklarının konumları Şekil 5.1' de gösterilmiştir. Şekilde kırmızı beyaz çizgi ile çevrelenen alan Yazır Mahallesidir.



Şekil 5.1. Yazır bölgesinde belirlenen otobüs durakları

5.5. Potansiyel Şarj İstasyonlarına Ait Alternatiflerin Değerleri

Çalışmanın bu aşamasında alternatiflerin sıralanması amacıyla kullanılacak olan VIKOR ve TOPSIS yöntemine veri sağlamak için, seçilen 10 alternatifin belirlenen kriterlere göre değerlendirilmesi sonucu oluşturulan değerlendirme matrisi Çizelge 5.6'da sunulmaktadır. Matrisin hazırlanmasında, bilimsel makalelerden alınan veriler, saha araştırmalarından elde edilen sayısal gözlemler ve kamunun erişimine açık bilgiler kullanılmıştır. Çizelge 5.10'da Okula Uzaklık, Ana yola uzaklık, Tramvay durağına uzaklık, AVM'ye uzaklık ve elektrik şebekesine uzaklık sütunlarında metre cinsinden Google maps kullanılarak hesaplanmıştır. Bisiklet sayısı olarak otobüs durağına en yakın paylaşımlı bisiklet duraklarının kullanım sayıları alınmıştır. Güvenlik olarak otobüs durağına en yakın güvenlik kamerasına olan uzaklık alınmıştır. Güneş elverişliliği sütunundaki veriler, PVsol yazılımında tüm otobüs duraklarının gerçek çevre durumları kullanılarak simülasyon sonucunda elde edilmiştir. Nüfus sayısı ise otobüs duraklarını kullanan kişi sayısıdır. Yatırım maliyeti sütunundaki veriler ise kullanılacak panel sayısı

ile ilişkilendirilmiş olup güncel kur ve güncel fiyatlar üzerinden belirlenen yüzdesel oranlardır.

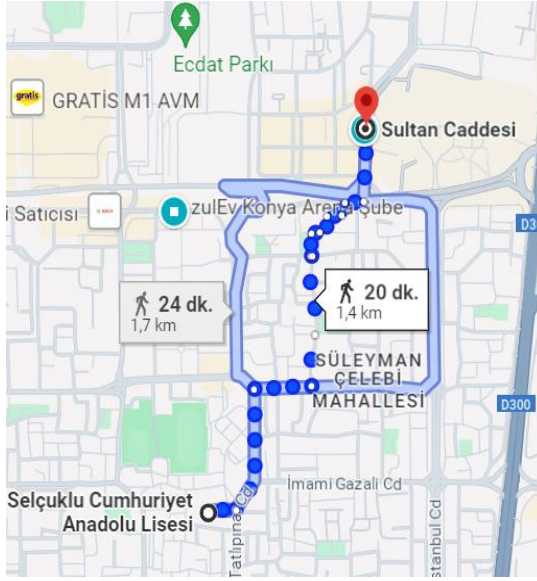
Çizelge 5.10. Alternatiflerin değerlendirilmesi matrisi

Durak No	Durak Adları	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Duracağına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
1	Otogar Camii	1400	190	1024	31	650	85,90	1000	56	526	115
2	Selçuklu Belediyesi	1000	2	537	85	1100	85,12	350	126	1993	115
3	Türk Telekom MTAL	7	56	2026	545	2400	98,50	400	84	10341	105
4	Elmalılı Hamdi Hoca	1200	2	602	105	1500	79,32	1300	143	1562	120
5	Şehit Ali Vasfi Güney	1200	550	1146	41	1300	81,62	850	35	694	120
6	Körükçü	1800	2	1165	545	950	99,20	2000	56	196	100
7	Canfeda	2600	2	756	112	650	86,72	2200	10	227	115
8	Ulusal	1200	500	5002	24	50	83,20	4200	10	29906	115
9	Maliye Lojmanları	900	500	456	50	1600	97,80	3800	165	1366	105
10	Özbal	290	93	1593	540	650	97,54	4100	106	2448	105

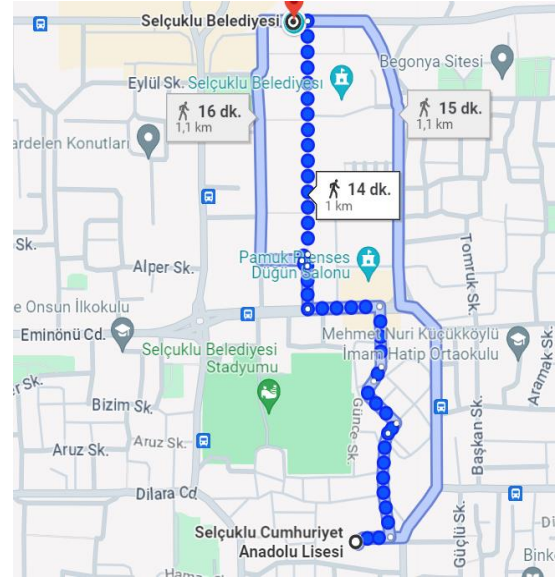
5.5.1. Okula uzaklık

Şekil 5.2-5.6 da Otobüs duraklarının, en yakın okullara uzaklıkları Google maps ekran görüntüsü alınarak gösterilmiştir.

Şekillerden elde edilen sayısal uzaklık değerleri (yürüme mesafesi) ise Çizelge 5.11 de verilmiştir.

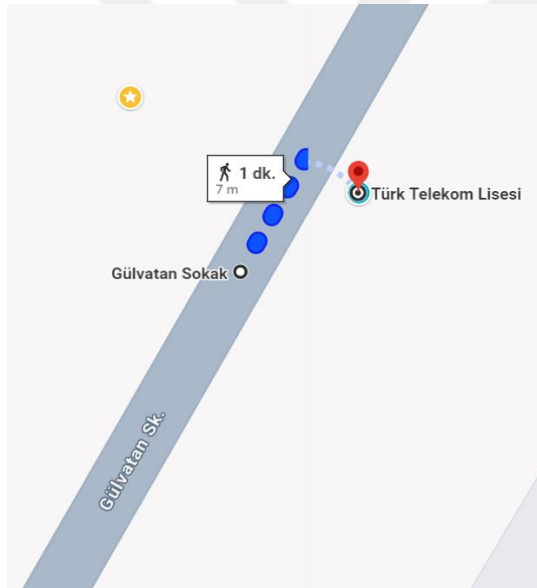


(a)

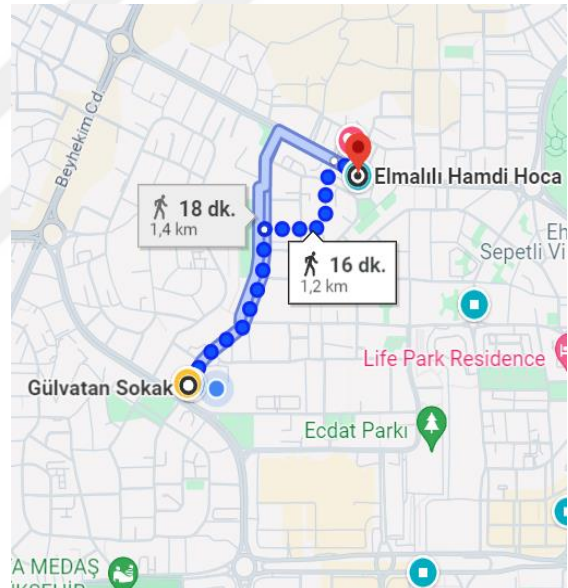


(b)

Şekil 5.2. (a) 1. durağın en yakın okula olan uzaklığı, (b) 2. durağın en yakın okula olan uzaklığı

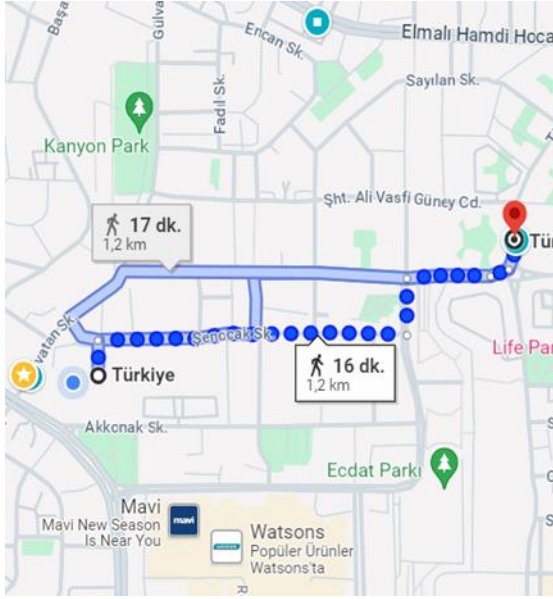


(a)

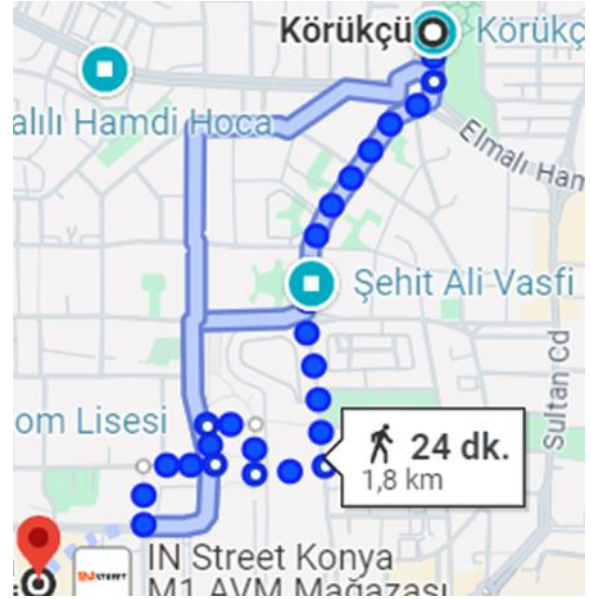


(b)

Şekil 5.3. (a) 3. durağın en yakın okula olan uzaklığı, (b) 4. durağın en yakın okula olan uzaklığı

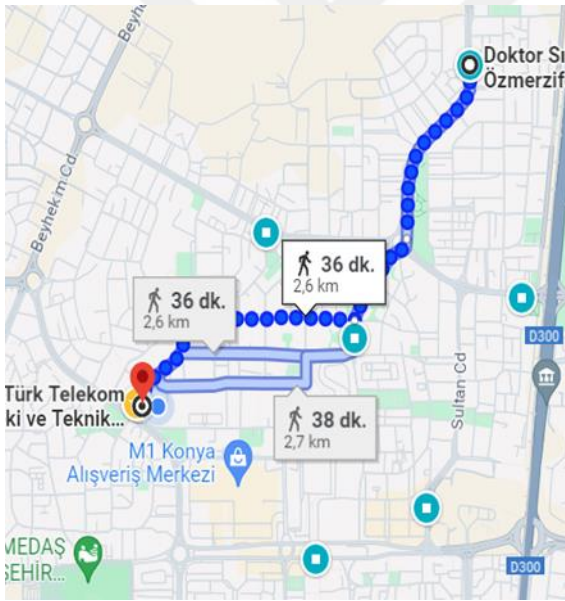


(a)

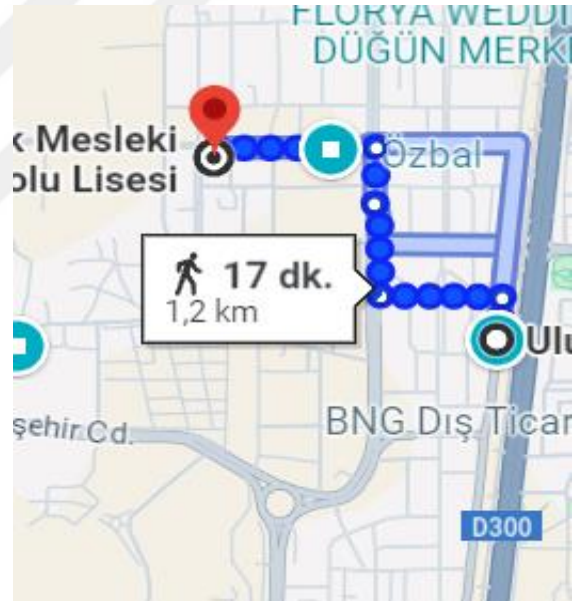


(b)

Şekil 5.4. (a) 5. durağın en yakın okula olan uzaklığı, (b) 6. durağın en yakın okula olan uzaklığı

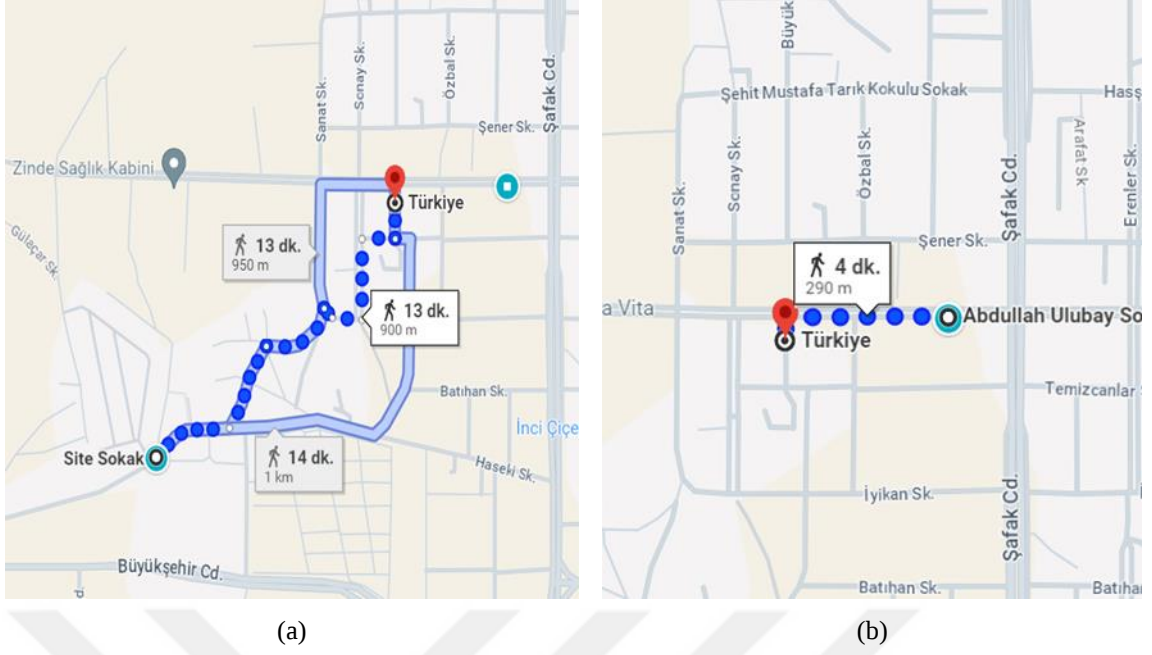


(a)



(b)

Şekil 5.5. (a) 7. durağın en yakın okula olan uzaklığı, (b) 8. durağın en yakın okula olan uzaklığı



Değerler incelendiğinde okula en yakın durağın, 7 metre yürüme mesafesiyle Türk Telekom MTAL, en uzak durağın ise 2600 metre ile Canfeda durağı olduğu görülmektedir.

Uzaklık kriteri olumsuz bir kriter olduğu için en iyi değer en yakın mesafeye sahip olan 3 numaralı Türk Telekom MTAL durağıdır. En kötü değer ise 7 numaralı Canfeda durağı olmuştur.

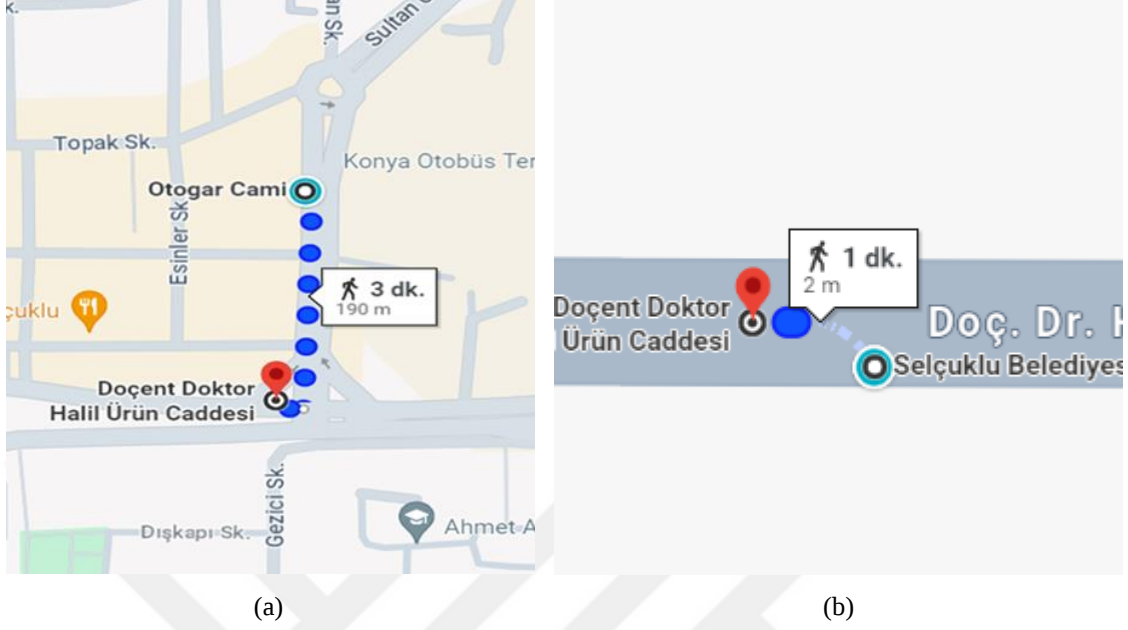
Çizelge 5.11. Otobüs duraklarına en yakın okul uzaklıkları

Durak No	Durak Adları	Okula Uzaklık [m]
1	Otogar Camii	1400
2	Selçuklu Belediyesi	1000
3	Türk Telekom MTAL	7
4	Elmalılı Hamdi Hoca	1200
5	Şehit Ali Vasfi Güney	1200
6	Körükçü	1800
7	Canfeda	2600
8	Ulusal	1200
9	Maliye Lojmanları	900
10	Özbal	290

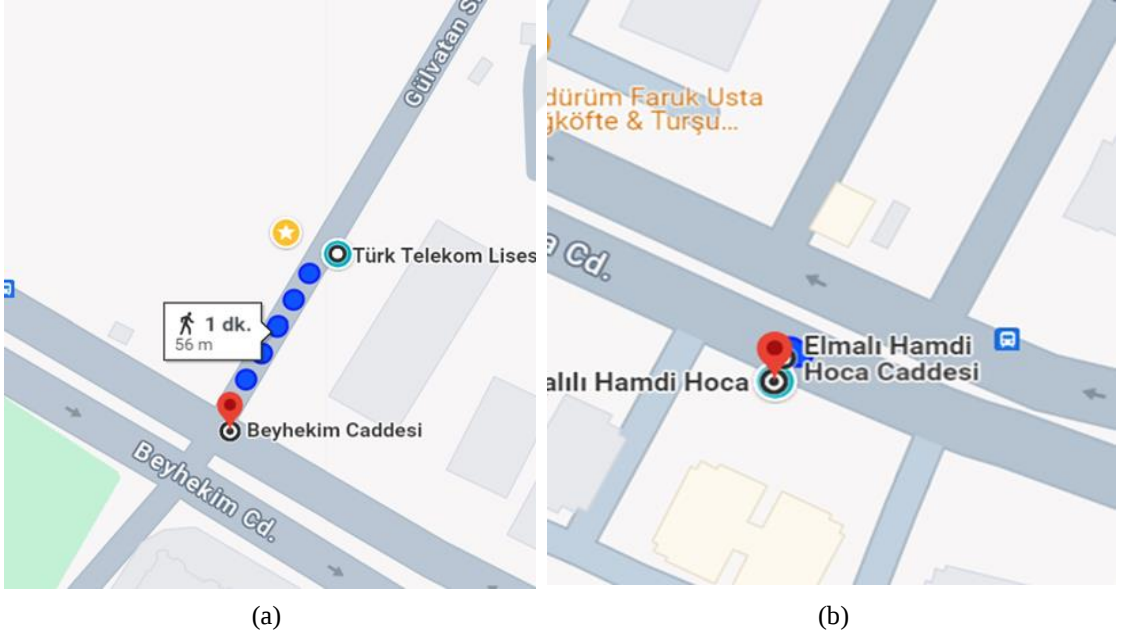
5.5.2. Ana yola uzaklık

Şekil 5.7-5.11 da Otobüs duraklarının, en yakın ana yola uzaklıkları Google maps ekran görüntüsü alınarak gösterilmiştir.

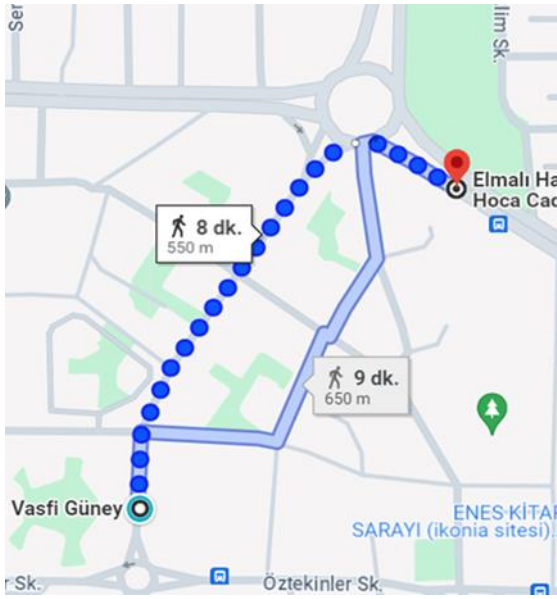
Şekillerden elde edilen sayısal uzaklık değerleri(yürüme mesafesi) ise Çizelge 5.12 de verilmiştir.



Şekil 5.7. (a) 1. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı, (b) 2. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı



Şekil 5.8. (a) 3. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı, (b) 4. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı



(a)

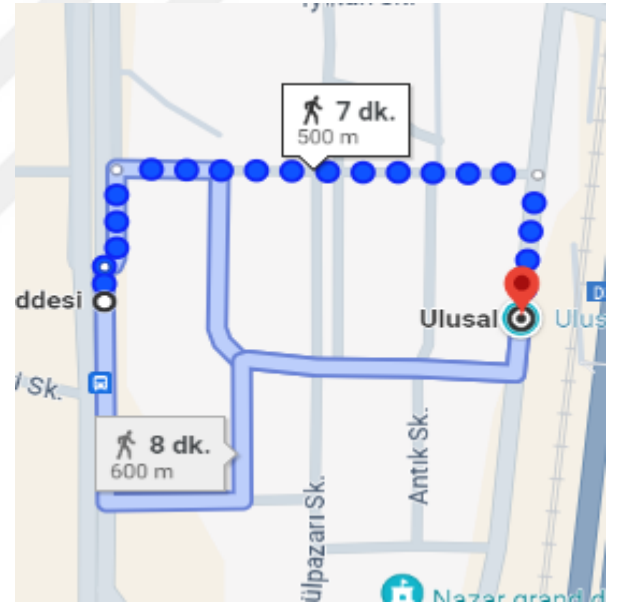


(b)

Şekil 5.9. (a) 5. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı, (b) 6. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı

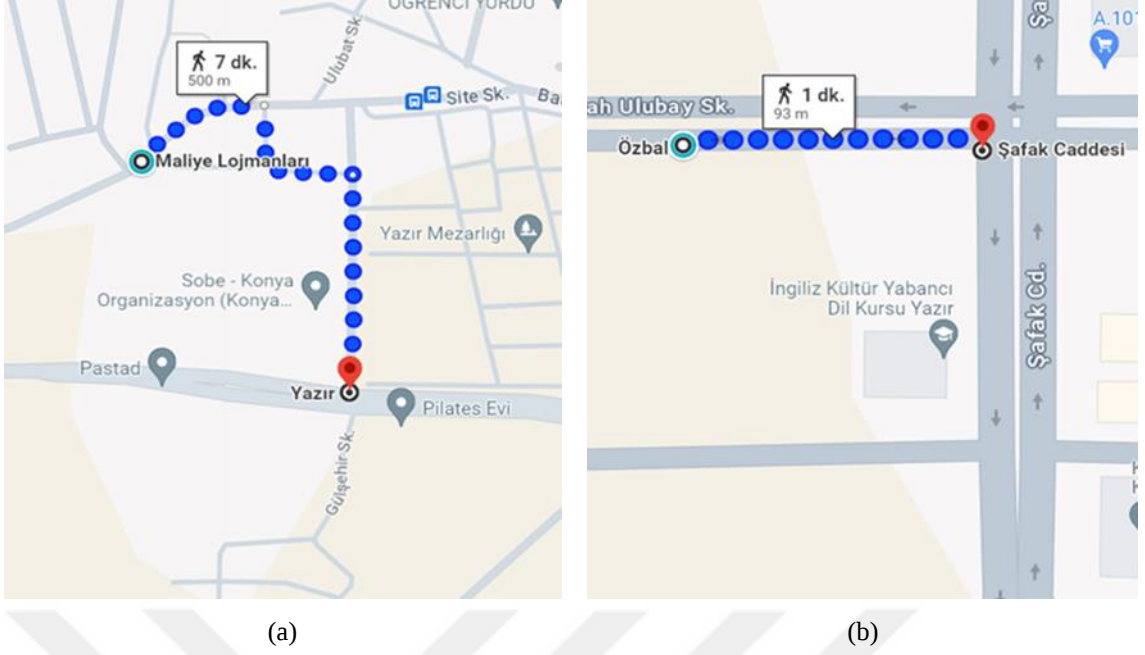


(a)



(b)

Şekil 5.10. (a) 7. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı, (b) 8. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı



Şekil 5.11. (a) 9. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı, (b) 10. durağın en yakın ana yola olan uzaklığı

Değerler incelendiğinde ana yola en yakın durakların, 2 metre yürüme mesafesiyle Selçuklu belediyesi, Elmalılı Hamdi Hoca, körükçü ve Canfeda duraklarının, en uzak durağın ise 550 metre ile Şehit Ali Vasfi Güney durağı olduğu görülmektedir.

Uzaklık kriteri olumsuz bir kriter olduğu için en iyi değer en yakın mesafeye sahip olan 2, 4, 6 ve 7 numaralı duraklardır. En kötü değer ise 5 numaralı Şehit Ali Vasfi Güney durağı olmuştur.

Çizelge 5.12. Otobüs duraklarına en yakın ana yol uzaklıkları

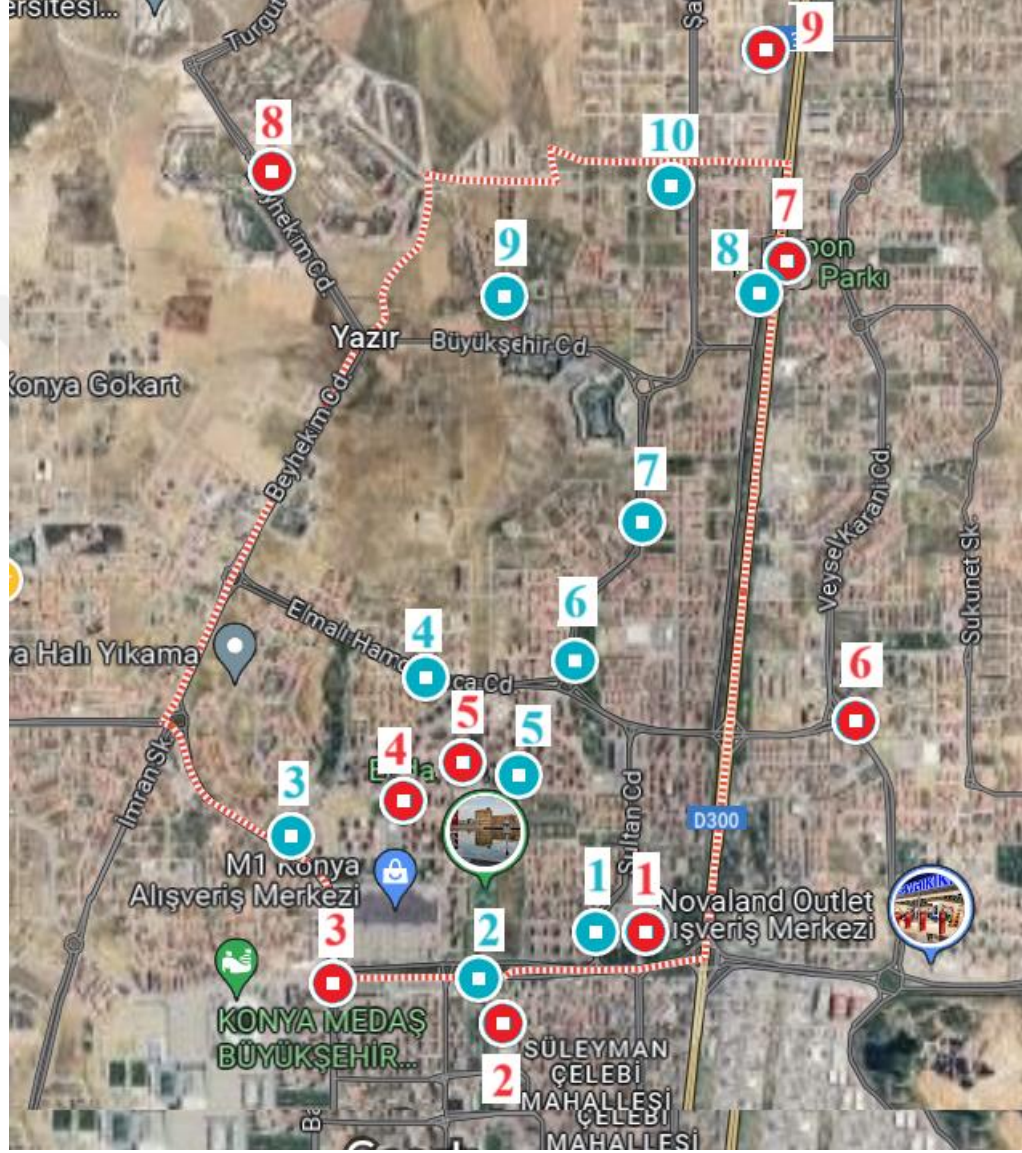
Durak No	Durak Adları	Ana yola uzaklık [m]
1	Otogar Camii	190
2	Selçuklu Belediyesi	2
3	Türk Telekom MTAL	56
4	Elmalılı Hamdi Hoca	2
5	Şehit Ali Vasfi Güney	550
6	Körükçü	2
7	Canfeda	2
8	Ulusal	500
9	Maliye Lojmanları	500
10	Özbal	93

5.5.3. Bisiklet sayısı

Bisiklet sayısı olarak otobüs durağına en yakın paylaşımlı bisiklet duraklarının yıllık kullanım sayıları Konya Büyükşehir Belediyesi ulaşım daire başkanlığından alınmıştır.

Paylaşımlı bisiklet noktalarının 5 tanesi Yazır Mahallesinde bulunmaktayken 4 tanesi komşu mahallelerde yer almaktadır Şekil 5.12’ de Google maps üzerinden işaretlenen otobüs duraklarının ve paylaşımlı bisiklet noktalarının konumları verilmiştir.

Hangi numaralı otobüs durağı için hangi numaralı paylaşımlı bisiklet noktası seçildiğini gösteren değerler Çizelge 5.13’ te verilmiştir.



Şekil 5.12. Paylaşımlı bisiklet (kırmızı) ve otobüs durakları (turkuaz)

Değerler incelendiğinde 5002 kez kullanım ile 8 numaralı otobüs durağı Ulusal’a en yakın paylaşımlı bisiklet durağı olan Japon parkı durağı olduğu görülmektedir. En az kullanım sayısı ise 456 kullanım ile 9 numaralı maliye lojmanları durağına en yakın durak olan Beyhekim hastane bölgesi paylaşımlı bisiklet durağı olmuştur. Bisiklet sayısı olumlu

bir kriter olduğu için en iyi değere sahip durak 8 numaralı ulusal olurken, en kötü değere sahip durak ise 9 numaralı maliye lojmanları durağı olmuştur.

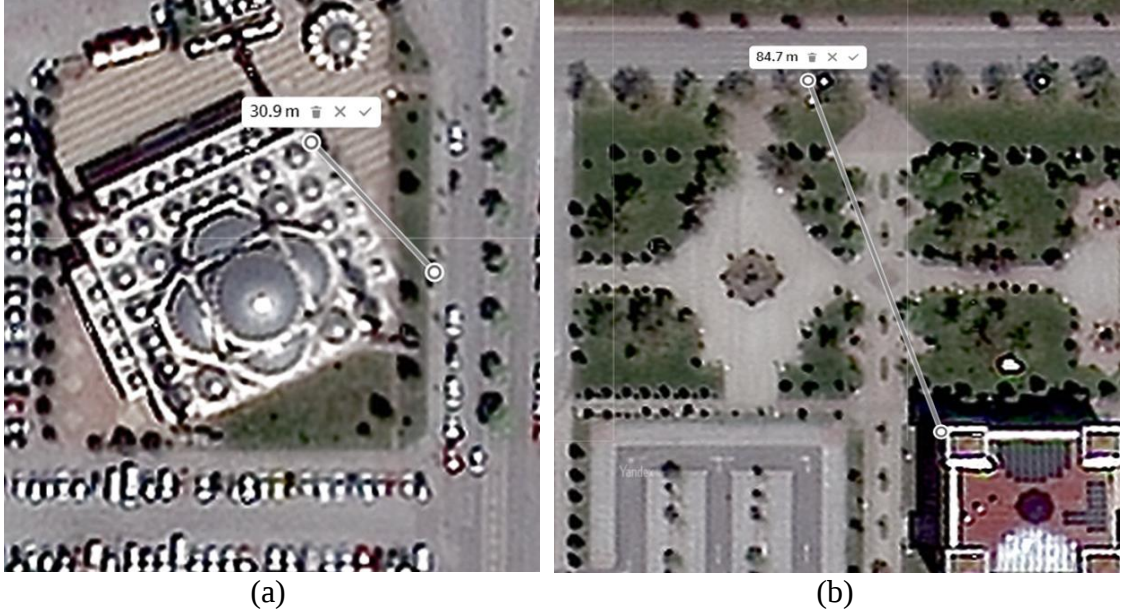
Çizelge 5.13. Otobüs duraklarına en yakın paylaşımlı bisiklet durak bilgileri

Durak No	Durak Adları	Paylaşımlı Bisiklet Durak No	Paylaşımlı Bisiklet Durak Adı	Bisiklet sayısı [adet]
1	Otogar Camii	1	2033 Konya Otogariçi	1024
2	Selçuklu Belediyesi	2	1106 Selçuklu Belediyesi Güvenlik Önü	537
3	Türk Telekom MTAL	3	1084 Real Kavşağı Orta Refuj	2026
4	Elmalılı Hamdi Hoca	4	1058A akçaağaç Park Önü Yürüyüş Alanı	602
5	Şehit Ali Vasfi Güney	5	2038 Ecdat Camii Önü	1146
6	Körükçü	5	2038 Ecdat Camii Önü	1165
7	Canfeda	6	2044 Modalife (Sancak Mh) Önü	756
8	Ulusal	7	1039 Japon Parkı	5002
9	Maliye Lojmanları	8	2043 Beyhekim Hastane Bölgesi	456
10	Özbal	9	1054 Adil Karaağaç MTA Önü	1593

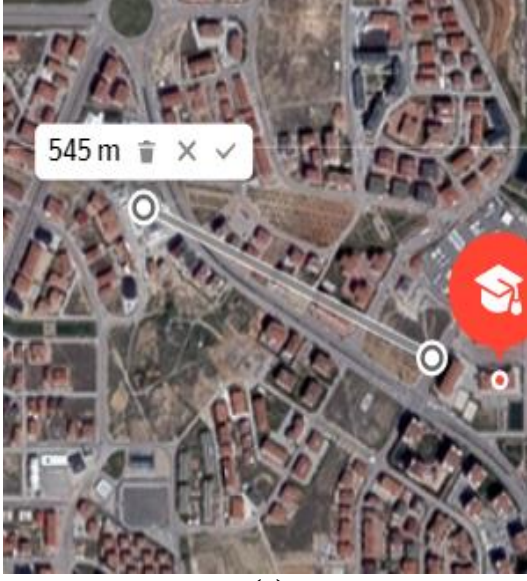
5.5.4. Güvenlik

Şekil 5.13-5.17’de Otobüs duraklarının, en yakın güvenlik kameralarına uzaklıkları Google maps ekran görüntüsü alınarak gösterilmiştir.

Şekillerden elde edilen sayısal uzaklık değerleri ise (kuş uçuşu) ise Çizelge 5.14’te verilmiştir.



Şekil 5.13. (a) 1. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı, (b) 2. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı



(a)



(b)

Şekil 5.14. (a) 3. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı, (b) 4. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı



(a)



(b)

Şekil 5.15. (a) 5. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı, (b) 6. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı



(a)



(b)

Şekil 5.16. (a) 7. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı, (b) 8. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı



(a)



(b)

Şekil 5.17. (a) 9. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı, (b) 10. durağın en yakın kameraya olan uzaklığı

Değerler incelendiğinde güvenlik kamerası en yakın durağın, 24 metre mesafeyle Ulusal, en uzak durakların ise 545 metre ile Türk Telekom MTAL ve Körükçü durakları olduğu görülmektedir.

Uzaklık kriteri olumsuz bir kriter olduğu için en iyi değer en yakın mesafeye sahip olan 8 numaralı duraktır. En kötü değer ise 3. Ve 6 numaralı Türk Telekom MTAL ve Körükçü durakları olmuştur.

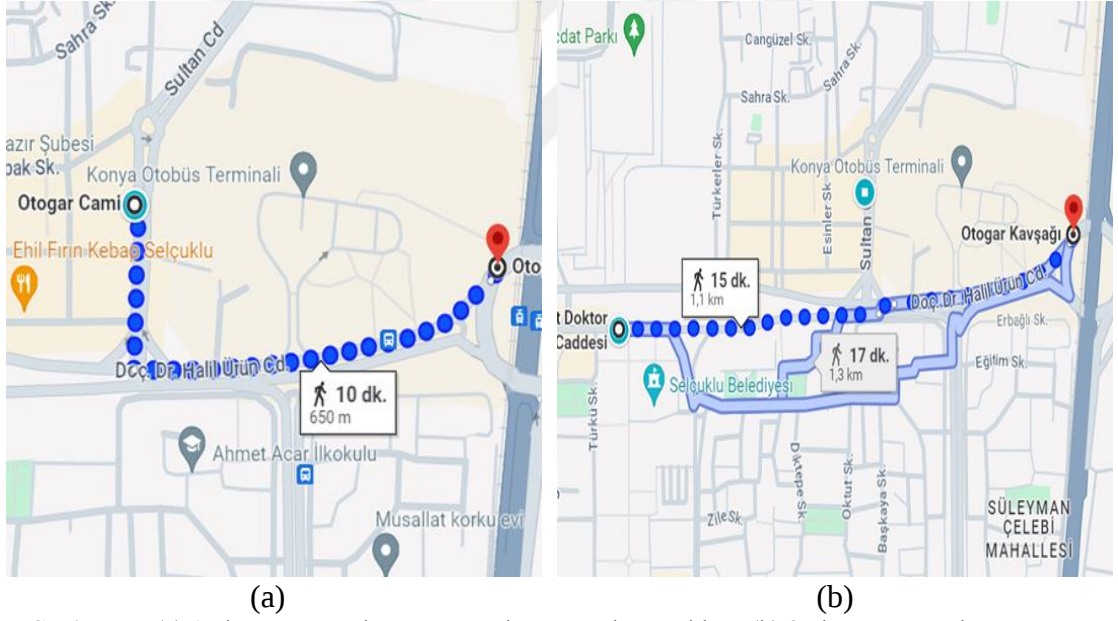
Çizelge 5.14. Otobüs duraklarına en yakın güvelik kamerası uzaklıkları

Durak No	Durak Adları	Güvenlik [m]
1	Otogar Camii	31
2	Selçuklu Belediyesi	85
3	Türk Telekom MTAL	545
4	Elmalılı Hamdi Hoca	105
5	Şehit Ali Vasfi Güney	41
6	Körükçü	545
7	Canfeda	112
8	Ulusal	24
9	Maliye Lojmanları	50
10	Özbal	540

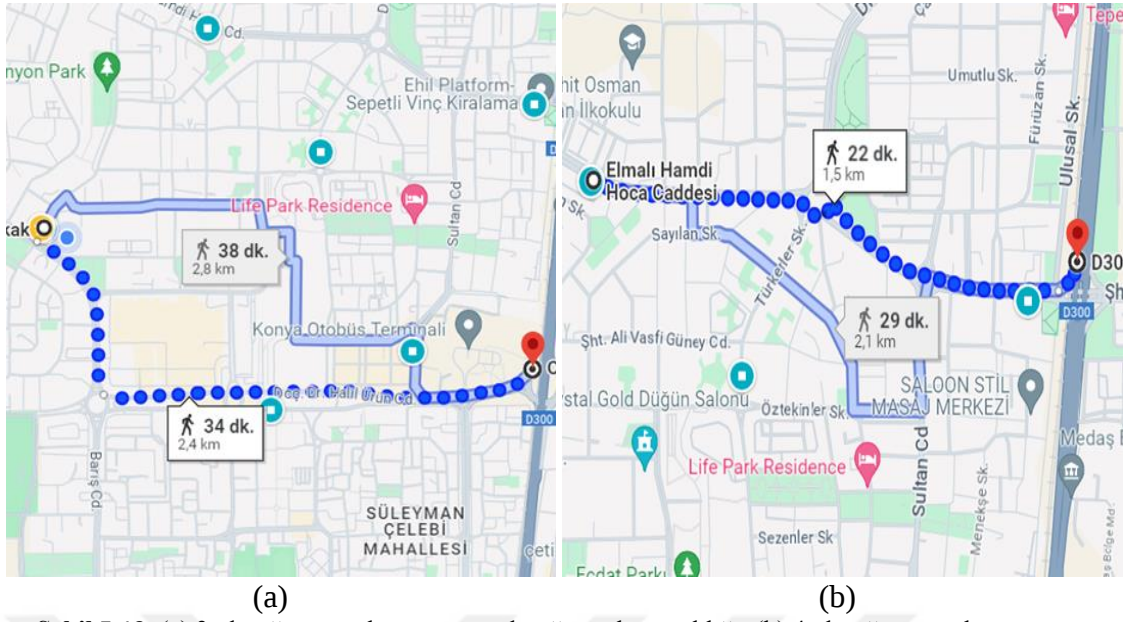
5.5.5. Tramvay durağına uzaklık

Şekil 5.18-5.22’de Otobüs duraklarının, en yakın tramvay durağı uzaklıkları Google maps ekran görüntüsü alınarak gösterilmiştir.

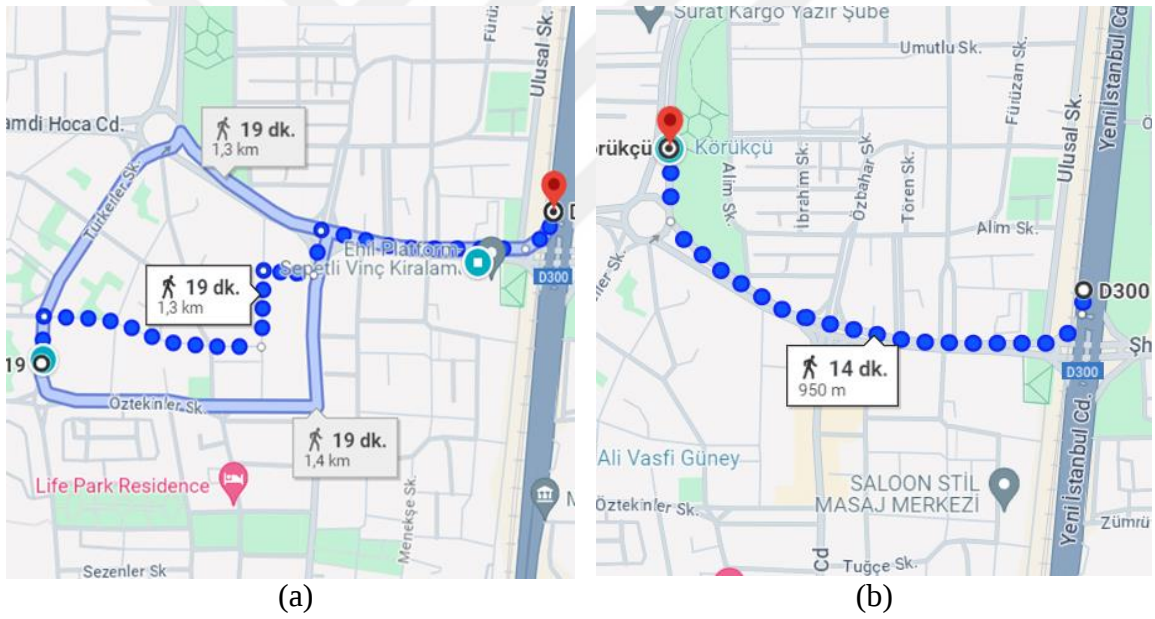
Şekillerden elde edilen sayısal uzaklık değerleri (yürüme mesafesi) ise Çizelge 5.15’te verilmiştir.



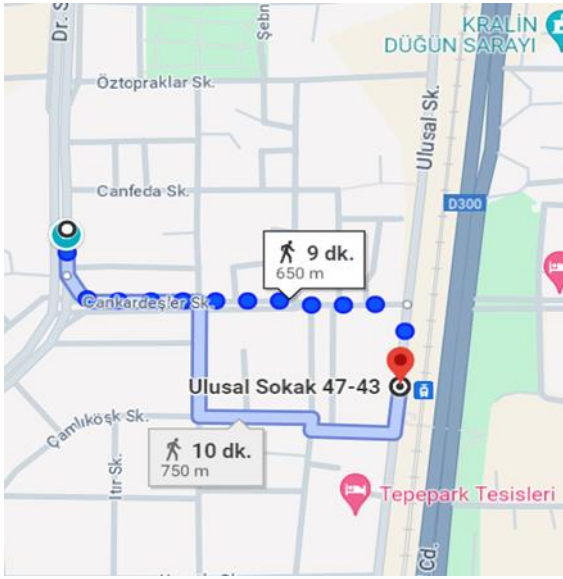
Şekil 5.18. (a) 1. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı, (b) 2. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı



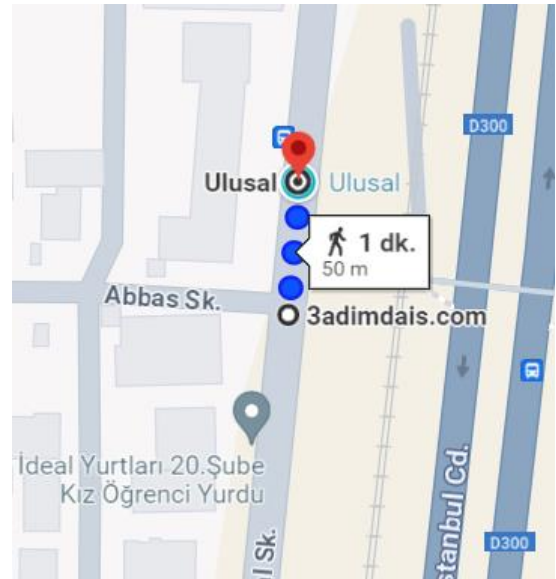
Şekil 5.19. (a) 3. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı, (b) 4. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı



Şekil 5.20. (a) 5. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı, (b) 6. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı

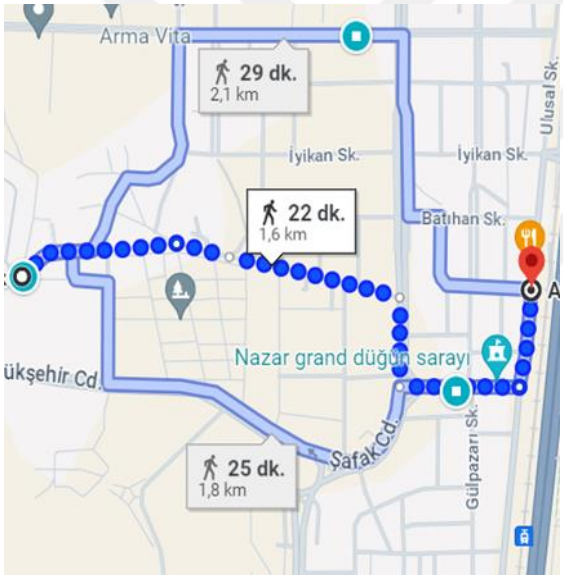


(a)



(b)

Şekil 5.21. (a) 7. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı, (b) 8. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı



(a)



(b)

Şekil 5.22. (a) 9. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı, (b) 10. durağın en yakın tramvay durağına olan uzaklığı

Değerler incelendiğinde tramvay durağına en yakın durağın, 50 metre mesafeyle Ulusal, en uzak durağın ise 2400 metre ile Türk Telekom MTAL olduğu görülmektedir.

Uzaklık kriteri olumsuz bir kriter olduğu için en iyi değer en yakın mesafeye sahip olan 8 numaralı duraktır. En kötü değer ise 3 numaralı durak olmuştur.

Çizelge 5.15. Otobüs duraklarına en yakın tramvay durağı uzaklıkları

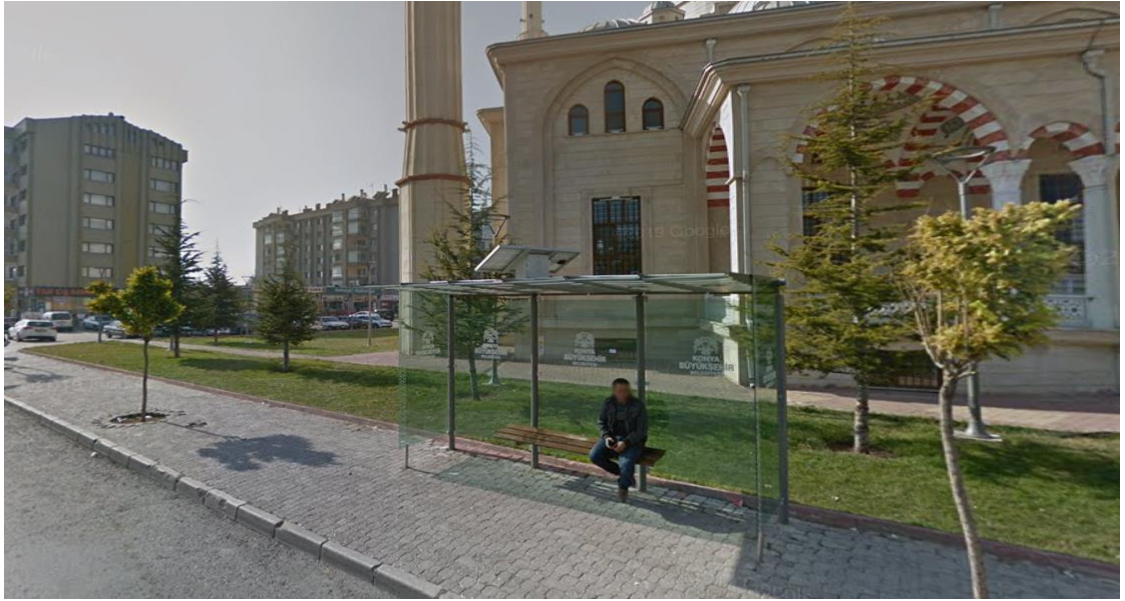
Durak No	Durak Adları	Tramvay Durağına Uzaklık [m]
1	Otogar Camii	650
2	Selçuklu Belediyesi	1100
3	Türk Telekom MTAL	2400
4	Elmalılı Hamdi Hoca	1500
5	Şehit Ali Vasfi Güney	1300
6	Körükçü	950
7	Canfeda	650
8	Ulusal	50
9	Maliye Lojmanları	1600
10	Özbal	650

5.5.6. Güneş elverişliliği

Bu bölümde belirlenen durakların PVsol yazılımı ile bir yıllık simülasyonları yapılmış ve kullanılan her bir panel için gölgelenme oranları çıkarılmıştır.

5.5.6.1. Otogar camii durağının gölgelenme simülasyonu

Bu durak, otogar civarında bulunan otogar caminin yanında bulunmaktadır. Şekil 5.23' de durağın Google maps görüntüsü bulunmaktadır. Durağın çok yakınında olan caminin durak üzerinde gölge oluşturması panellerin verimini etkilemektedir.



Şekil 5.23. Otogar camii durağı (Google maps)

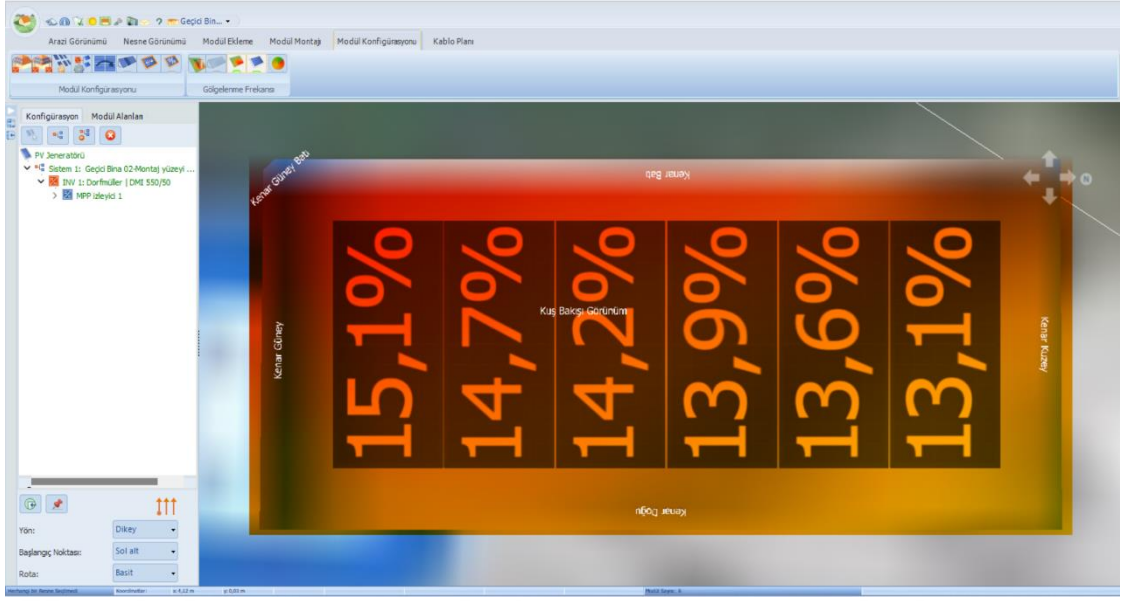
Durağın, caminin doğusunda bulunması sebebiyle özellikle öğleden sonra güneşi yetersiz almaktadır.

PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.24’de verilmiştir.



Şekil 5.24. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş otogar camii durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan caminin boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.25’ te gösterilmiştir.



Şekil 5.25. Otagar camii durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgeleme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %14,1 gibi bir gölgeleme oluşmaktadır. Bu oran güneş enerjisinden elektrik üretim sektöründe yüksek bulunacak bir orana sahiptir.

5.5.6.2. Selçuklu belediyesi durağının gölgeleme simülasyonu

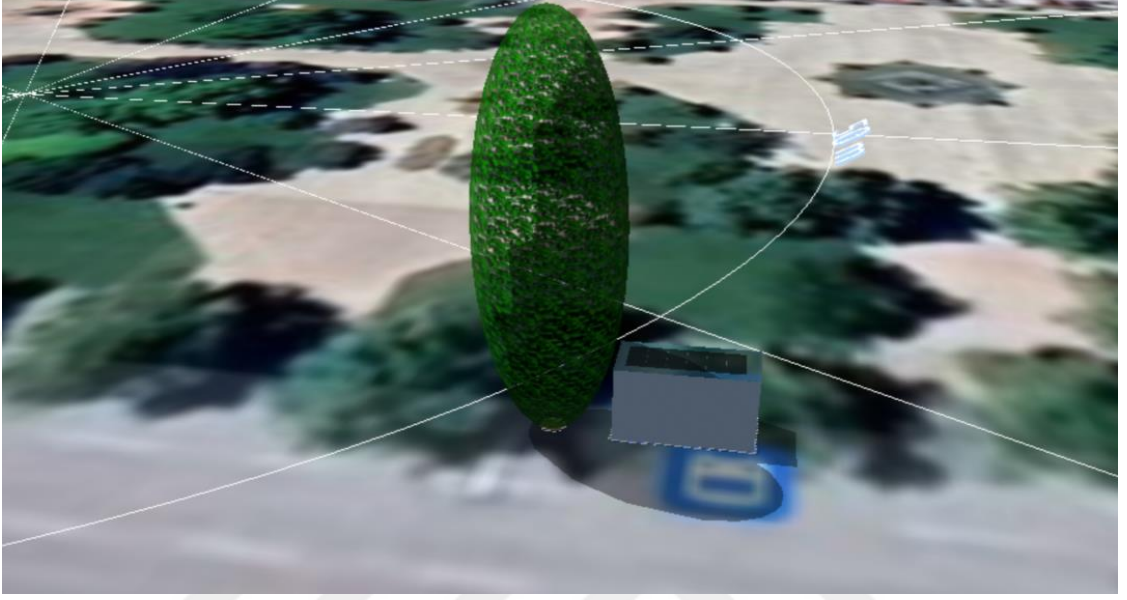
Bu durak, Selçuklu belediye binasının önünde bulunması sebebiyle bu ismi almıştır. Durağın etrafında bulunan bina gölgeleme yoktur ancak ağaçların gölgesi oluşmaktadır. Şekil 5.26’ da durağın görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.26. Selçuklu belediyesi durağı

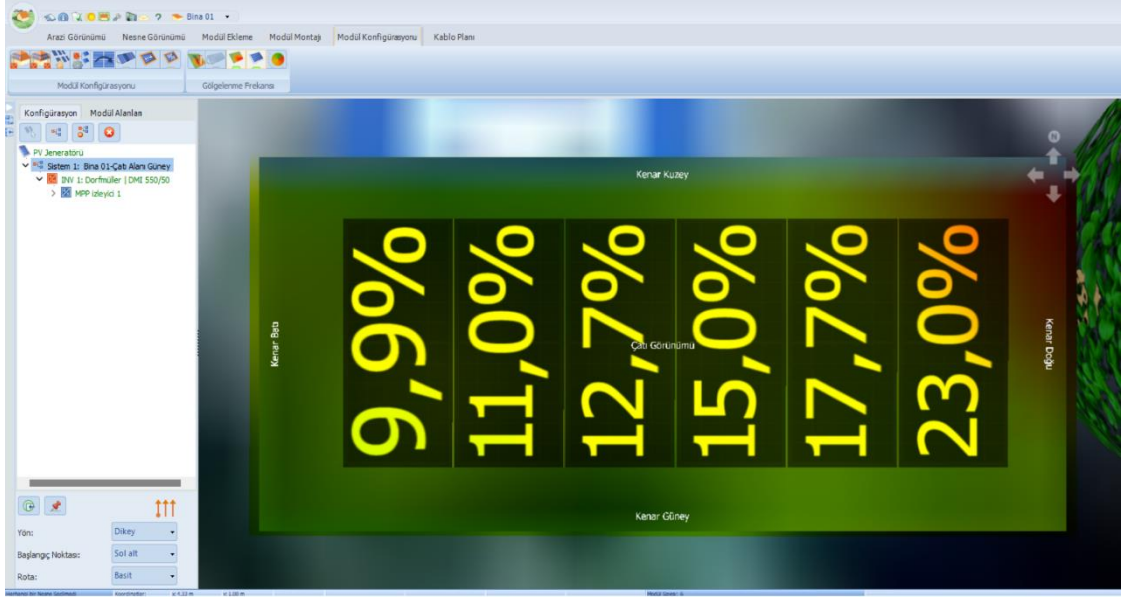
Durağın etrafında gölgelendirme yapacak bir bina yok ancak, hemen yanında bulunan ağacın gölgesi oluşmaktadır. Ağacın, özellikle doğusunda bulunması sebebiyle öğleden önce güneşi yetersiz almaktadır.

PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.27’de verilmiştir.



Şekil 5.27. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Selçuklu belediyesi durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan ağacın boyutları girilerek simülasyonu yapılacak şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.28’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.28. Selçuklu belediyesi durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %14,88 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran otogar camii ile yakın değerlere sahip olup, güneş enerjisinden elektrik üretim sektörü açısından yüksektir.

5.5.6.3. Türk Telekom MTAL durağının gölgelenme simülasyonu

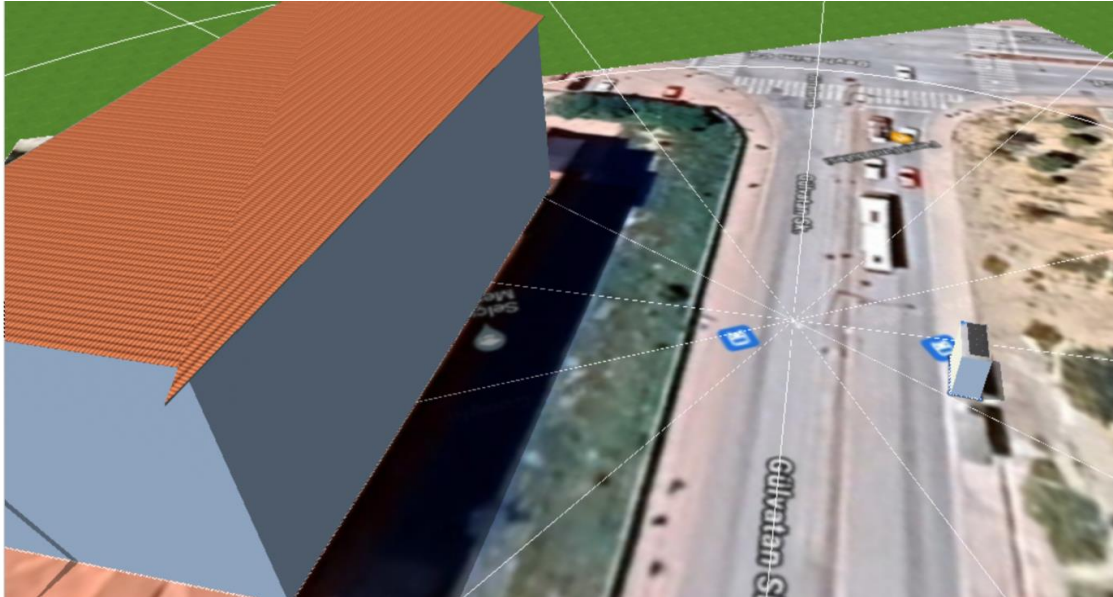
Bu durak, Selçuklu Türk Telekom Mesleki ve Teknik Anadolu lisesi binasının yanında bulunması sebebiyle bu ismi almıştır. Durak ile arasında yol bulunmasına rağmen okul binasının gölgelenme oluşturması panellerin verimini etkilemektedir. Şekil 5.29’ da durağın Google maps görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.29. Türk Telekom MTAL durağı. (Google maps)

Durağın etrafında gölgelendirme yapacak çok bir şey yok gibi görünüyor ancak, karşısında bulunan binanın gölgesi oluşmaktadır. Binanın, özellikle batısında bulunması sebebiyle öğleden önce güneşi yetersiz almaktadır.

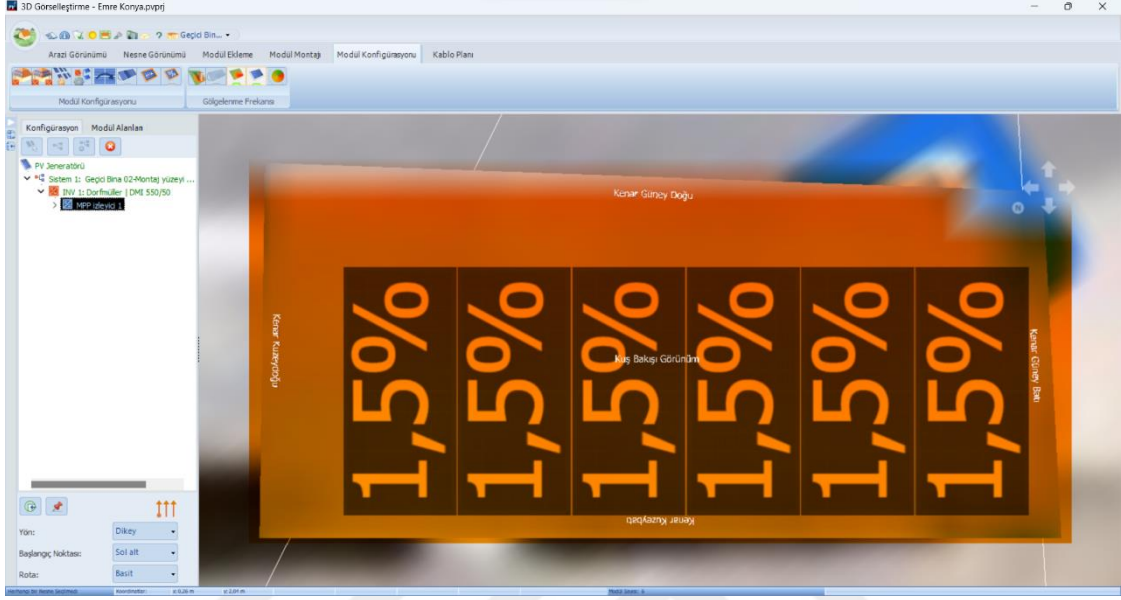
PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.30’da verilmiştir.



Şekil 5.30. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Türk Telekom MTAL durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan okul binasının boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve

invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.31’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.31. Türk Telekom MTAL durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %1,5 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran diğer iki durağa bakıldığında oldukça iyi görünüyor. Güneş enerjisinden elektrik üretim sektörüne bakıldığında bu oran kabul edilebilir bir seviyededir.

5.5.6.4. Elmalılı Hamdi Hoca durağının gölgelenme simülasyonu

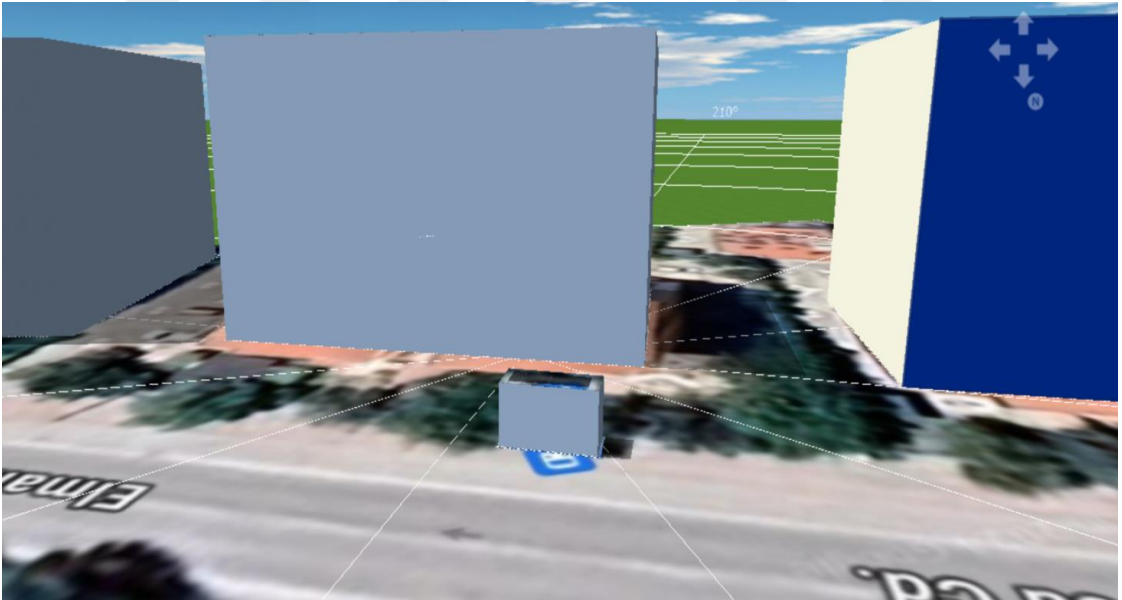
Durak, Elmalılı Hamdi Yazır caddesi üzerinde bulunduğundan bu ismi almıştır. Durak kuzeyindeki caddeye bakmaktadır ancak hemen arkasındaki binaların güneyinde bulunması sebebiyle panellerin verimini etkilemektedir. Şekil 5.32’ de durağın görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.32. Elmalılı Hamdi Hoca durağı

Durağın, yanındaki binaların kuzeyinde bulunması güneşlenme süresini oldukça azaltmıştır.

PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.33’te verilmiştir.



Şekil 5.33. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Elmalılı Hamdi Hoca durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan binaların boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden

yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.34’ te gösterilmiştir



Şekil 5.34. Elmalılı Hamdi Hoca durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %20,68 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran diğer duraklara bakıldığında oldukça kötü görünüyor.

5.5.6.5. Şehit Ali Vasfi Güney durağının gölgelenme simülasyonu

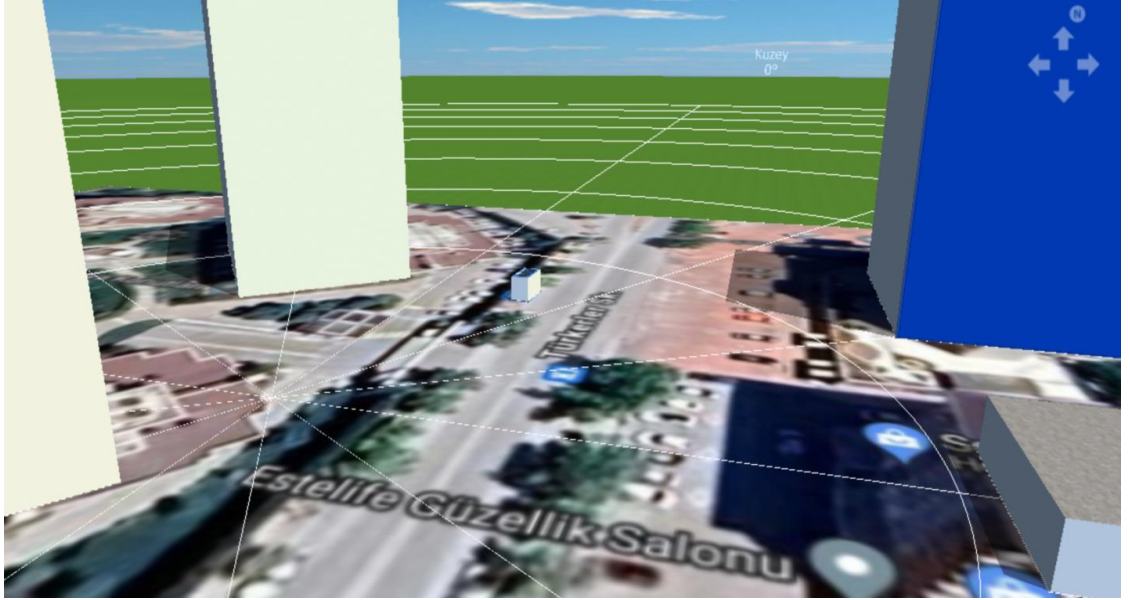
Yazır mahallesinin merkezi konumunda bulunan bu durağın etrafında yüksek katlı siteler bulunuyor. Şekil 5.35’ de durağın Google maps görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.35. Şehit Ali Vasfi Güney durağı (Google maps)

Durağın, doğusunda ve batısında binaların bulunması sebebiyle güneşi yetersiz almaktadır.

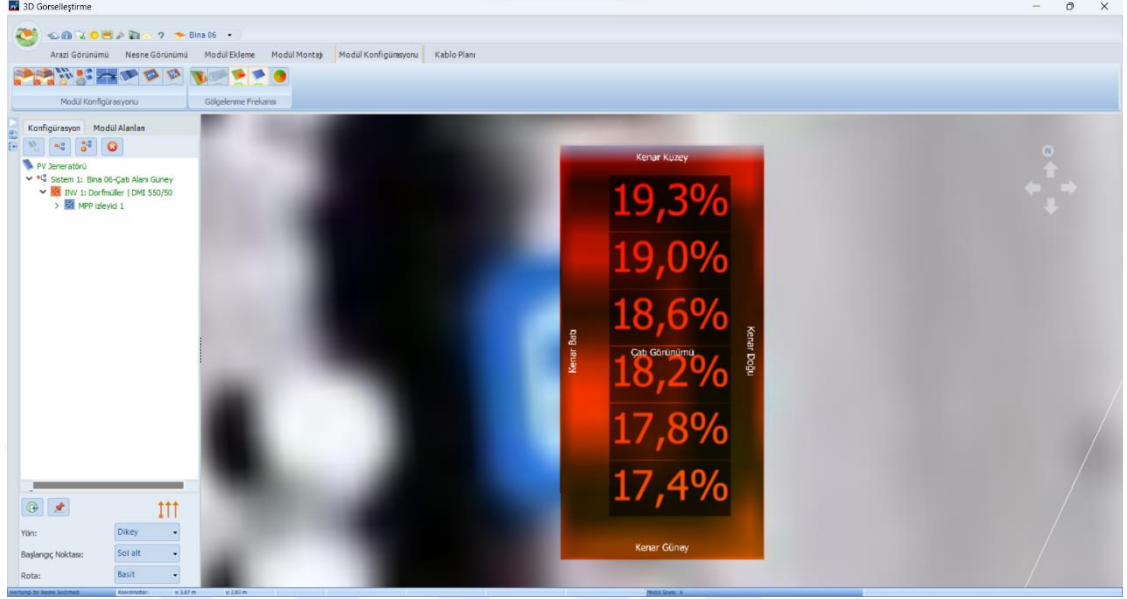
PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.36’da verilmiştir.



Şekil 5.36. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Şehit Ali Vasfi Güney durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan binaların boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden

yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.37’ de gösterilmiştir



Şekil 5.37. Şehit Ali Vasfi Güney durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %18,38 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran güneş enerjisinden elektrik üretim sektöründe yüksek bulunacak bir orana sahiptir.

5.5.6.6. Körükçü durağının gölgelenme simülasyonu

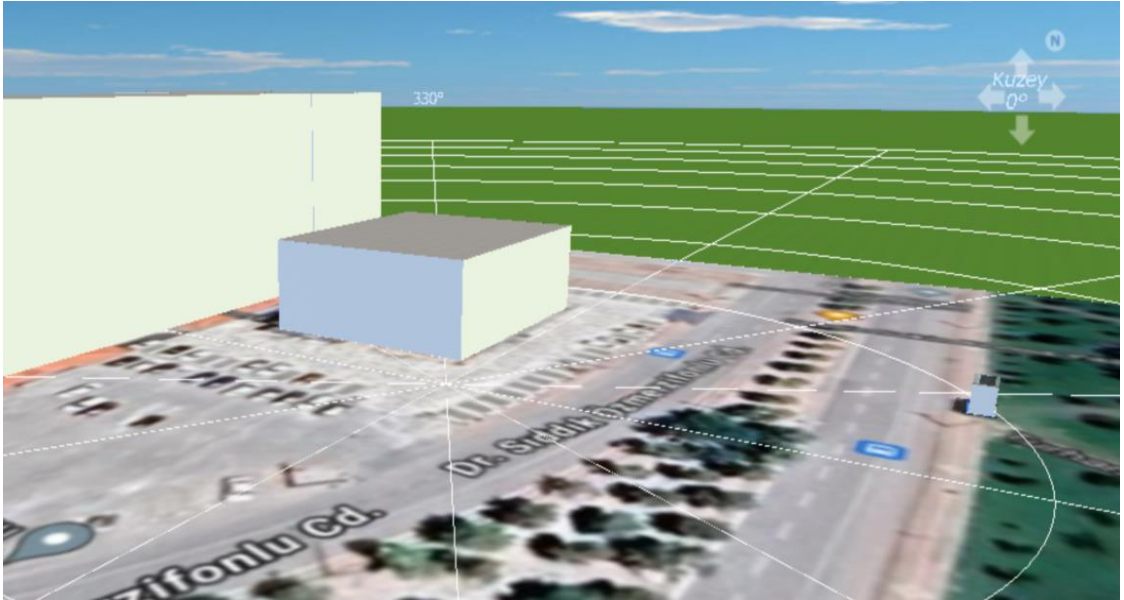
Bu durak, yazır mahallesi parkının yanında, Dr Sıddık Özmerzifonlu caddesi üzerindedir. Durak parkın batısında bulunduğundan doğudan gölge oluşturacak bir engel yoktur. Ancak durağın batısında, yolun karşısında binalar bulunmaktadır. Bu sebeple panellerin verimi çok az da olsa etkilenmektedir. Şekil 5.38’ de durağın görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.38. Kırıkçı durağı

Durağın etrafında gölgelendirme yapacak çok birşey olmasada, karşısında bulunan binanın gölgesi oluşmaktadır. Binanın, özellikle batısında bulunması sebebiyle öğleden sonra gölgelenme oranı az da olsa güneşi tam alamamaktadır.

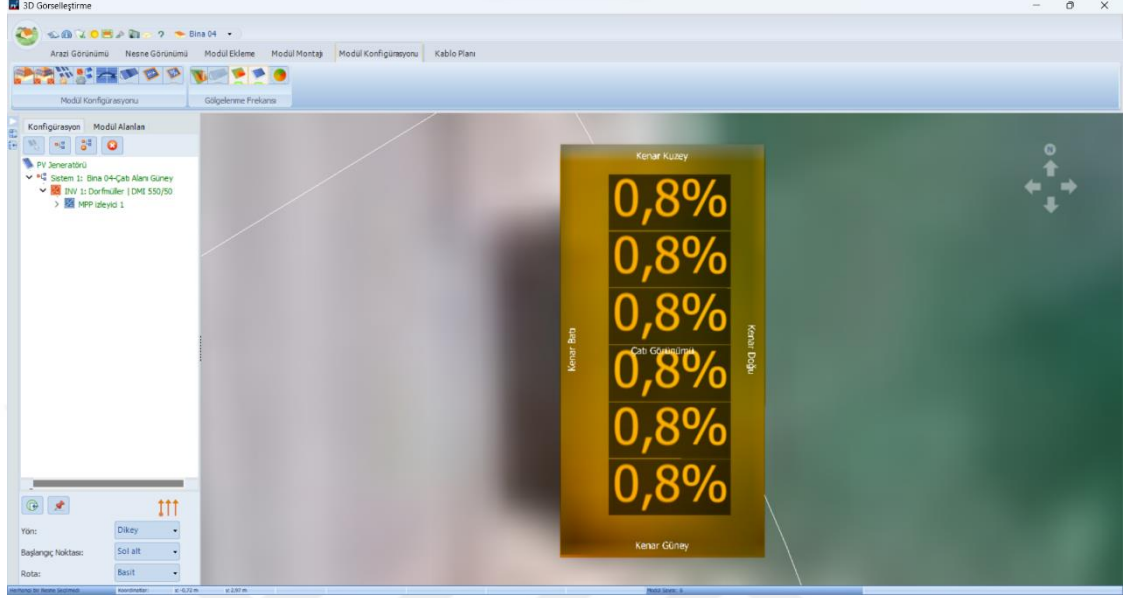
PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.39’da verilmiştir.



Şekil 5.39. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Kırıkçı durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan binaların boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen

bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.40' ta gösterilmiştir



Şekil 5.40. Körükçü durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %0,8 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran diğer duraklara oranla oldukça iyi görünüyor. Güneş enerjisinden elektrik üretim sektörüne bakıldığında bu oran kabul edilebilir bir seviyededir.

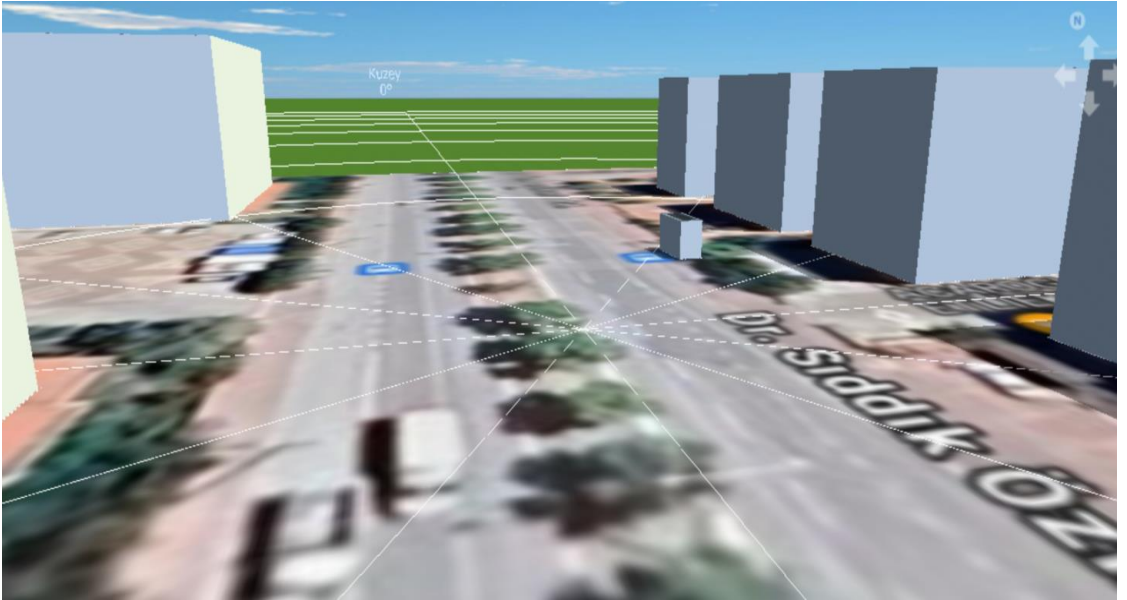
5.5.6.7. Canfeda durağının gölgelenme simülasyonu

Bu durak, Dr. Sıddık Özmerzifonlu caddesi üzerindedir. Durak arkasında binalar bulunmaktadır. Bu sebeple panellerin verimi etkilenmektedir. Şekil 5.41' de durağın Google maps görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.41. Canfeda durağı (Google maps)

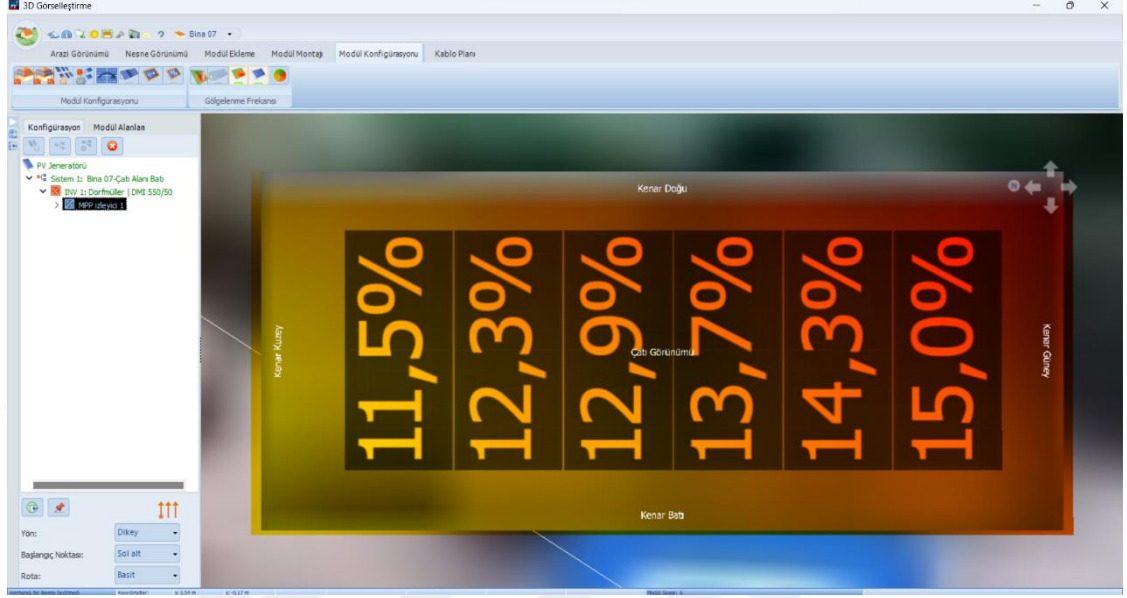
Durağın arkasında bulunan binalar, güneş ışığı süresini etkilemektedir. Binalarının, özellikle doğusunda bulunması sebebiyle öğleden önce güneşi tam alamamaktadır. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.42’de verilmiştir.



Şekil 5.42. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Canfeda durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan binaların boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen

bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.43’ te gösterilmiştir



Şekil 5.43. Canfeda durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %13,28 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran güneş enerjisinden elektrik üretim sektöründe yüksek bulunacak bir orana sahiptir.

5.5.6.8. Ulusal durağının gölgelenme simülasyonu

Ulusal sokakta bulunan bu durak, tramvay yolunun paralelinde bulunmaktadır. Aktarma bölgesinde bulunduğu için yüksek sayıda kullanıcı vardır. Durak arkasında binalar bulunmaktadır. Bu sebeple panellerin verimi etkilenmektedir. Şekil 5.44’ te durağın Google maps görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.44. Ulusal durağı (Google maps)

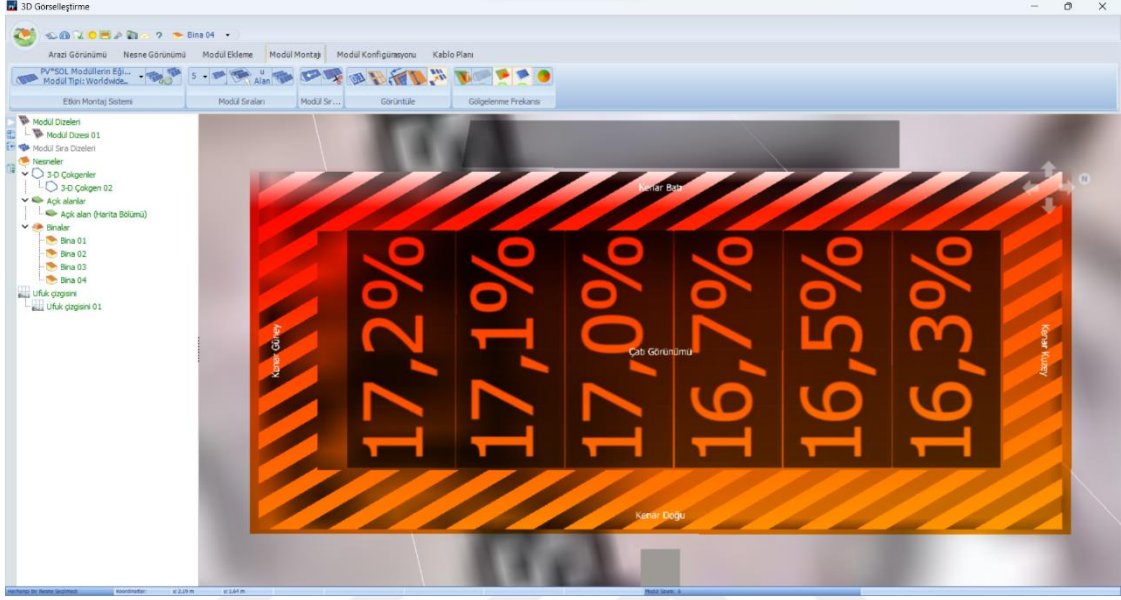
Durağın arkasında bulunan binalar, güneş ışığı süresini etkilemektedir. Binalarının, özellikle durağın batısında bulunması sebebiyle öğleden sonra güneşi tam alamamaktadır. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.45'te verilmiştir.



Şekil 5.45. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Ulusal durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan binaların boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve

invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.46’ da gösterilmiştir

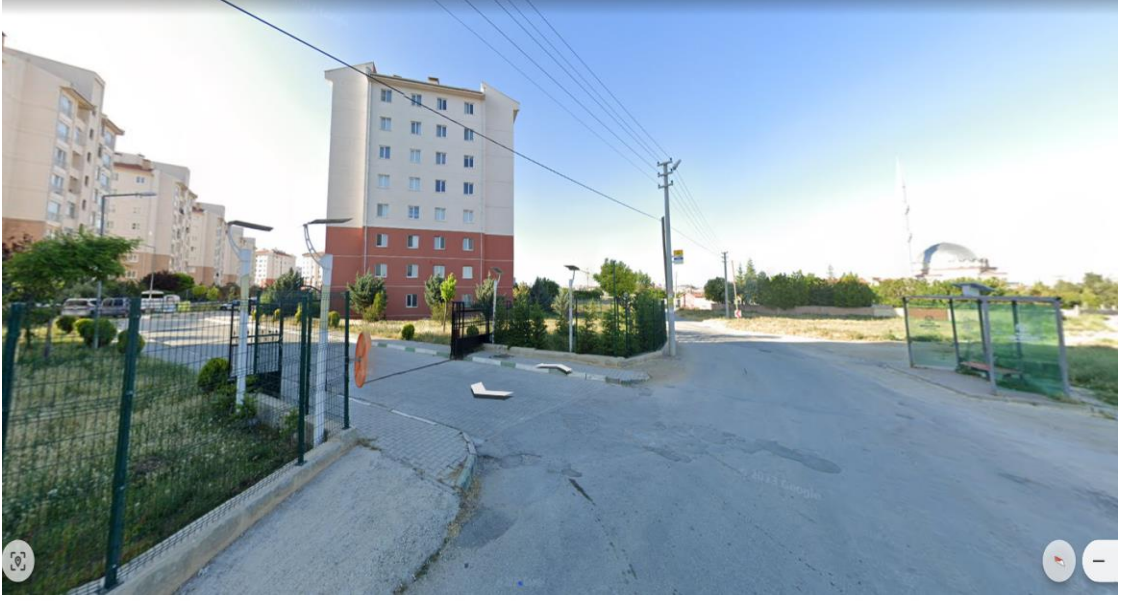


Şekil 5.46. Ulusal durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %16,8 gibi yüksek bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran güneş enerjisinden elektrik üretim sektöründe yüksek bulunacak bir orana sahiptir.

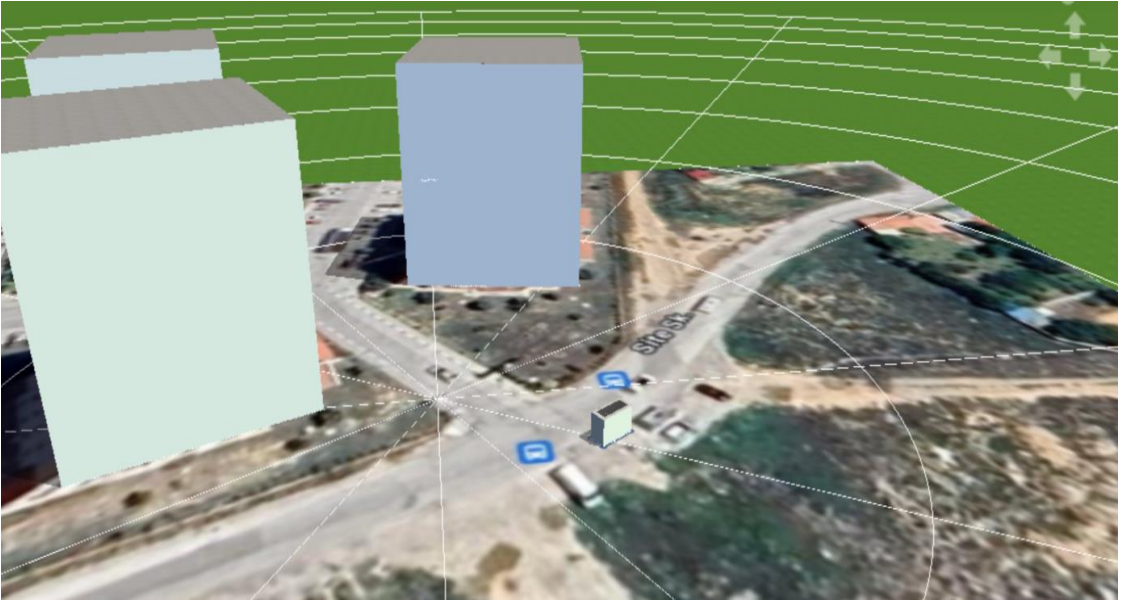
5.5.6.9. Maliye Lojmanları durağının gölgelenme simülasyonu

Bu durak, Yazır mahallesinin kuzeyinde Maliye Toki konutlarının yanında bulunmaktadır. Durağın karşısında binalar bulunmaktadır. Bu sebeple panellerin verimi etkilenecektir. Şekil 5.47’ de durağın Google maps görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.47. Maliye Lojmanları durağı (Google maps)

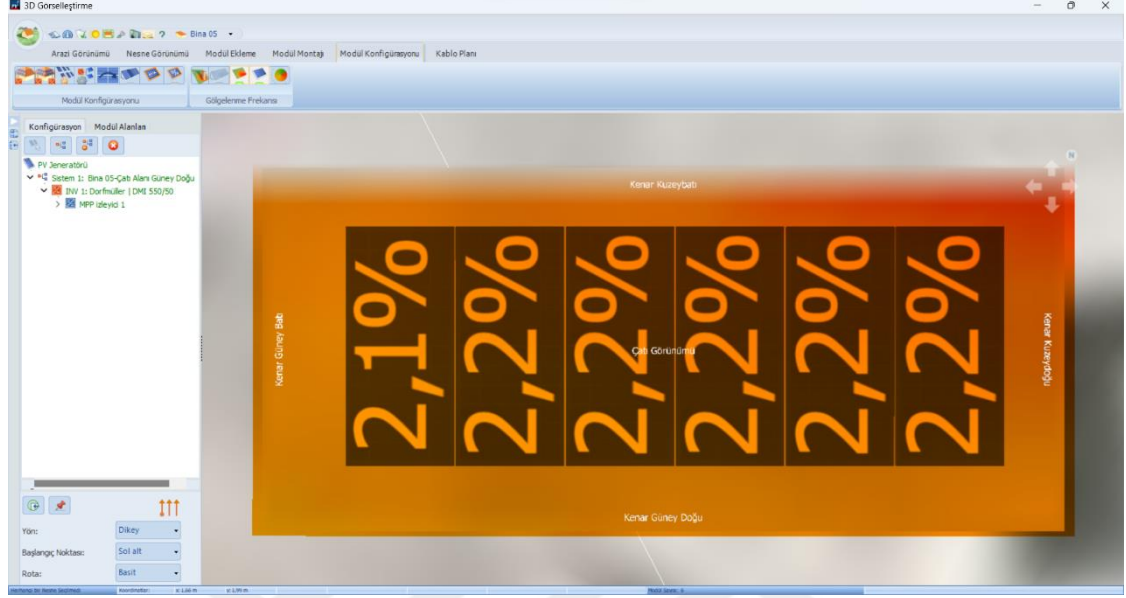
Durağın karşısında bulunan binalar, güneş ışığı süresini etkilemektedir. Binalar, yoğunlukla durağın kuzey batısında bulunmaktadır. Durağın hem binaların güneyinde kalması hem de binalara çok yakın olmaması sebebiyle gölgelenme oranı düşüktür. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.48’de verilmiştir.



Şekil 5.48. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Maliye Lojmanları durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan binaların boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen

bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.49’ da gösterilmiştir



Şekil 5.49. Maliye Lojmanları durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %2,2 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran güneş enerjisinden elektrik üretim sektöründe nispeten yüksek bulunacak bir orana sahiptir.

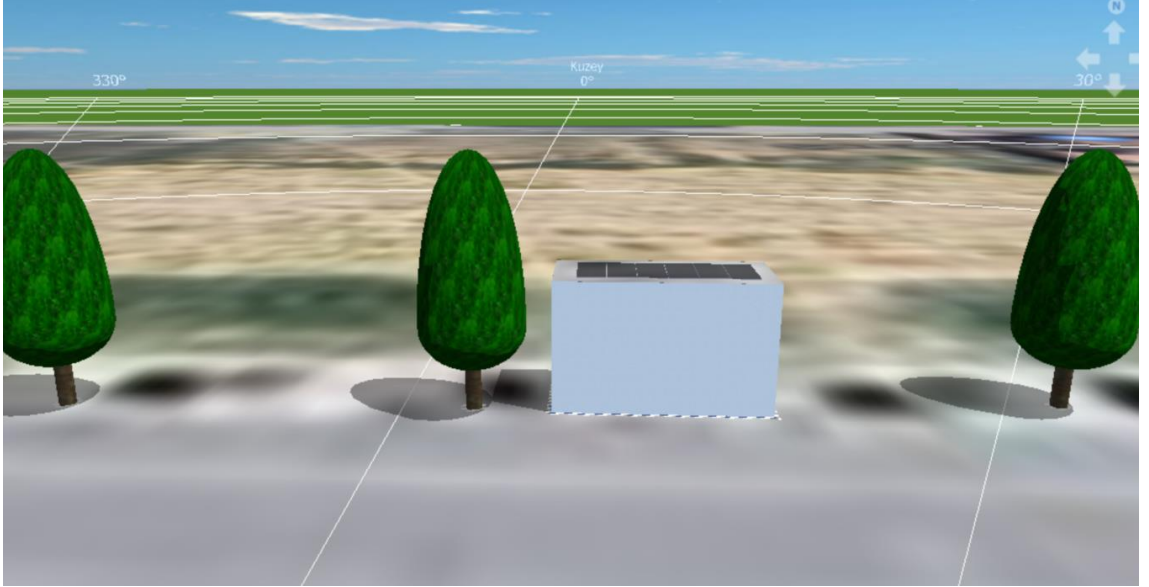
5.5.6.10. Özbal durağının gölgelenme simülasyonu

Bu durak, Yazır mahallesinin kuzeyinde bulunmaktadır. Durak çevresinde çok sayıda Millî Eğitim Bakanlığı’na bağlı lise bulunmaktadır. Durağın çok yakınında bina bulunmaması sebebiyle gölge oranı düşüktür. Yanında bulunan az sayıda ve küçük yaştaki ağaçlar çok fazla panel verimini etkilememektedir. Şekil 5.50’ de durağın görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.50. Özbal durağı

Durağın karşısında arkasında bulunan binalar, durağa uzak olduğundan güneş ışığı süresini etkilememektedir. Durağın, yanında bulunan ağaçların küçük boyutta olması sebebiyle gölgelenme oranı düşüktür. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş durağın görseli Şekil 5.51’de verilmiştir.



Şekil 5.51. PVsol yazılımı ile simüle edilmiş Özbal durağı

Yazılımda durağın lokasyon bilgileri, boyutları ve gölge oluşturan ağaçların boyutları girilerek simülasyonu yapılacak Şekil çizilmiştir. Durakta kullanılacak panel ve

invertörün markası ve modeli girilerek, panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Seçilen bileşenler ve çizilen durak için yıllık güneşlenme simülasyonu yazılım üzerinden yapılmıştır. Paneller üzerine düşen gölgelenme ile oluşan yıllık gölgelenme oranı Şekil 5.52’ dea gösterilmiştir



Şekil 5.52. Özbal durağı üzerindeki güneş panellerinin yıllık gölgelenme oranı

Durağın üzerindeki panellere bakıldığında ortalama %2,46 gibi bir gölgelenme oluşmaktadır. Bu oran güneş enerjisinden elektrik üretim sektöründe nispeten yüksek bulunacak bir orana sahiptir. PVsol yazılımı ile elde edilen veriler ışığında duraklar üzerinde oluşan gölgelenme oranı Çizelge 5.16’da gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.16. Panellerin gölgelenme oranı (bütün değerler % olarak gösterilmiştir)

Durak isimleri	Pv 1	Pv 2	Pv 3	Pv 4	Pv 5	Pv 6	Ortalama	Gölge zamanı	Gölge sebebi
1-Otogar camii	15,10	14,70	14,20	13,90	13,60	13,10	14,10	Öğleden sonra	Bina (Cami)
2-Selçuklu belediyesi	9,90	11,00	12,70	15,00	17,70	23,00	14,88	Öğleden önce	Ağaç
3- Türk Telekom MTAL	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	Öğleden önce	Bina (Okul)
4- Elmalılı Hamdi Hoca	18,80	19,60	20,30	21,10	21,80	22,50	20,68	Karışık	Bina (Apartman)
5- Şehit Ali Vazfi Güney	19,30	19,00	18,60	18,20	17,80	17,40	18,38	Karışık	Bina (Apartman)
6- Körükçü	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	Öğleden sonra	Bina (Ticari)

7- Canfeda	11,50	12,30	12,90	13,70	14,30	15,00	13,28	Öğleden önce	Bina (Apartman)
8- Ulusal	17,20	17,10	17,00	16,70	16,50	16,30	16,80	Öğleden sonra	Bina (Ticari)
9- Maliye Lojmanları	2,10	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,18	Öğleden sonra	Bina (Apartman)
10- Özbal	6,4	3,7	1,9	1,2	0,9	0,7	2,46	Öğleden sonra	Ağaç

Panellerin her birinden elde edilen gölgelenme oranları, panel sayısına (6) bölünmüş ve ortalama değer elde edilmiştir. Elde edilen değer olumsuz bir değer olduğundan yüzden çıkarılarak Çizelge 5.17'deki panellerin güneş elverişliliği elde edilmiştir.

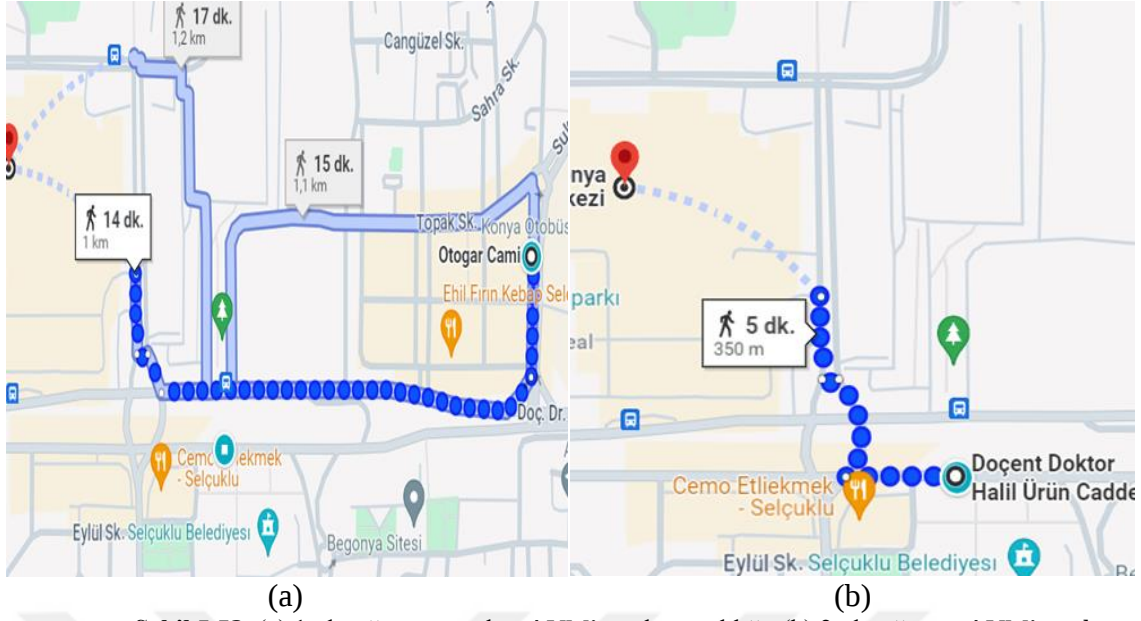
Çizelge 5.17. Otobüs duraklarının güneş elverişliliği

Durak No	Durak Adları	Güneş Elverişliliği [%]
1	Otogar Camii	85,90
2	Selçuklu Belediyesi	85,12
3	Türk Telekom MTAL	98,50
4	Elmalılı Hamdi Hoca	79,32
5	Şehit Ali Vasfi Güney	81,62
6	Körükçü	99,20
7	Canfeda	86,72
8	Ulusal	83,20
9	Maliye Lojmanları	97,80
10	Özbal	97,54

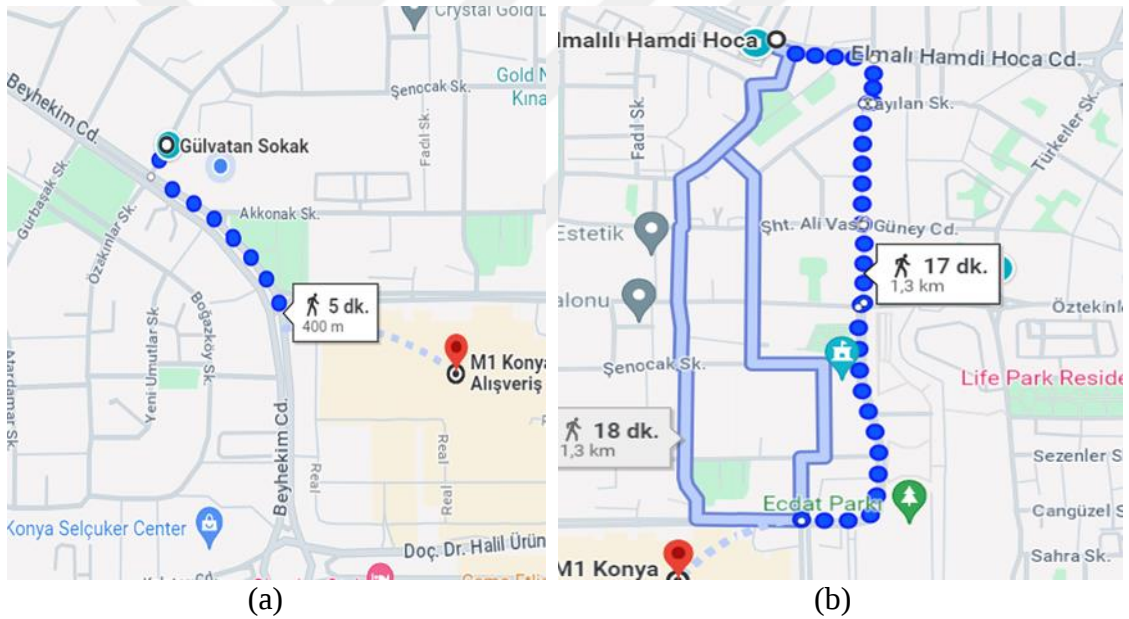
5.5.7. AVM'ye uzaklık

Şekil 5.52-5.56'da Otobüs duraklarının, en yakın AVM uzaklıkları Google maps ekran görüntüsü alınarak gösterilmiştir.

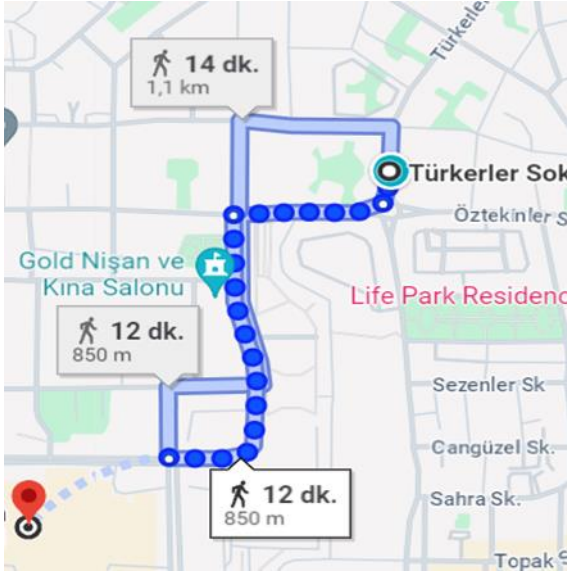
Şekillerden elde edilen sayısal uzaklık değerleri (yürüme mesafesi) ise Çizelge 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.52. (a) 1. durağının en yakın AVM'ye olan uzaklığı, (b) 2. durağın en AVM'ye olan uzaklığı



Şekil 5.53. (a) 3. durağının en yakın AVM'ye olan uzaklığı, (b) 4. durağın en yakın AVM'ye olan uzaklığı

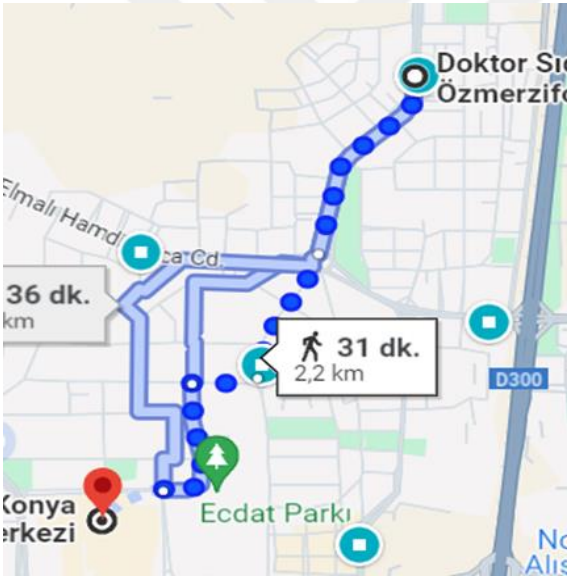


(a)

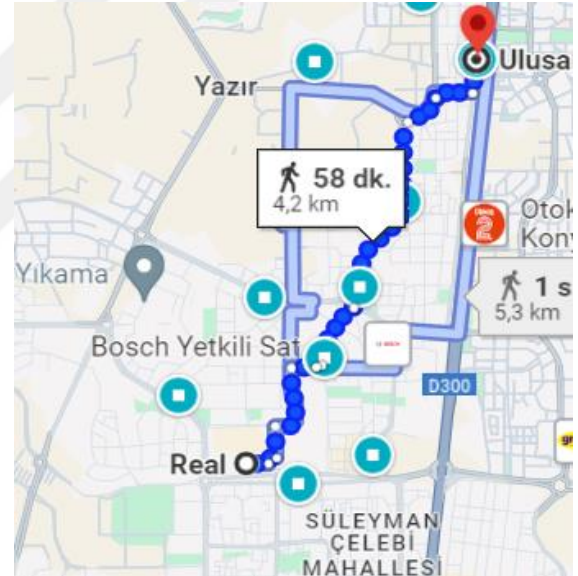


(b)

Şekil 5.54. (a) 5. durağının en yakın AVM'ye olan uzaklığı, (b) 6. durağın en yakın AVM'ye olan uzaklığı

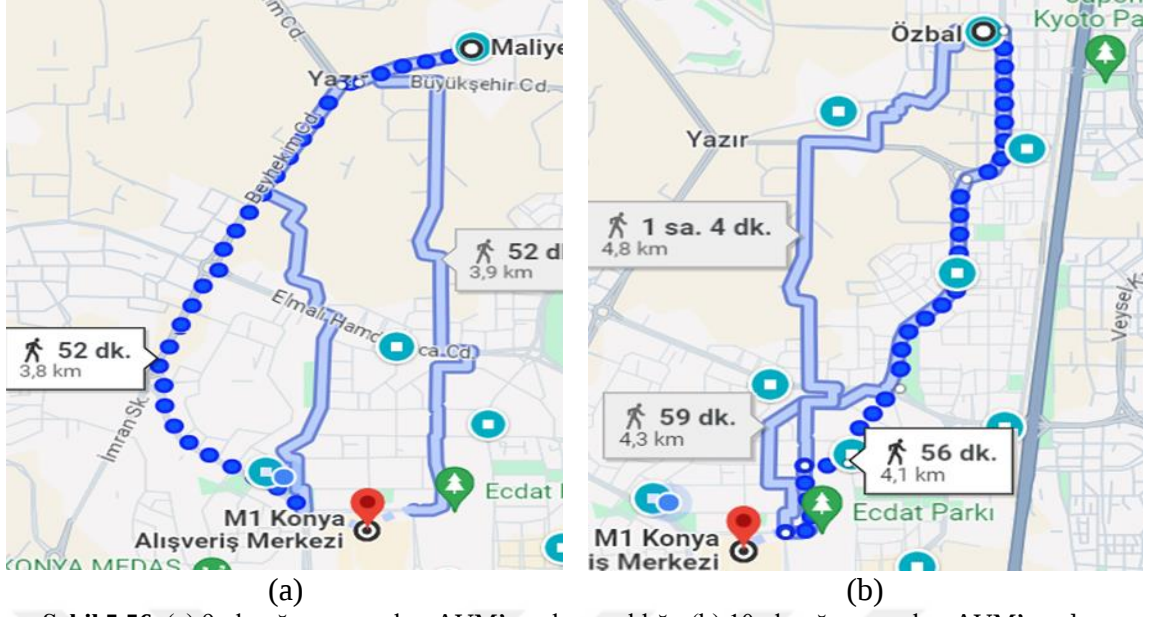


(a)



(b)

Şekil 5.55. (a) 7. durağının en yakın AVM'ye olan uzaklığı, (b) 8. durağın en yakın AVM'ye olan uzaklığı



Değerler incelendiğinde AVM'ye en yakın durağın, 350 metre mesafeyle Selçuklu belediye, en uzak durağın ise 4200 metre ile Ulusal olduğu görülmektedir.

Uzaklık kriteri olumsuz bir kriter olduğu için en iyi değer en yakın mesafeye sahip olan 2 numaralı duraktır. En kötü değer ise 8 numaralı durak olmuştur.

Çizelge 5.18. Otobüs duraklarına en yakın alışveriş merkezi uzaklıkları

Durak No	Durak Adları	AVM'ye uzaklık [m]
1	Otogar Camii	1000
2	Selçuklu Belediyesi	350
3	Türk Telekom MTAL	400
4	Elmalılı Hamdi Hoca	1300
5	Şehit Ali Vasfi Güney	850
6	Körükçü	2000
7	Canfeda	2200
8	Ulusal	4200
9	Maliye Lojmanları	3800
10	Özbal	4100

5.5.8. Elektrik şebekesine uzaklık

Şekil 5.57-5.61'da Otobüs duraklarının, en yakın elektrik şebekesine uzaklıkları Google maps ekran görüntüsü alınarak gösterilmiştir.

Şekillerden elde edilen sayısal uzaklık değerleri ise Çizelge 5.19'te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.57. (a) 1. durağının en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı, (b) 2. durağın en elektrik şebekesine olan uzaklığı



(a)



(b)

Şekil 5.58. (a) 3. durağının en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı, (b) 4. durağın en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı



(a)



(b)

Şekil 5.59. (a) 5. durağının en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı, (b) 6. durağın en yakın elektrik şebekesine



(a)



(b)

Şekil 5.60. (a) 7. durağının en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı, (b) 8. durağın en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı



Şekil 5.61. (a) 9. durağının en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı, (b) 10. durağın en yakın elektrik şebekesine olan uzaklığı

Değerler incelendiğinde elektrik şebekesine en yakın durakların, 10 metre mesafeyle Canfeda ve ulusal, en uzak durağın ise 165 metre ile maliye lojmanları olduğu görülmektedir.

Uzaklık kriteri olumsuz bir kriter olduğu için en iyi değer en yakın mesafeye sahip olan 7. Ve 8 numaralı duraklardır. En kötü değer ise 9 numaralı durak olmuştur.

Çizelge 5.19. Otobüs duraklarına en yakın elektrik şebekesi uzaklıkları

Durak No	Durak Adları	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]
1	Otogar Camii	56
2	Selçuklu Belediyesi	126
3	Türk Telekom MTAL	84
4	Elmalılı Hamdi Hoca	143
5	Şehit Ali Vasfı Güney	35
6	Körükçü	56
7	Canfeda	10
8	Ulusal	10
9	Maliye Lojmanları	165
10	Özbal	106

5.5.9. Nüfus

Nüfus sayısı Yazır mahallesi içerisinde belirlenen otobüs duraklarını kullanan günlük kişi sayısı olup bu veriler Konya Büyükşehir belediyesi ulaşım daire başkanlığından alınmıştır. Otobüs duraklarının 2024 mayıs ayı içerisinde 13 günlük kullanım yoğunluğu Çizelge 5.20’ de gösterilmiştir.

Çizelge 5.20. Otobüs duraklarının kullanım sayıları

Durak No	Durak Adları	Nüfus [kişi]
1	Otogar Camii	526
2	Selçuklu Belediyesi	1993
3	Türk Telekom MTAL	10341
4	Elmalılı Hamdi Hoca	1562
5	Şehit Ali Vasfi Güney	694
6	Körükçü	196
7	Canfeda	227
8	Ulusal	29906
9	Maliye Lojmanları	1366
10	Özbal	2448

Değerler incelendiğinde nüfus yoğunluğu bakımından en iyi değere sahip durağın, 29906 biniş ile 8 numaralı Ulusal, en kötü durağın ise 196 biniş ile 6 numaralı körükçü otobüs durağı olduğu görülmektedir.

5.5.10. Yatırım maliyeti

Durakların güneş elverişliliği oranına paralel olarak duraklara eklenecek panel sayıları değişmektedir, bu da yatırım maliyetini farklılaştırmaktadır. Yatırım maliyeti kriteri herhangi bir para birimi cinsinden değil yüzde olarak oran şeklinde değerlendirilmiştir. Çizelge 5.21’de değerler gösterilmiştir.

Çizelge 5.21. Otobüs duraklarının yatırım maliyeti (%)

Durak No	Durak Adları	Yatırım Maliyeti [%]
1	Otogar Camii	115
2	Selçuklu Belediyesi	115
3	Türk Telekom MTAL	105
4	Elmalılı Hamdi Hoca	120
5	Şehit Ali Vasfi Güney	120
6	Körükçü	100
7	Canfeda	115
8	Ulusal	115
9	Maliye Lojmanları	105
10	Özbal	105

Değerler incelendiğinde en yüksek yüzdeye sahip durakların, %120 ile Elmalılı Hamdi Hoca ve Şehit Ali Vasfi Güney, en düşük yüzdeli durağın ise %100 ile körükçü durağı olduğu görülmektedir.

Yatırım maliyeti kriteri olumsuz bir kriter olduğu için en iyi değer en düşük yüzdeye sahip olan 6 numaralı duraktır. En kötü değer ise 4 ve 5 numaralı duraklar olmuştur.

5.6. Uzman Görüşlerinin VIKOR Yöntemiyle Sıralaması

1. Aşama: En İyi, En Kötü Kriterler Değerlerinin Tespiti

Mikro-mobilité şarj istasyonu için yer belirlemede seçilen kriterlerden bazıları olumlu bazıları ise olumsuz kriterlerdir. Okula uzaklık, ana yola uzaklık, güvenlik, tramvay durağına uzaklık, Avm'ye uzaklık, Elektrik şebekesine uzaklık ve yatırım maliyeti kriterleri olumsuz kriterlerken, bisiklet sayısı, güneş elverişliliği ve Nüfus olumlu kriterlerdir. Olumlu kriterlerin sayısal değerlerinde en yüksek değer en iyi değer iken en düşük değer en kötü değerdir. Olumsuz kriterler için sayısal değerler, en küçük değerlerin en iyi olduğunu ve en yüksek değerlerin en kötü olduğunu belirtir. Bu çerçevede, kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri Çizelge 5.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.22. Alternatiflerin değerlendirilmesi matrisi

KRİTER	Okula Uzaklık	Ana yola uzaklık	Bisiklet sayısı	Güvenlik	Tramvay Durağına uzaklık	Güneş Elverişliliği	AVM ye uzaklık	Elektrik Şebekesine Uzaklık	Nüfus	Yatırım Maliyeti
İYİ (Xi+)	7	2	5002	24	50	99,20	350	10	29906	100
KÖTÜ (Xi-)	2600	550	456	545	2400	79,32	4200	165	196	120

2. Aşama: Ağırlıklı normalize matrisin elde edilmesi

Eşitlik (3.8) deki formülden faydalanılarak normalize matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen sonuç ile de Çizelge 5.4'teki kriter ağırlıkları ile çarpılmıştır. Sonuç olarak 10 alternatif için ağırlıklı normalize matrisi oluşmuştur. Çizelge 5.23'da ağırlıklı normalize matrisi görünmektedir.

Çizelge 5.23. Ağırlıklı normalize matris

Durak No	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Durakna Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
1	0,070	0,051	0,201	0,002	0,018	0,047	0,007	0,009	0,040	0,045
2	0,050	0,000	0,226	0,021	0,031	0,050	0,000	0,022	0,038	0,045
3	0,000	0,015	0,151	0,180	0,070	0,002	0,001	0,014	0,026	0,015
4	0,060	0,000	0,223	0,028	0,043	0,070	0,010	0,026	0,038	0,060
5	0,060	0,150	0,195	0,006	0,037	0,062	0,005	0,005	0,039	0,060
6	0,090	0,000	0,194	0,180	0,027	0,000	0,017	0,009	0,040	0,000
7	0,130	0,000	0,215	0,030	0,018	0,044	0,019	0,000	0,040	0,045
8	0,060	0,136	0,000	0,000	0,000	0,056	0,040	0,000	0,000	0,045
9	0,045	0,136	0,230	0,009	0,046	0,005	0,036	0,030	0,038	0,015
10	0,014	0,025	0,172	0,178	0,018	0,006	0,039	0,019	0,037	0,015

3. Aşama: S_i , R_i ve Q_i değerlerinin elde edilmesi

S_i , R_i ve Q_i değerleri, ağırlıklı normalize matrisinden elde edilen sonuçlar ile hesaplanmıştır. Eşitlik (3.10) ve Eşitlik (3.11) formüller kullanılarak S_i ve R_i değerleri hesaplanmıştır. Eşitlik (3.12) de belirtilen formül ile de Q_i değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin sonuçları Çizelge 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5.24. Alternatiflerin, hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri

Durak No	Durak Adları	S_i	R_i	Q_i
1	Otogar Camii	0,490	0,201	0,617
2	Selçuklu Belediyesi	0,483	0,226	0,736
3	Türk Telekom MTAL	0,474	0,180	0,475
4	Elmalılı Hamdi Hoca	0,558	0,223	0,852
5	Şehit Ali Vasfi Güney	0,619	0,195	0,814
6	Körükçü	0,557	0,194	0,698
7	Canfeda	0,541	0,215	0,781
8	Ulusal	0,337	0,136	0,000
9	Maliye Lojmanları	0,590	0,230	0,949
10	Özbal	0,523	0,178	0,553

4. Aşama: S, R ve Q listesinin oluşturulması

Alternatiflerin S_i , R_i ve Q_i değerleri, küçükten başlanarak büyüğe doğru sıralanır ve 3 sütunlu liste oluşturulur. Sıralanmış liste Çizelge 5.25'te verilmiştir.

Çizelge 5.25. S_i , R_i ve Q_i sıralamaları

Durak No	Durak Adları	S_i	R_i	Q_i
1	Otogar Camii	4	6	4
2	Selçuklu Belediyesi	3	9	6
3	Türk Telekom MTAL	2	3	2
4	Elmalılı Hamdi Hoca	8	8	9
5	Şehit Ali Vasfi Güney	10	5	8
6	Körükçü	7	4	5
7	Canfeda	6	7	7
8	Ulusal	1	1	1
9	Maliye Lojmanları	9	10	10
10	Özbal	5	2	3

S_i , R_i ve Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığında üç farklı sıralama elde edilmiştir. 5. Aşamada belirtilen iki koşul sağlanırsa Q_i sıralamasında en iyi çıkan alternatif en iyi çözüm olarak kabul edilir.

5. Aşama: Koşulların kontrol edilmesi

1. Koşul: Bu aşamada listenin koşulu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir. Burada en iyi alternatif (8-Ulusal) ile ona en yakın alternatif (3-Türk Telekom MTAL) arasında kabul edilebilir bir fark olması gerekir. Bu farkın $DQ=0,1111$ ($DQ= 1/n-1$) ($n=$ alternatiflerin sayısı) değerinden büyük olması gerekir. Baktığımızda $0,475 - 0 = 0,475$ sonuçlar bu koşulu sağlamaktadır.

2. Koşul: Bu aşamada ise en iyi Q_i değerindeki alternatifin aynı anda S_i ve R_i sıralamalarından en az birinde en iyi alternatif olması gerekmektedir. Çizelge 5.25'te görüldüğü gibi Q_i sıralamasında 1. Sırada olan 8 numaralı Ulusal durağı S_i ve R_i de de 1. Sıradadır. Dolayısıyla ikinci koşul da sağlanmıştır.

1. ve 2. Koşulu sağlayan 8 nolu Ulusal durağı, uzman görüşlerine göre VIKOR yöntemi ile şarj istasyonunun kurulacağı en uygun otobüs durağı olarak belirlenmiştir.

5.7. Uzman Görüşlerinin TOPSIS Yöntemiyle Sıralaması

1. Aşama: Karar matrisini oluşturma

Alternatifler için normalize edilmiş standart karar matrisi Eşitlik (3.13)'te verilen matrizen faydalanılarak hesaplanır. Çizelge 5.26'da sonuç tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.26. Alternatifler için normalize edilmiş karar matrisi

Durak No	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Durakına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
1	0,3284	0,2060	0,1689	0,0323	0,1643	0,3016	0,1276	0,1871	0,0165	0,3145
2	0,2346	0,0022	0,0886	0,0885	0,2781	0,2989	0,0447	0,4211	0,0625	0,3145
3	0,0016	0,0607	0,3341	0,5675	0,6068	0,3459	0,0510	0,2807	0,3244	0,1048
4	0,2815	0,0022	0,0993	0,1093	0,3793	0,2785	0,1659	0,4779	0,0490	0,5241
5	0,2815	0,5964	0,1890	0,0427	0,3287	0,2866	0,1085	0,1170	0,0218	0,4193
6	0,4222	0,0022	0,1890	0,5675	0,2402	0,3483	0,2552	0,1871	0,0061	0,2097
7	0,6099	0,0022	0,1247	0,1166	0,1643	0,3045	0,2807	0,0334	0,0071	0,3145
8	0,2815	0,5422	0,8249	0,0250	0,0126	0,2921	0,5359	0,0334	0,9380	0,4193
9	0,2111	0,5422	0,0752	0,0521	0,4045	0,3434	0,4849	0,5514	0,0428	0,1048
10	0,0680	0,1008	0,2627	0,5623	0,1643	0,3508	0,5231	0,3542	0,0768	0,1048

2.Aşama: Ağırlıklandırılmış normalize matrisini oluşturma

Her kriter, kriter ağırlıkları ile çarpılarak elde edilmiş ağırlıklı normalize matris Eşitlik (3.14)'te ki formülden yararlanılarak hesaplanır. Hesaplanan sonuç tablosu Çizelge 5.27'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.27. Ağırlıklı normalize matris

Durak No	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Duracağına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
1	0,0427	0,0309	0,0388	0,0058	0,0115	0,0211	0,0051	0,0056	0,0007	0,0189
2	0,0305	0,0003	0,0204	0,0159	0,0195	0,0209	0,0018	0,0126	0,0025	0,0189
3	0,0002	0,0091	0,0768	0,1022	0,0425	0,0242	0,0020	0,0084	0,0130	0,0063
4	0,0366	0,0003	0,0228	0,0197	0,0265	0,0195	0,0066	0,0143	0,0020	0,0314
5	0,0366	0,0895	0,0435	0,0077	0,0230	0,0201	0,0043	0,0035	0,0009	0,0252
6	0,0549	0,0003	0,0435	0,1022	0,0168	0,0244	0,0102	0,0056	0,0002	0,0126
7	0,0793	0,0003	0,0287	0,0210	0,0115	0,0213	0,0112	0,0010	0,0003	0,0189
8	0,0366	0,0813	0,1897	0,0045	0,0009	0,0205	0,0214	0,0010	0,0375	0,0252
9	0,0274	0,0813	0,0173	0,0094	0,0283	0,0240	0,0194	0,0165	0,0017	0,0063
10	0,0088	0,0151	0,0604	0,1012	0,0115	0,0246	0,0209	0,0106	0,0031	0,0063

3.Aşama: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün hesaplanması

Ağırlıklı normalize matristeki değerler, kriterlerin fayda ve zarar ilişkisine göre ayrılarak pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm kümeleri oluşturulmuştur. Oluşturulmuş çözüm kümeleri Çizelge 5.28’de gösterilmiştir. Pozitif ideal çözüm kümesi (A^+) şeklinde, Negatif ideal çözüm kümesi ise (A^-) şeklinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.28. Çözüm kümesi

Çözüm kümesi	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Duracağına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
A^+	0,0002	0,0003	0,1897	0,0045	0,0009	0,0246	0,0018	0,0010	0,0375	0,0063
A^-	0,0793	0,0895	0,0173	0,1022	0,0425	0,0195	0,0214	0,0165	0,0002	0,0314

4.Aşama: Pozitif ideal ayırım ve negatif ideal ayırım değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (3.21-22)'de verilen formülde hesaplanan değerler, Çizelge 5.29'da gösterilmiştir. Alternatifler için pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olarak birbirlerine olan uzaklıkları hesaplanarak pozitif ve negatif ayırım değerleri çıkarılmıştır.

Çizelge 5.29. Alternatifler için ayırım değerleri

Durak No	Durak Adları	S_i^*	S_i^-
1	Otogar Camii	0,16487207	0,12657482
2	Selçuklu Belediyesi	0,17779093	0,13735394
3	Türk Telekom MTAL	0,15730346	0,13234308
4	Elmalılı Hamdi Hoca	0,17941988	0,13069595
5	Şehit Ali Vasfi Güney	0,18136539	0,11096795
6	Körükçü	0,18892859	0,10251648
7	Canfeda	0,18498727	0,12699966
8	Ulusal	0,09297405	0,21109403
9	Maliye Lojmanları	0,19911591	0,11055701
10	Özbal	0,16771160	0,11836271

5.Aşama: Alternatifler için ideal çözüme göreli yakınlık değerlerinin hesaplanması

Negatif ayırım değerinin (S_i^-), Pozitif (S_i^*) ve negatif (S_i^-) ayırım değerlerini toplayarak elde edilen sonuca bölünmesiyle ideal çözüme göreli yakınlık değeri (C_i^*) elde edilir.

Eşitlik (3.23)'te göreli yakınlık değeri hesaplaması ile oluşan tablo Çizelge 5.30'da gösterilmiştir. Oluşan tabloda çıkan sonuçların büyükten küçüğe sıralanmasıyla en iyi alternatiften en kötü alternatife kadar sıralama ortaya çıkmaktadır. Oluşan sıralamada 8 numaralı durağın en iyi alternatif olduğu görülmüştür. Böylece 8 nolu Ulusal durağı, uzman görüşlerine göre TOPSIS yöntemi ile şarj istasyonunun kurulacağı en uygun otobüs durağı olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.30. Alternatifler için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri

Durak No	Durak Adları	C_i^*	Sıra
1	Otogar Camii	0,434298059	4
2	Selçuklu Belediyesi	0,435843803	3
3	Türk Telekom MTAL	0,456912355	2
4	Elmalılı Hamdi Hoca	0,421442375	5
5	Şehit Ali Vasfi Güney	0,379593896	8
6	Körükçü	0,351752322	10
7	Canfeda	0,407067236	7
8	Ulusal	0,694232784	1
9	Maliye Lojmanları	0,357012203	9
10	Özbal	0,413748125	6

5.8. Uzman Görüşlerine Göre VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Bu bölümde TOPSIS ve VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçların kıyaslanması yapılacaktır. İki yöntemde sıklıkla birbirine benzeyen problemlerin çözümlenmesinde kullanılmaktadır. Yöntemlere bakıldığında her ikisi de ideale yakınlık için tasarlanmış ancak normalizasyon algoritmaları işlemlerinde birbirinden ayrılmaktadırlar. TOPSIS yöntemi vektör normalizasyonu yaparken, VIKOR doğrusal olarak normalizasyon yapmaktadır. Çizelge 5.31’de iki yöntem ile elde edilen sıralamalar gösterilmektedir. Sıralamalara bakıldığında 8 numaralı alternatif ile gösterilen ulusal durağının iki yöntemle de elde edilmiş sıralamalarda en iyi tercih seçeneği olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.31. Alternatiflerin VIKOR ve TOPSIS e göre sıralaması

Durak No	Durak Adları	VIKOR	TOPSIS
1	Otogar Camii	4	4
2	Selçuklu Belediyesi	6	3
3	Türk Telekom MTAL	2	2
4	Elmalılı Hamdi Hoca	9	5
5	Şehit Ali Vasfi Güney	8	8
6	Körükçü	5	10
7	Canfeda	7	7
8	Ulusal	1	1
9	Maliye Lojmanları	10	9
10	Özbal	3	6

Elde edilen sıralamalara bakıldığında, VIKOR ve TOPSIS yöntemleri, mikro-mobilite araçların şarj istasyonu lokasyonunun değerlendirilmesinde en iyi alternatif için aynı sonuca vardığı gözlemlenmiştir. Ulaşılan diğer sıralamalara bakıldığında ise

aralarında anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. Yöntemler, en iyi alternatif seçiminde karar vericiye sağlıklı ve güvenilir bir sonuç sunmuştur.

İki yöntemde de elde edilen sonuçları doğrulamak için, sıralamaların arasındaki bağlantılar Spearman'ın korelasyon katsayısı yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu yöntem verilerin dağılımına bakılmaksızın, iki değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılmaktadır (Shekhovtsov ve Sařabun, 2020).

Korelasyonun hesaplanmasında öncelikle, iki farklı sırama arasındaki farklar alınmıştır (D). Daha sonra ise aralarındaki farkın karesi alınmıştır. Karelerin toplamı alınmış ve Eşitlik (3.27)'deki gibi uygulanmıştır. Oluşan tablo, Çizelge 5.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.32. Spearman'ın sıra korelasyonu

Durak No	Durak Adları	VIKOR	TOPSIS	D	D ²
1	Otogar Camii	4	4	0	0
2	Selçuklu Belediyesi	6	3	-3	9
3	Türk Telekom MTAL	2	2	0	0
4	Elmalılı Hamdi Hoca	9	5	-4	16
5	Şehit Ali Vasfi Güney	8	8	0	0
6	Körükçü	5	10	5	25
7	Canfeda	7	7	0	0
8	Ulusal	1	1	0	0
9	Maliye Lojmanları	10	9	-1	1
10	Özbal	3	6	3	9
				Toplam	60

Sonuçlar sırasıyla Eşitlik (3.24-27)'deki hesaplamalardan yararlanılarak, spearman'ın sıra korelasyonu şu şekilde gösterilmiştir:

$$r = 1 - \frac{6 \cdot \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

$$r = 1 - \frac{6 \cdot 60}{10 * (10^2 - 1)}$$

$$r = 1 - \frac{6 \cdot 60}{10 * (10^2 - 1)}$$

$$r = 0,6363$$

Spearman'ın korelasyon sonuçlarına bakıldığında, 0,30-,070 arasındaki değerler orta düzeyde korelasyon bulunduğu anlamı taşır. Bu sonuca göre VIKOR ve TOPSIS

yöntemlerinin sıralamaları arasında $r = 0,6363$ ile orta düzeyde bir korelasyon vardır. Sonucun karesi alındığında ise korelasyonu yüzde olarak ifade etmek mümkündür ($0,6363^2 = 0,4049$). VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin sıralamasında %40'lık bir benzerlik söz konusudur. Bu orana göre aralarında pozitif ve anlamlı bir korelasyon bulunmakta ve birbirleri ile çelişmediği görülmektedir.

5.9. Kullanıcı Görüşlerinin VIKOR Yöntemiyle Sıralaması

1. Aşama: En İyi, En Kötü Kriterler Değerlerinin Tespiti

Mikro-mobilite şarj istasyonu için yer belirlemede seçilen kriterlerden bazıları olumlu bazıları ise olumsuz kriterlerdir. Okula uzaklık, ana yola uzaklık, güvenlik, tramvay durağına uzaklık, Avm'ye uzaklık, Elektrik şebekesine uzaklık ve yatırım maliyeti kriterleri olumsuz kriterlerken, bisiklet sayısı, güneş elverişliliği ve Nüfus olumlu kriterlerdir. Olumlu kriterlerin sayısal değerlerinde en yüksek değer en iyi değer iken en düşük değer en kötü değerdir. Olumsuz kriterler için sayısal değerler, en küçük değerlerin en iyi olduğunu ve en yüksek değerlerin en kötü olduğunu belirtir. Bu çerçevede, kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri Çizelge 5.33'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.33. Alternatiflerin değerlendirilmesi matrisi

KRİTER	Okula Uzaklık	Ana yola uzaklık	Bisiklet sayısı	Güvenlik	Tramvay Durağına uzaklık	Güneş Elverişliliği	AVM ye uzaklık	Elektrik Şebekesine Uzaklık	Nüfus	Yatırım Maliyeti
İYİ (X _i ⁺)	7	2	5002	24	50	99,20	350	10	29906	100
KÖTÜ (X _i ⁻)	2600	550	456	545	2400	79,32	4200	165	196	120

2. Aşama: Ağırlıklı normalize matrisin elde edilmesi

Eşitlik (3.8) deki formülden faydalanılarak normalize matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen sonuç ile de Çizelge 5.4'teki kriter ağırlıkları ile çarpılmıştır. Sonuç olarak 10 alternatif için ağırlıklı normalize matrisi oluşmuştur. Çizelge 5.34'da ağırlıklı normalize matrisi görünmektedir.

Çizelge 5.34. Ağırlıklı normalize matris

Durak No	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Durakına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
1	0,1182	0,0446	0,0788	0,0030	0,0230	0,0204	0,0186	0,0148	0,0396	0,0100
2	0,0842	0,0000	0,0884	0,0258	0,0402	0,0215	0,0000	0,0374	0,0376	0,0100
3	0,0000	0,0128	0,0589	0,2200	0,0900	0,0020	0,0014	0,0239	0,0263	0,0000
4	0,1012	0,0000	0,0871	0,0342	0,0555	0,0300	0,0271	0,0429	0,0382	0,0200
5	0,1012	0,1300	0,0763	0,0072	0,0479	0,0266	0,0143	0,0081	0,0393	0,0150
6	0,1521	0,0000	0,0763	0,2200	0,0345	0,0010	0,0471	0,0148	0,0400	0,0050
7	0,2200	0,0000	0,0841	0,0372	0,0230	0,0192	0,0529	0,0000	0,0400	0,0100
8	0,1012	0,1181	0,0000	0,0000	0,0000	0,0243	0,1100	0,0000	0,0000	0,0150
9	0,0758	0,1181	0,0900	0,0110	0,0594	0,0031	0,0986	0,0500	0,0384	0,0000
10	0,0240	0,0216	0,0675	0,2179	0,0230	0,0000	0,1071	0,0310	0,0370	0,0000

3. Aşama: S_i , R_i ve Q_i değerlerinin elde edilmesi

S_i , R_i ve Q_i değerleri, ağırlıklı normalize matrisinden elde edilen sonuçlar ile hesaplanmıştır. Eşitlik (3.10) ve Eşitlik (3.11) formüller kullanılarak S_i ve R_i değerleri hesaplanmıştır. Eşitlik (3.12) de belirtilen formül ile de Q_i değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin sonuçları Çizelge 5.35'te verilmiştir.

Çizelge 5.35. Alternatiflerin, hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri

Durak No	Durak Adları	S_i	R_i	Q_i
1	Otogar Camii	0,376	0,118	0,168
2	Selçuklu Belediyesi	0,350	0,088	0,000
3	Türk Telekom MTAL	0,439	0,220	0,691
4	Elmalılı Hamdi Hoca	0,436	0,101	0,233
5	Şehit Ali Vasfi Güney	0,471	0,130	0,416
6	Körükçü	0,585	0,220	1,000
7	Canfeda	0,491	0,220	0,800
8	Ulusal	0,368	0,118	0,153
9	Maliye Lojmanları	0,548	0,118	0,536
10	Özbal	0,537	0,218	0,890

4. Aşama: S, R ve Q listesinin oluşturulması

Alternatiflerin S_i , R_i ve Q_i değerleri, küçükten başlanarak büyüğe doğru sıralanır ve 3 sütunlu liste oluşturulur. Sıralanmış liste Çizelge 5.36’te verilmiştir.

Çizelge 5.36. S_i , R_i ve Q_i sıralamaları

Durak No	Durak Adları	S_i	R_i	Q_i
1	Otogar Camii	3	4	3
2	Selçuklu Belediyesi	1	1	1
3	Türk Telekom MTAL	4	8	7
4	Elmalılı Hamdi Hoca	5	2	4
5	Şehit Ali Vasfi Güney	6	6	5
6	Körükçü	10	10	10
7	Canfeda	7	9	8
8	Ulusal	2	3	2
9	Maliye Lojmanları	9	5	6
10	Özbal	8	7	9

S_i , R_i ve Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığında üç farklı sıralama elde edilmiştir. 5. Aşamada belirtilen iki koşul sağlanırsa Q_i sıralamasında en iyi çıkan alternatif en iyi çözüm olarak kabul edilir.

5. Aşama: Koşulların kontrol edilmesi

1. Koşul: Bu aşamada listenin koşulu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir. Burada en iyi alternatif (2- Selçuklu Belediyesi) ile ona en yakın alternatif (8- Ulusal) arasında kabul edilebilir bir fark olması gerekir. Bu farkın $DQ=0,1111$ ($DQ= 1/n-1$) ($n=$ alternatiflerin sayısı) değerinden büyük olması gerekir. Baktığımızda $0,153 - 0 = 0,153$ sonuçlar bu koşulu sağlamaktadır.

2. Koşul: Bu aşamada ise en iyi Q_i değerindeki alternatifin aynı anda S_i ve R_i sıralamalarından en az birinde en iyi alternatif olması gerekmektedir. Çizelge 5.36’da görüldüğü gibi Q_i sıralamasında 1. Sırada olan 2 numaralı Selçuklu Belediyesi durağı S_i ve R_i de de 1. Sıradadır. Dolayısıyla ikinci koşul da sağlanmıştır.

1. ve 2. Koşulu sağlayan 2 nolu Selçuklu Belediyesi durağı, kullanıcı görüşlerine göre VIKOR yöntemi ile şarj istasyonunun kurulacağı en uygun otobüs durağı olarak belirlenmiştir.

5.10. Kullanıcı Görüşlerinin TOPSIS Yöntemiyle Sıralaması

1. Aşama: Karar matrisini oluşturma

Alternatifler için normalize edilmiş standart karar matrisi Eşitlik (3.13)'te verilen matrsten faydalanılarak hesaplanır. Çizelge 5.37'de sonuç tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.37. Alternatifler için normalize edilmiş karar matrisi

Durak No	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Durakına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
1	0,3284	0,2060	0,1688	0,0323	0,1643	0,3016	0,1276	0,1871	0,0165	0,3145
2	0,2346	0,0022	0,0885	0,0885	0,2781	0,2989	0,0447	0,4211	0,0625	0,3145
3	0,0016	0,0607	0,3339	0,5675	0,6068	0,3459	0,0510	0,2807	0,3244	0,1048
4	0,2815	0,0022	0,0992	0,1093	0,3793	0,2785	0,1659	0,4779	0,0490	0,5241
5	0,2815	0,5964	0,1889	0,0427	0,3287	0,2866	0,1085	0,1170	0,0218	0,4193
6	0,4222	0,0022	0,1920	0,5675	0,2402	0,3483	0,2552	0,1871	0,0061	0,2097
7	0,6099	0,0022	0,1246	0,1166	0,1643	0,3045	0,2807	0,0334	0,0071	0,3145
8	0,2815	0,5422	0,8244	0,0250	0,0126	0,2921	0,5359	0,0334	0,9380	0,4193
9	0,2111	0,5422	0,0752	0,0521	0,4045	0,3434	0,4849	0,5514	0,0428	0,1048
10	0,0680	0,1008	0,2626	0,5623	0,1643	0,3508	0,5231	0,3542	0,0768	0,1048

2.Aşama: Ağırlıklandırılmış normalize matrisini oluşturma

Her kriter, kriter ağırlıkları ile çarpılarak elde edilmiş ağırlıklı normalize matris Eşitlik (3.14)'te ki formülden yararlanılarak hesaplanır. Hesaplanan sonuç tablosu Çizelge 5.38'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.38. Ağırlıklı normalize matris

Durak No	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Duracağına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
1	0,0722	0,0268	0,0152	0,0071	0,0148	0,0090	0,0140	0,0094	0,0007	0,0063
2	0,0516	0,0003	0,0080	0,0195	0,0250	0,0090	0,0049	0,0211	0,0025	0,0063
3	0,0004	0,0079	0,0301	0,1249	0,0546	0,0104	0,0056	0,0140	0,0130	0,0021
4	0,0619	0,0003	0,0089	0,0241	0,0341	0,0084	0,0182	0,0239	0,0020	0,0105
5	0,0619	0,0775	0,0170	0,0094	0,0296	0,0086	0,0119	0,0058	0,0009	0,0084
6	0,0929	0,0003	0,0173	0,1249	0,0216	0,0104	0,0281	0,0094	0,0002	0,0042
7	0,1342	0,0003	0,0112	0,0257	0,0148	0,0091	0,0309	0,0017	0,0003	0,0063
8	0,0619	0,0705	0,0742	0,0055	0,0011	0,0088	0,0589	0,0017	0,0375	0,0084
9	0,0464	0,0705	0,0068	0,0115	0,0364	0,0103	0,0533	0,0276	0,0017	0,0021
10	0,0150	0,0131	0,0236	0,1237	0,0148	0,0105	0,0575	0,0177	0,0031	0,0021

3.Aşama: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün hesaplanması

Ağırlıklı normalize matristeki değerler, kriterlerin fayda ve zarar ilişkisine göre ayrılarak pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm kümeleri oluşturulmuştur. Oluşturulmuş çözüm kümeleri Çizelge 5.39'da gösterilmiştir. Pozitif ideal çözüm kümesi (A^+) şeklinde, Negatif ideal çözüm kümesi ise (A^-) şeklinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.39. Çözüm kümesi

Çözüm kümesi	Okula Uzaklık [m]	Ana yola uzaklık [m]	Bisiklet sayısı [adet]	Güvenlik [m]	Tramvay Duracağına Uzaklık [m]	Güneş Elverişliliği [%]	AVM'ye uzaklık [m]	Elektrik Şebekesine Uzaklık [m]	Nüfus [kişi]	Yatırım Maliyet [%]
A^+	0,0004	0,0003	0,0742	0,0055	0,0011	0,0105	0,0049	0,0017	0,0375	0,0021
A^-	0,1342	0,0775	0,0068	0,1249	0,0546	0,0084	0,0589	0,0276	0,0002	0,0105

4.Aşama: Pozitif ideal ayırım ve negatif ideal ayırım değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (3.21-22)'de verilen formülde hesaplanan değerler, Çizelge 5.40'ta gösterilmiştir. Alternatifler için pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olarak birbirlerine olan uzaklıkları hesaplanarak pozitif ve negatif ayırım değerleri çıkarılmıştır.

Çizelge 5.40. Alternatifler için ayırım değerleri

Durak No	Durak Adları	S_i^*	S_i^-
1	Otogar Camii	0,10509431	0,15583097
2	Selçuklu Belediyesi	0,09687114	0,16654085
3	Türk Telekom MTAL	0,14095786	0,16276529
4	Elmalılı Hamdi Hoca	0,10688929	0,15312109
5	Şehit Ali Vasfi Güney	0,12356738	0,14820990
6	Körükçü	0,16867733	0,10080925
7	Canfeda	0,15661727	0,13738061
8	Ulusal	0,10789950	0,17024573
9	Maliye Lojmanları	0,13106073	0,14483075
10	Özbal	0,14598059	0,14263349

5.Aşama: Alternatifler için ideal çözüme göreli yakınlık değerlerinin hesaplanması

Negatif ayırım değerinin (S_i^-), Pozitif (S_i^*) ve negatif (S_i^-) ayırım değerlerini toplayarak elde edilen sonuca bölünmesiyle ideal çözüme göreli yakınlık değeri (C_i^*) elde edilir.

Eşitlik (3.23)'te göreli yakınlık değeri hesaplaması ile oluşan tablo Çizelge 5.41'de gösterilmiştir. Oluşan tabloda çıkan sonuçların büyükten küçüğe sıralanmasıyla en iyi alternatiften en kötü alternatife kadar sıralama ortaya çıkmaktadır. Oluşan sıralamada 2 numaralı durağın en iyi alternatif olduğu görülmüştür. Böylece 2 nolu Selçuklu Belediyesi durağı, kullanıcı görüşlerine göre TOPSIS yöntemi ile şarj istasyonunun kurulacağı en uygun otobüs durağı olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.41. Alternatifler için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri

Durak No	Durak Adları	C_i^*	Sıra
1	Otogar Camii	0,597224492	3
2	Selçuklu Belediyesi	0,632244771	1
3	Türk Telekom MTAL	0,535900193	6
4	Elmalılı Hamdi Hoca	0,588903753	4
5	Şehit Ali Vasfi Güney	0,545335880	5
6	Körükçü	0,374078914	10
7	Canfeda	0,467284351	9
8	Ulusal	0,612074967	2
9	Maliye Lojmanları	0,524955486	7
10	Özbal	0,494201419	8

5.11. Kullanıcı Görüşlerine Göre VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Bu bölümde TOPSIS ve VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçların kıyaslanması yapılacaktır. İki yöntemde sıklıkla birbirine benzeyen problemlerin çözümlenmesinde kullanılmaktadır. Yöntemlere bakıldığında her ikisi de ideale yakınlık için tasarlanmış ancak normalizasyon algoritmaları işlemlerinde birbirinden ayrılmaktadırlar. TOPSIS yöntemi vektör normalizasyonu yaparken, VIKOR doğrusal olarak normalizasyon yapmaktadır. Çizelge 5.42’de iki yöntem ile elde edilen sıralamalar gösterilmektedir. Sıralamalara bakıldığında 2 numaralı alternatif ile gösterilen Selçuklu Belediyesi durağının iki yöntemle de elde edilmiş sıralamalarda en iyi tercih seçeneği olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.42. Alternatiflerin VIKOR ve TOPSIS e göre sıralaması

Durak No	Durak Adları	VIKOR	TOPSIS
1	Otogar Camii	3	3
2	Selçuklu Belediyesi	1	1
3	Türk Telekom MTAL	7	6
4	Elmalılı Hamdi Hoca	4	4
5	Şehit Ali Vasfi Güney	5	5
6	Körükçü	10	10
7	Canfeda	8	9
8	Ulusal	2	2
9	Maliye Lojmanları	6	7
10	Özbal	9	8

Elde edilen sıralamalara bakıldığında, VIKOR ve TOPSIS yöntemleri, mikro-mobilite araçların şarj istasyonu lokasyonunun değerlendirilmesinde en iyi alternatif için

aynı sonuca vardığı gözlemlenmiştir. Ulaşılan diğer sıralamalara bakıldığında ise aralarında anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. Yöntemler, en iyi alternatif seçiminde karar vericiye sağlıklı ve güvenilir bir sonuç sunmuştur.

İki yöntemde de elde edilen sonuçları doğrulamak için, sıralamaların arasındaki bağlantılar Spearman'ın korelasyon katsayısı yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu yöntem verilerin dağılımına bakılmaksızın, iki değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılmaktadır (Shekhovtsov ve Sařabun, 2020).

Korelasyonun hesaplanmasında öncelikle, iki farklı sırama arasındaki farklar alınmıştır (D). Daha sonra ise aralarındaki farkın karesi alınmıştır. Karelerin toplamı alınmış ve Eşitlik (3.27)'deki gibi uygulanmıştır. Oluşan tablo, Çizelge 5.43'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.43. Spearman'ın sıra korelasyonu

Durak No	Durak Adları	VIKOR	TOPSIS	D	D ²
1	Otogar Camii	3	3	0	0
2	Selçuklu Belediyesi	1	1	0	0
3	Türk Telekom MTAL	7	6	1	1
4	Elmalılı Hamdi Hoca	4	4	0	0
5	Şehit Ali Vasfi Güney	5	5	0	0
6	Körükçü	10	10	0	0
7	Canfeda	8	9	-1	1
8	Ulusal	2	2	0	0
9	Maliye Lojmanları	6	7	-1	1
10	Özbal	9	8	1	1
				Toplam	4

Sonuçlar sırasıyla Eşitlik (3.24-27)'deki hesaplamalardan yararlanılarak, spearman'ın sıra korelasyonu şu şekilde gösterilmiştir:

$$r = 1 - \frac{6 \cdot \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

$$r = 1 - \frac{6.4}{10 * (10^2 - 1)}$$

$$r = 1 - \frac{6.4}{10 * (10^2 - 1)}$$

$$r = 0,9757$$

Spearman'ın korelasyon sonuçlarına bakıldığında, 0,30-0,70 arasındaki değerler orta düzeyde korelasyon bulunduğu anlamı taşır. Bu sonuca göre VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin sıralamaları arasında $r = 0,9757$ ile üst düzeyde bir korelasyon vardır. Sonucun karesi alındığında ise korelasyonu yüzde olarak ifade etmek mümkündür ($0,9757^2 = 0,9519$). VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin sıralamasında %95'lik bir benzerlik söz konusudur. Bu orana göre aralarında pozitif ve anlamlı bir korelasyon bulunmakta ve birbirleri ile çelişmediği görülmektedir.

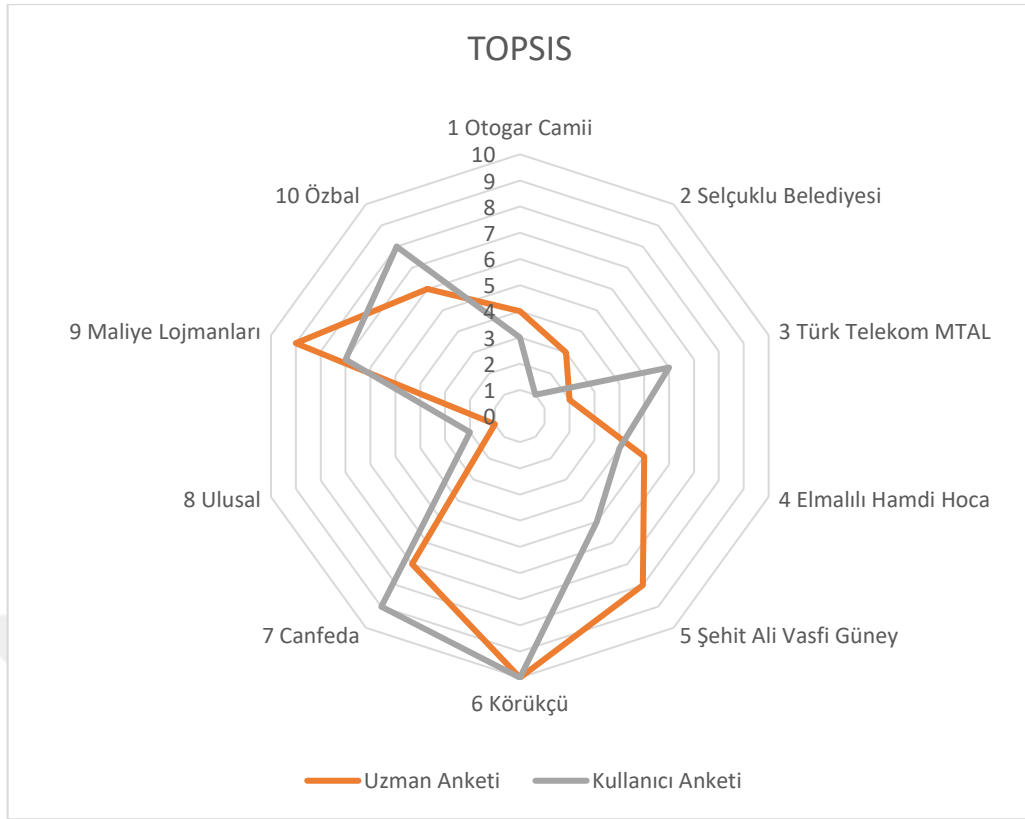


6. DUYARLILIK ANALİZİ

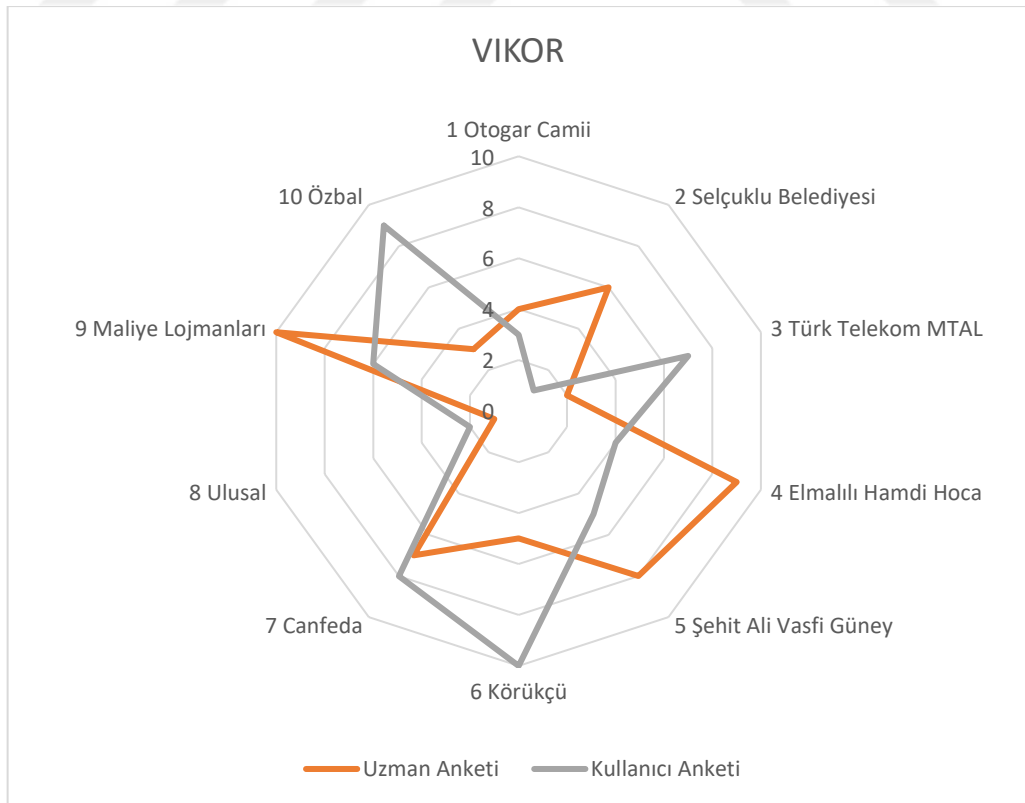
İki farklı metot kullanılarak uzman ve kullanıcılardan alınan anketler sonucuna AHP, VIKOR ve TOPSIS yöntemleri uygulanarak sıralamalar elde edilmiştir. Elde edilen sıralama tablosu Çizelge 6.1’de sıralama grafikleri ise Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Uzman ve kullanıcı görüşlerine göre sıralamalar

Durak No	Durak Adları	Uzman VIKOR Sıralaması	Uzman TOPSIS Sıralaması	Kullanıcı VIKOR Sıralaması	Kullanıcı TOPSIS Sıralaması
1	Otogar Camii	4	4	3	3
2	Selçuklu Belediyesi	6	3	1	1
3	Türk Telekom MTAL	2	2	7	6
4	Elmalılı Hamdi Hoca	9	5	4	4
5	Şehit Ali Vasfi Güney	8	8	5	5
6	Körükçü	5	10	10	10
7	Canfeda	7	7	8	9
8	Ulusal	1	1	2	2
9	Maliye Lojmanları	10	9	6	7
10	Özbal	3	6	9	8



Şekil 6.1. TOPSIS yöntemi kullanıcı ve uzman sonuçları



Şekil 6.2. VIKOR yöntemi kullanıcı ve uzman sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre uzmanlar için en uygun durak 8 numaralı Ulusal durağıyken, kullanıcılar için en uygun durak 2 numaralı Selçuklu Belediyesi durağı olmaktadır. Burada mikro-mobilite araçlar için kurulacak şarj istasyonunun hangi durağa kurulması gerektiği konusunda uzmanlar ve kullanıcı sonuçları birbirinden farklı çıkmıştır. Bu farklılığın ortak bir görüşte birleştirilmesi ve ağırlık oran değişimlerine göre sıralama değişimini gözlemlemek gerekmektedir.

Bu bölümde uzman ve kullanıcı görüşlerinin, alternatiflerin performansı üzerindeki etkisini gözlemlemek amacıyla duyarlılık analizi yürütülmüştür. Alternatiflerin koşullar değiştikçe nasıl etkilendiğini gözlemlemek amacıyla iki ayrı senaryo değerlendirilmiştir. İlk senaryoda uzman ve kullanıcılardan alınan anketlerin ortalaması alınarak AHP uygulanmıştır. İkinci senaryoda ise kriterlerin ağırlıkları tek tek %20, -%10, %10 ve %20 oranlarında değiştirilmiştir. Oluşan değişimler gözlenmiştir.

6.1 Birinci Senaryo

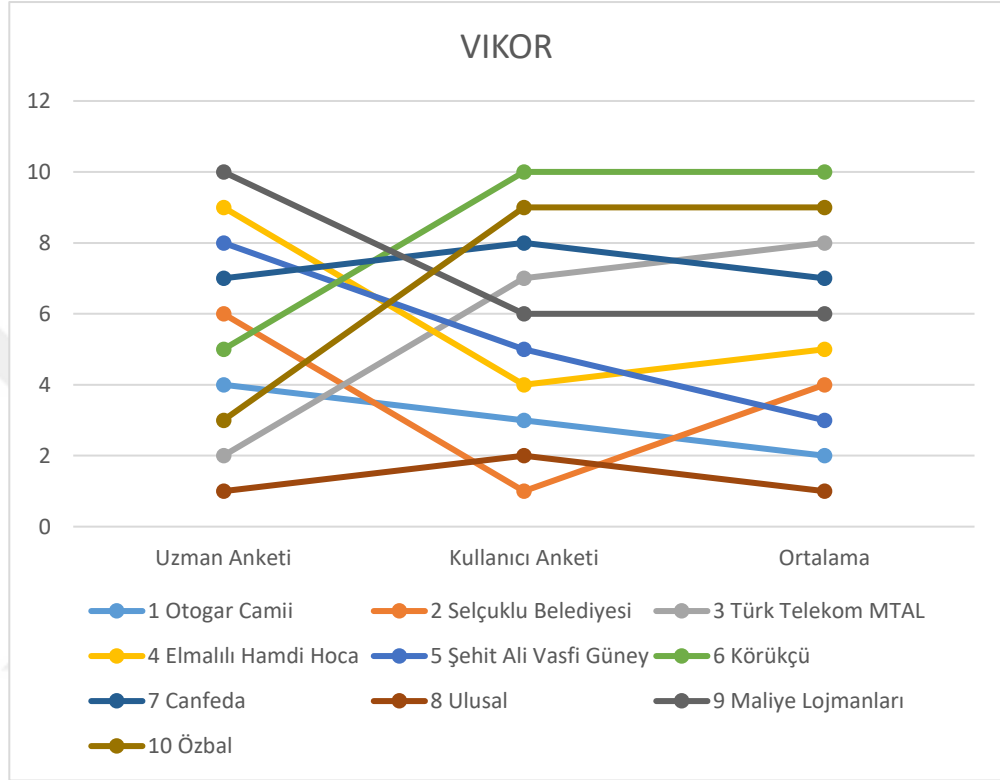
Uzman ve kullanıcılara göre araç şarj istasyonunun kurulması gereken en uygun otobüs durağı birbirinden farklı çıkmıştır. Bu farklılıkların giderilerek ortak bir görüş doğrultusunda en uygun durak belirlenmelidir. Böylece hem kurulumu yapacak olan belediye uzmanlarının görüşleri hem de araç kullanıcılarının görüşleri dikkate alınarak optimum şarj istasyonu belirlenecektir.

Çizelge 6.2. Kriterlerin ağırlıkları

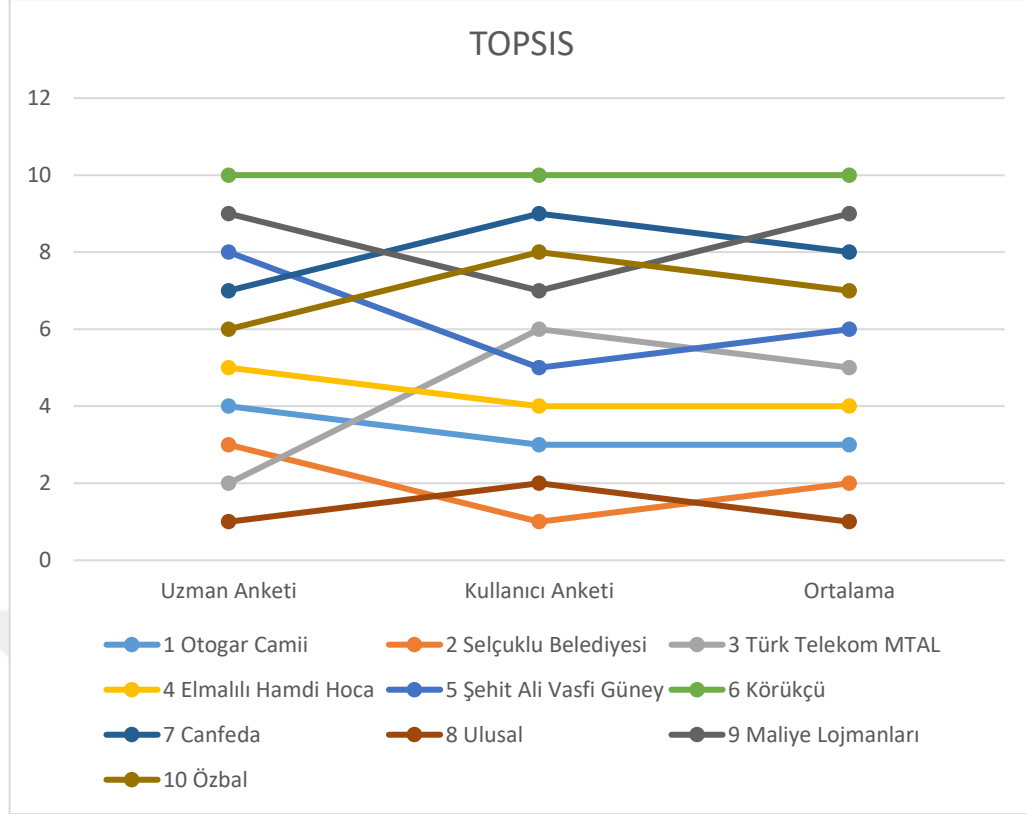
Kriter No	Kriterler	Ağırlık
C1	Okula Uzaklık	0,17
C2	Ana yola uzaklık	0,14
C3	Bisiklet sayısı	0,16
C4	Güvenlik	0,20
C5	Tramvay Durağına uzaklık	0,08
C6	Güneş Elverişliliği	0,05
C7	AVM ye uzaklık	0,07
C8	Elektrik Şebekesine Uzaklık	0,04
C9	Nüfus	0,04
C10	Yatırım Maliyeti	0,04

5. Bölüm 'de ayrı ayrı değerlendirilmiş olan uzman ve kullanıcı görüşleri, birinci senaryo için birleştirilerek ortak bir görüş elde edilmeye çalışılmıştır. Uzmanların ve

kullanıcıların anketlerinin ortalaması alınarak AHP yöntemi ile elde edilen kriterlerin ağırlık dereceleri Çizelge 6.2’de verilmiştir. Ortak görüş olarak elde edilen yeni ağırlık değerleri ile tekrar VIKOR ve TOPSIS yöntemleri uygulanmış ve çıkan sonuç Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. VIKOR yöntemi sonuçların değişimi



Şekil 6.4. TOPSIS yöntemi sonuçların değişimi

Sonuçlara bakıldığında anketlerin ortalaması alınarak elde edilen ortak görüş sıralamasında hem VIKOR hem de TOPSIS yöntemlerinde 8 numaralı Ulusal durağı en uygun durak olmuştur. Böylece uzman ve kullanıcı görüşlerindeki farklılık ortadan kaldırılıp şarj istasyonu için optimum konum belirlenmiştir.

6.2 İkinci Senaryo

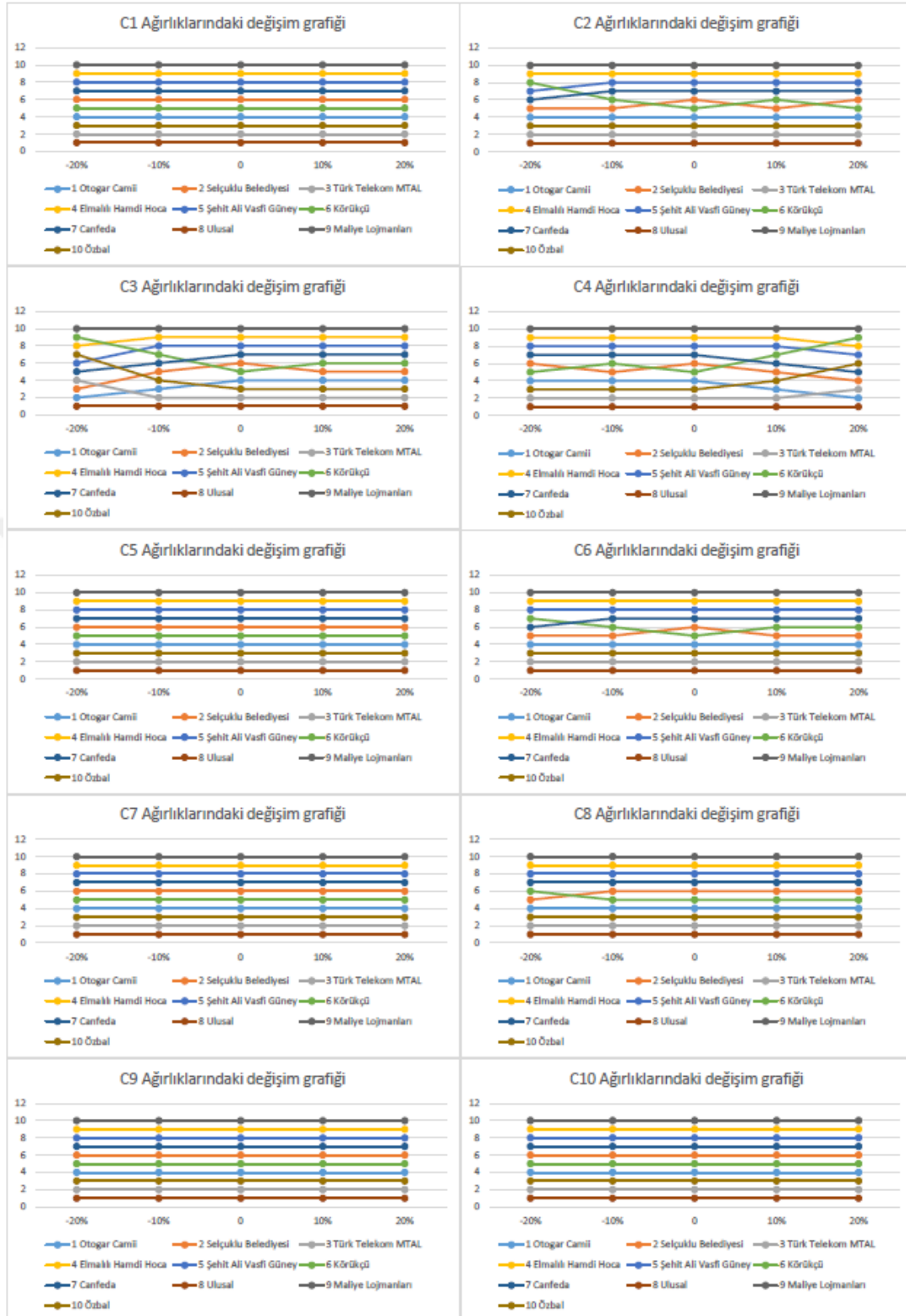
İkinci senaryoda ise uzman ve kullanıcı görüşlerinin hem VIKOR hem de TOPSIS yöntemlerinde kullanılan ağırlıklarına teker teker -%20, -%10, %10, %20 oranlarında değişiklikler uygulanmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Bu değişimler Şekil 6.5-6.8’de grafik halinde gösterilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında uzmanların görüşlerine göre oluşturulan sıralamada hem VIKOR hem de TOPSIS yöntemlerinde en iyi durak olarak seçilen 8 numaralı Ulusal durağı, kriterlerin ağırlık oran değişimlerinden hiç etkilenmeyerek tüm durumlarda en iyi durak olamaya devam etmiştir. Bu durum uzmanlara göre en iyi durak seçiminin baskın bir şekilde belirgin olduğunu gösterir.

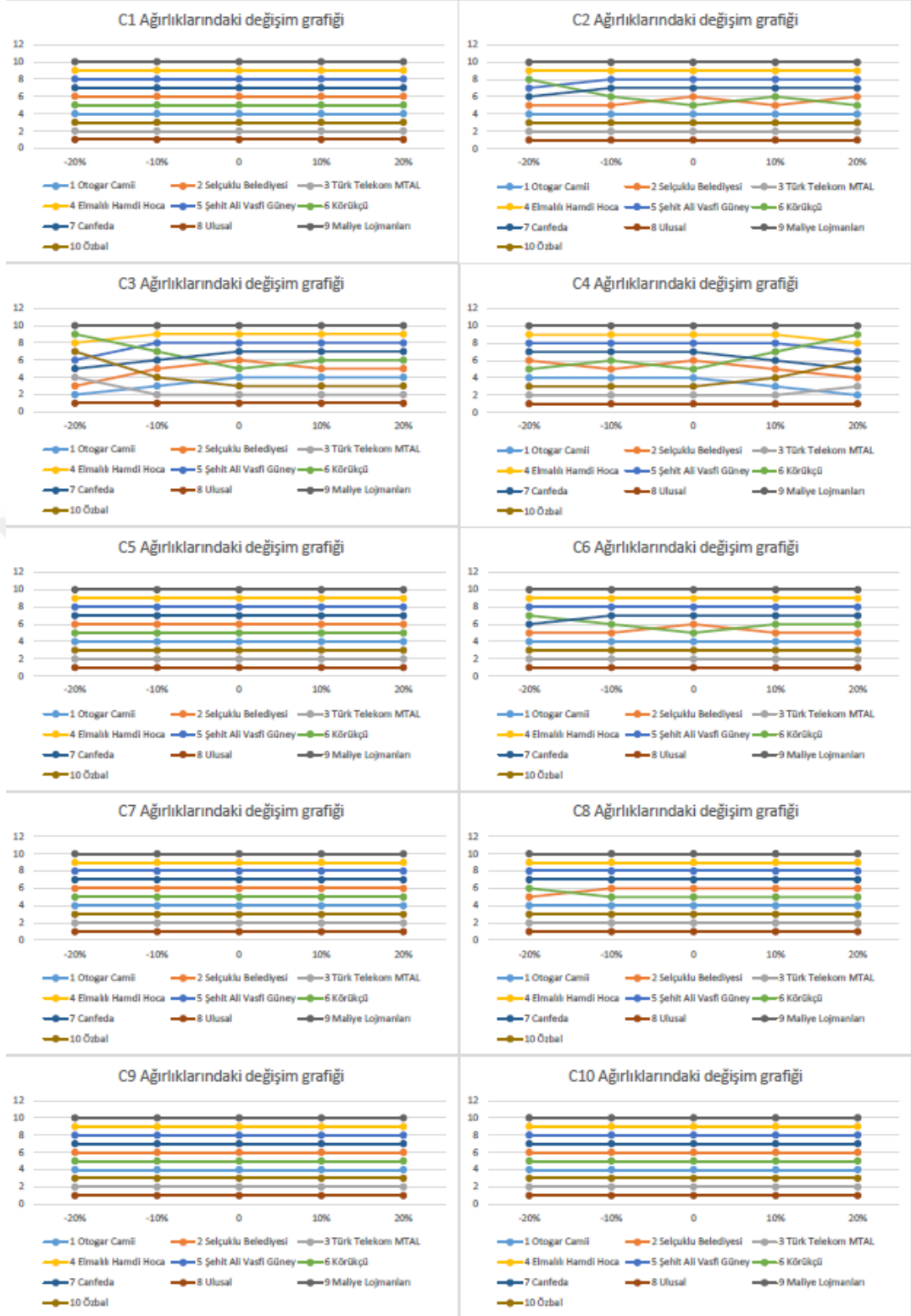
Kullanıcıların görüşlerine ait sonuçlara bakacak olursak VIKOR yöntemi sonuçlarına göre kriterlerin ağırlık oran değişimlerinden hiç etkilenmeyerek en uygun

durak 2 numaralı Selçuklu Belediyesi olmuştur. Kullanıcı TOPSIS sonuçlarına göre ise sadece C2-Ana yola uzaklık kriterinin değeri %20 azaltıldığında ve C3-Bisiklet sayısı kriterinin değeri %20 arttırıldığında en uygun durak 8 numaralı Ulusal durağı olurken, geriye kalan 18 oran değişikliğinde en uygun durak yine 2 numaralı Selçuklu Belediyesi durağı olmuştur. Bu durum kullanıcı görüşlerine göre oluşturulan sıralamanın, kullanıcı anketlerinden elde edilen ağırlıkların oransal olarak değişiminden çok az miktarda etkilenmekle birlikte baskın bir sonuç verdiği görülmektedir.

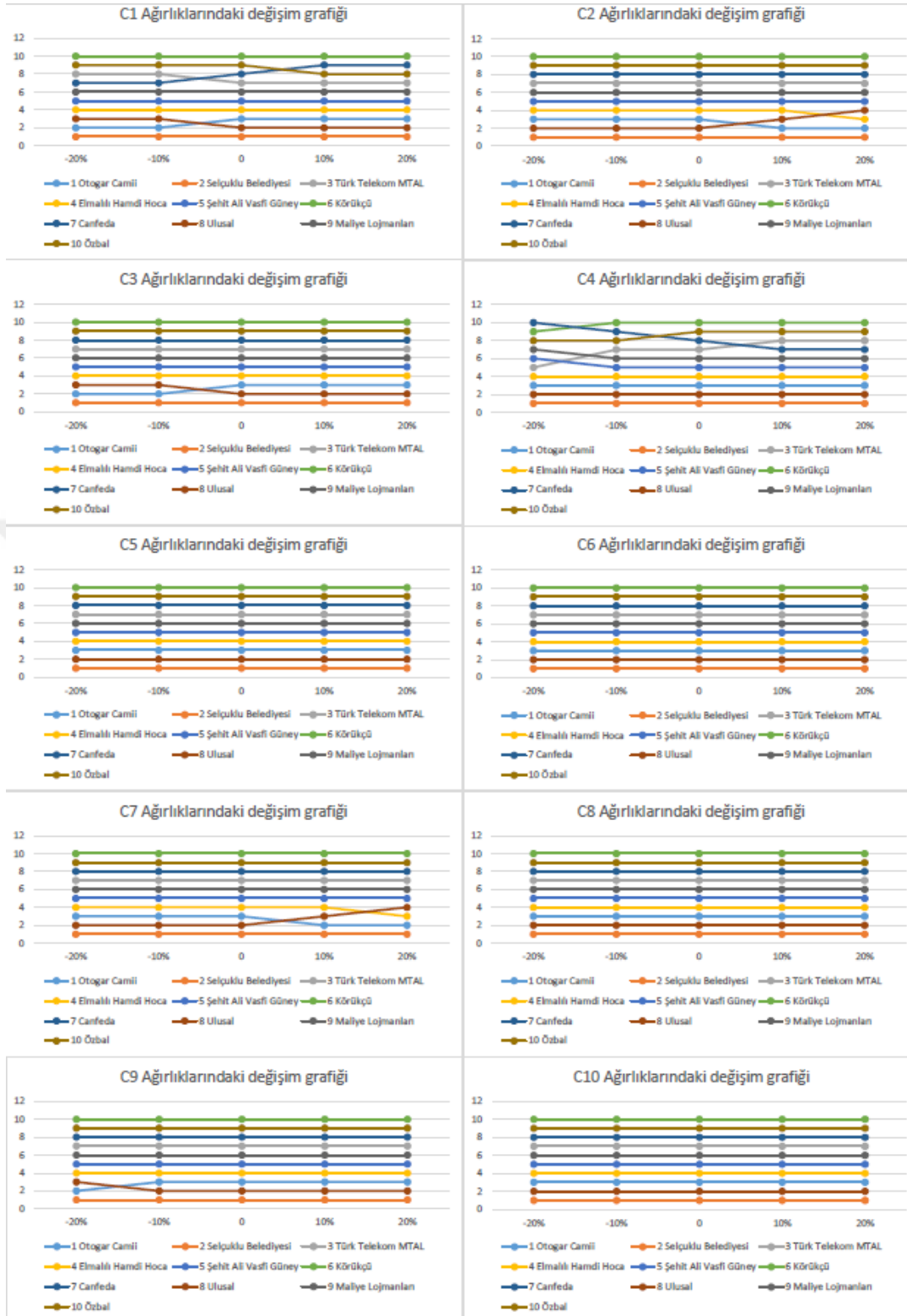
Sonuç olarak ikinci senaryoda kriterlerin ağırlık oranlarının tek tek değiştirildiği tüm Uzman-VIKOR, Uzman-TOPSIS sonuçlarında en uygun durak 8 numaralı Ulusal durağı olurken, Kullanıcı-VIKOR ve Kullanıcı-TOPSIS sonuçlarından 20 farklı durumun 18'inde en uygun durağın 2 numaralı Selçuklu Belediyesi olduğu baskın bir şekilde görülmüştür.



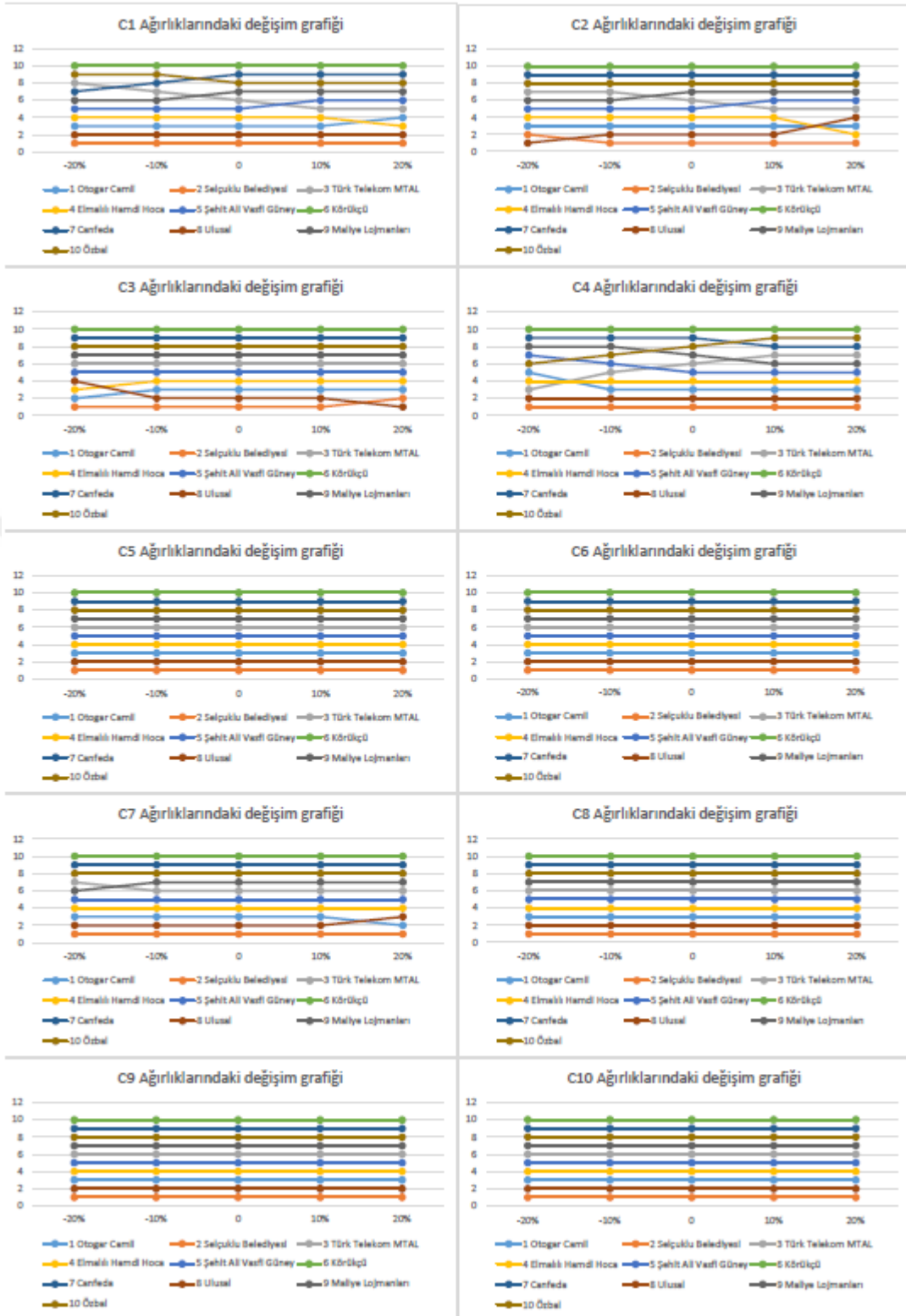
Şekil 6.8. Uzmanların VIKOR yöntemi sonuçlarındaki değişimler



Şekil 6.6. Uzmanların TOPSIS yöntemi sonuçlarındaki değişimler



Şekil 6.7. Kullanıcıların VIKOR yöntemi sonuçlarındaki değişimler



Şekil 6.5. Kullanıcıların TOPSIS yöntemi sonuçlarındaki değişimler

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ilk olarak elektrikli mikro-mobilite araçları için solar şarj istasyonu tasarımı yapılmıştır. Şehir içi ulaşımında e-bisiklet ve e-scooter gibi elektrikli mikro mobilite araçlarının artan kullanımıyla birlikte ortaya çıkan şarj ve park sorunlarına yönelik yenilikçi bir çözüm sunulmuştur. PV panellerle çalışan çevre dostu şarj istasyonları tasarımı, enerji verimliliğini artırmayı ve güvenli park imkânı sunmayı amaçlamıştır. Konya'daki mevcut şehir içi otobüs duraklarının altyapısı kullanılarak gerçekleştirilen bu tasarım, maliyetlerin düşürülmesine ve alan verimliliğinin artırılmasına olanak tanımıştır.

Tez çalışmasında ikinci olarak tasarımı yapılan şarj istasyonunun kurulumu için optimum konum belirlenmiştir. Pilot bölge olarak Konya'da bulunan Yazır mahallesi seçilip, burada bulunan on otobüs durağı kurulum için potansiyel alternatifler olarak belirlenmiştir. Literatür ve uzmanların görüşleri dikkate alınarak konum belirlemek için on adet kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler, okula uzaklık, ana yola uzaklık, bisiklet sayısı, güvenlik, tramvay durağına uzaklık, güneş elverişliliği, AVM'ye uzaklık, elektrik şebekesine uzaklık, nüfus ve yatırım maliyetidir.

Belirlenen her bir durağa ait kriterin sayısal değerlerini elde etmek için, harita uygulamaları (uzaklık kriterleri için), en yakın konumdaki paylaşımlı bisiklet kullanım verileri (bisiklet sayısı için), otobüs durağının kullanım verileri (nüfus için) ve PV*sol programı (güneş elverişliliği için) kullanılmıştır. Her bir durağa ait konum, yön ve durak etrafında bulunan ağaç, bina vb. çevre etkenleri de göz önünde bulundurularak PV*sol programı yardımıyla şarj istasyonunu üstünde yer alan PV panellerin yıllık gölgelenme oranları çıkarılmıştır. PV panellerin yıllık gölgelenme oranlarının %0,8 ile %20,68 arasında bulunmuştur. %0,8 gölgelenme oranıyla en yüksek güneşlenme süresine sahip durak, 6 numaralı Körükçü durağı olmuştur.

Belirlenen kriterlerden hangilerinin diğerlerinden ne derece önemli olduğunu bulmak amacıyla uzmanlar ve kullanıcılardan ayrı ayrı görüşler alınmıştır. AHP yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde uzman görüşlerinin birliğiyle elektrikli mikro-mobilite araç şarj istasyonu konumu için en önemli kriterler sırasıyla bisiklet sayısı, güvenlik, ana yola uzaklık ve okula uzaklık olmuştur. AHP yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde kullanıcı görüşlerinin birliğiyle şarj istasyonu konumu için en önemli kriterler sırasıyla güvenlik, okula uzaklık, ana yola uzaklık ve AVM'ye uzaklık olmuştur.

AHP yöntemi ile bulunan kriter ağırlıkları kullanılarak durakların uygunluk sıralaması hem uzman görüşlerine göre hem de kullanıcı görüşlerine göre VIKOR ve

TOPSIS yöntemleriyle belirlenmiştir. Uzman görüşüne göre 8 numaralı ulusal durağı en uygun, kullanıcıların görüşüne göre 2 numaralı Selçuklu Belediyesi durağı en uygun şarj istasyonu konumu olarak belirlenmiştir. Güneş elverişliliği kriterine göre PV*sol programı ile en uygun durak olarak seçilen 6 numaralı körükçü durağı diğer kriterler de göz önünde bulundurulduğunda en uygun lokasyon için uygun bulunmamıştır.

Uzmanlara ve kullanıcılara göre seçilen en uygun durak farklılığının ortak bir görüşte birleştirilmesi ve ağırlık oran değişimlerine göre sıralama değişimini gözlemlemek için duyarlılık analizi iki farklı senaryo üzerinden yapılmıştır. Birinci senaryoda uzman ve kullanıcı görüşlerinin ortalaması alınarak elde edilen ortak görüş sıralamasında hem VIKOR hem de TOPSIS yöntemlerinde, 8 numaralı ulusal durağı optimum durak olarak belirlenmiştir. Böylece uzman ve kullanıcı görüşlerindeki farklılık ortadan kaldırılıp şarj istasyonu için optimum konum belirlenmiştir. İkinci senaryoda ise kriterlerin ağırlık oranlarının tek tek değiştirildiği durumda, uzman ve kullanıcı seçimlerine göre elde edilen en uygun durakların nerdeyse hiç değişmediği görülmüştür.

Belirlenen bölgede ikinci bir durak yapılmak istenmesi durumunda, önceki analizde 10 alternatif arasından seçilen 8 numaralı ulusal durağı çıkarılır ve alternatif sayısı 9'a indirilir. Bu yeni duruma göre, daha önce uygulanan VIKOR ve TOPSIS yöntemleri yeniden değerlendirilir ve uygulanır. Bu tekrarlanan analizler sonucunda, ikinci durak seçimi optimize edilerek gerçekleştirilmiş olur.

Sonuç olarak, bu tez çalışması, şehir içi ulaşımın verimliliğini artırmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmak amacıyla önemli bir adım atmıştır. Geliştirilen şarj istasyonu tasarımı, enerji verimliliği, maliyet etkinliği ve kullanıcı güvenliğini bir araya getirerek, şehir içi ulaşımın sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmanın kapsamı genişletilerek ve daha fazla kullanıcı ve uzman görüşü alınarak, daha geniş bir alana ve kitleye hitap edecek şekilde tekrarlanabilir. Böylece, bu çalışma, gelecekte benzer projelere rehberlik ederek, şehir içi ulaşımında mikro-mobilite araçlarının entegrasyonunun artmasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

Adobe Stock, ,2024, *Mobility scooter icon*. 2024,

<https://stock.adobe.com/search?k=mobility+scooter+icon>

- Akdeniz, M. ve Efe, S. B., 2022, E-bisiklet Şarj İstasyonları için FV Sistem Tasarımı.
- Anthopoulos, L. ve Kolovou, P., 2021, A multi-criteria decision process for ev charging stations' deployment: Findings from greece, *Energies*, 14 (17), 5441.
- Asma, B., 2022, Arazi tipi güneş enerji santrallerinin verimlilik analizi: Konya örneği, *Konya Teknik Üniversitesi*.
- Aybirdi, C. B., 2021, Elektrikli araç şarj istasyonu lokasyonlarının çok ölçütlü karar verme teknikleri ile seçilmesi: Ankara'da vaka çalışması, *TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi*.
- Bahgat, A., Helwa, N., Ahamd, G. ve El Shenawy, E., 2004, Estimation of the maximum power and normal operating power of a photovoltaic module by neural networks, *Renewable energy*, 29 (3), 443-457.
- Bellos, E., Tzivanidis, C. ve Antonopoulos, K., 2015, Design and simulation of a new solar paraboloid dish collector, *Journal of Solar Energy Research Updates*, 2 (2), 40-46.
- Bukari, D., Kemausuor, F., Quansah, D. A. ve Adaramola, M. S., 2021, Towards accelerating the deployment of decentralised renewable energy mini-grids in Ghana: Review and analysis of barriers, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110408.
- Büyükkantarıcı, M., Mutlu, S. ve Şenyiğit, E., İLETİM GENİŞLEME PLANI ODAKLI ŞARJ İSTASYONU YERİ SEÇİMİ.
- Caceoğlu, E., Yildiz, H. K., Oğuz, E., Huvaj, N. ve Guerrero, J. M., 2022, Offshore wind power plant site selection using Analytical Hierarchy Process for Northwest Turkey, *Ocean engineering*, 252, 111178.
- Canco, I., Kruja, D. ve Iancu, T., 2021a, AHP, a reliable method for quality decision making: A case study in business, *Sustainability*, 13 (24), 13932.
- Canco, I., Kruja, D. ve Iancu, T., 2021b, AHP, A Reliable Method for Quality Decision Making: A Case Study in Business. *Sustainability*, 2021, 13, 13932, s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published
- Chandra Mouli, G. R., Van Duijsen, P., Grazian, F., Jamodkar, A., Bauer, P. ve Isabella, O., 2020, Sustainable e-bike charging station that enables AC, DC and wireless charging from solar energy, *Energies*, 13 (14), 3549.
- CONEBI, 2024, PR: CONEBI BIMP 2024. Retrieved August 2, 2024, <https://www.conebi.eu/pr-conebi-bimp-2024//>
- Çalık, A. ve Emre, Ö., 2022, Isparta ili için güneş enerjisi santrali (fotovoltaik) çatı uygulamasından elde edilen simülasyon verilerinin ekonomik analizi, *Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi Dergisi*, 1 (2), 12-35.
- ÇSB, 2024, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (n.d.). Ulaştırma Türüne Göre Seragazi Emisyonu, 2024, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790>
- Çınaroğlu, H., 2023, Bağımsız bir fotovoltaik sistemin PVsyst yazılımı kullanılarak tasarımı ve simülasyonu, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*.

- Dewi, N. K. ve Putra, A. S., 2021, Decision support system for head of warehouse selection recommendation using analytic hierarchy process (AHP) method, *International Conference Universitas Pekalongan 2021*, 43-50.
- Dias, G., Arsenio, E. ve Ribeiro, P., 2021, The role of shared e-scooter systems in urban sustainability and resilience during the covid-19 mobility restrictions, *Sustainability*, 13 (13), 7084.
- Diemuodeke, E., Addo, A., Oko, C., Mulugetta, Y. ve Ojapah, M., 2019, Optimal mapping of hybrid renewable energy systems for locations using multi-criteria decision-making algorithm, *Renewable energy*, 134, 461-477.
- EKER, Ş. ve DÜNDAR, S., E-Skuter Şarj İstasyonu Yerlerinin Seçimine İlişkin Bir Yöntem, *E-Skuter Şarj İstasyonu Yerlerinin Seçimine İlişkin Bir Yöntem*.
- Ekin, E. ve Dolanbay, G., 2024, AHP Temelli TOPSIS Yöntemi ile Yer Seçim Problemine İlişkin Bir Uygulama, *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (1), 301-317.
- Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N., 2009, Banka şube performanslarının vikor yöntemi ile değerlendirilmesi, *Endüstri Mühendisliği*.
- ESER, C., ÖNER, F., BAŞOĞLU, O., BİLİR, L., ÖZCAN, N. Y. ve ÖZCAN, H. G., 2017, URLA-İZMİR'DE BULUNAN MÜSTAKİL BİR EV İÇİN BÜTÜNLEŞİK HİBRİT SİSTEM ANALİZİ.
- European Commission, 2024, Transport and the Green Deal. European Green Deal, 2024, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_en
- European Environment Agency, 2022, High time to shift gear, <https://www.eea.europa.eu/signals-archived/signals-2022/articles/high-time-to-shift-gear>
- European Environment Agency, 2022, High time to shift gear, <https://www.eea.europa.eu/signals-archived/signals-2022/articles/high-time-to-shift-gear>
- Ferguson, B., 2022, Exploring Solar Charging Station Design for Electric Bicycles.
- Gökgöz, B. İ., İlerisoy, Z. Y. ve Soyluk, A., 2020, Acil durum toplanma alanlarının AHP yöntemi ile değerlendirilmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (19), 935-945.
- Guler, D. ve Yomralioglu, T., 2020, Suitable location selection for the electric vehicle fast charging station with AHP and fuzzy AHP methods using GIS, *Annals of GIS*, 26 (2), 169-189.
- Guo, S. ve Zhao, H., 2015, Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective, *Applied Energy*, 158, 390-402.
- Gündoğdu, R., 2022, Elektrikli araçlar için güneş enerjisi kullanan hızlı şarj istasyonu tasarımı, *Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi*.
- Harbali, H. B., 2019, Rüzgâr türbini kulesi montajı için kaldırma aparatlarının tasarım, analiz ve imalatı, *İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü/Makine*
- Hokkanen, J., Lahdelma, R. ve Salminen, P., 1999, A multiple criteria decision model for analyzing and choosing among different development patterns for the Helsinki cargo harbor, *Socio-Economic Planning Sciences*, 33 (1), 1-23.

- Işık, E. ve Çelik, İ., 2021, Tersine Mühendislik Çalışmalarında Solidworks Scan To 3d Modülü Kullanarak Tarama Datasından Kati Model Oluşturulması, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9 (2), 606-615.
- Leal, J. E., 2020, AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method, *MethodsX*, 7, 100748.
- Liu, A., Zhao, Y., Meng, X. ve Zhang, Y., 2020, A three-phase fuzzy multi-criteria decision model for charging station location of the sharing electric vehicle, *International Journal of Production Economics*, 225, 107572.
- Martin, K., 2024, Elbistan Meslek Yüksekokulu Çatı Üstü Güneş Enerjisi Santrali Kurulum Simülasyonu: Performans Analizi, *KİÜ Fen, Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 1 (1), 33-42.
- Naghiyev, S., 2015, Design and performance analysis of a compact solar energy panel, *Marmara Üniversitesi (Turkey)*.
- Nezhad, M. M., Neshat, M., Piras, G. ve Garcia, D. A., 2022, Sites exploring prioritisation of offshore wind energy potential and mapping for wind farms installation: Iranian islands case studies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112791.
- Onur, S. ve Efe, S. B., 2020, Elektrikli bisikletle paylaşımlı hareketlilik: Balıkesir Üniversitesi Kampüsü örneği, *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3 (2), 216-226.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.-H., 2004, Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European journal of operational research*, 156 (2), 445-455.
- Öter, A. ve Baltacı, F., 2022, Elektrikli Araçlar İçin Akıllı Hibrit Şarj İstasyonu Örneği, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 160-175.
- ÖZDEN, Ü., 2012, AB'ye üye ülkelerin ve Türkiye'nin ekonomik performanslarına göre VIKOR yöntemi ile sıralanması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (21).
- Özel, S. ve Özcan, A., 2021, Modellenen Bir Jet Türbin Pervanesine Uygulanan Kaplamaların Simülasyon Tabanlı Statik Analizi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 105-112.
- Patel, A., 2023, Efficiency enhancement of solar water heaters through innovative design, *International Journal of Science and Research Archive (IJSRA)*, 10 (01), 289-303.
- Pathak, S. K., Sharma, V., Chougule, S. S. ve Goel, V., 2022, Prioritization of barriers to the development of renewable energy technologies in India using integrated Modified Delphi and AHP method, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 50, 101818.
- Peker, B. N. ve Görener, A., 2022, TESİS YERİ SEÇİMİNDE KRİTERLERİN ÖNEM AĞIRLIKLARININ BULANIK FUCOM YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21 (45), 1512-1536.
- Pradhan, S., Ghose, D. ve Shabbiruddin, 2021, Planning and design of suitable sites for electric vehicle charging station—a case study, *International Journal of Sustainable Engineering*, 14 (3), 404-418.
- Putra, A. S., Warnars, H. L. H. S., Gaol, F. L., Soewito, B. ve Abdurachman, E., 2018, A Proposed surveillance model in an Intelligent Transportation System (ITS), *2018 Indonesian association for pattern recognition international conference (INAPR)*, 156-160.
- Shekhovtsov, A. ve Sařabun, W., 2020, A comparative case study of the VIKOR and TOPSIS rankings similarity, *Procedia Computer Science*, 176, 3730-3740.

- Sivaram, P., Mande, A. B., Premalatha, M. ve Arunagiri, A., 2020, Investigation on a building-integrated passive solar energy technology for air ventilation, clean water and power, *Energy Conversion and Management*, 211, 112739.
- Statista, 2024, Preferred micromobility for commuting, 2024, <https://www.statista.com/statistics/1327636/preferred-micromobility-commuting/>
- Stypka, T., Flaga-Maryanczyk, A. ve Schnotale, J., 2016, Application of the AHP method in environmental engineering: Three case studies, *Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process-Decision Making for Strategic Decisions*.
- Şengül, B., & Mostofi, H. (2021). Impacts of E-Micromobility on the sustainability of urban transportation—a systematic review. *Applied Sciences*, 11(13), 5851.
- Taşkın, O. ve Vardar, A., 2019, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi Çatısının Güneş Elektrik Potansiyelinin Tahminlenmesi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (1), 45-51.
- T.C. Çevre,2024, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Ulaştırma Türüne Göre Seragazi Emisyonu, 2024, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790>
- Tezergil, S. A., 2016, VİKOR YÖNTEMİ İLE TÜRK BANKACILIK SEKTÖRÜNÜN PERFORMANS ANALİZİ, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38 (1), 357-373.
- Tırmıkçı, C. A., 2018, İki eksen güneş izleyen hareketli güneş sistemi ve en uygun yıllık eğim açısı ile konumlandırılmış sabit güneş sisteminin gerçek zaman karşılaştırması.
- Tunçez, H. O., 2022, Çatı üstü güneş enerji santrallerinde verimliliği etkileyen faktörlerin belirlenmesi, *Konya Teknik Üniversitesi*.
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2024, *Motorlu Kara Taşıtları, Şubat 2024*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Subat-2024-53454>
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2023, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684>
- Üzüm, K., 2015, Yeni nesil teknoloji kullanarak küçük güçlü rüzgar türbini tasarımı ve bilgisayar destekli analizi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yiğit, A. ve Demirbaş, M. B., 2020, Türkiye’de medikal turizmin gelişimine etki eden faktörlerin SWOT-AHP yöntemi ile tespit edilmesine yönelik bir araştırma, *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12 (22), 173-192.
- Yildiz, A. ve Deveci, M., 2013, Bulanık VIKOR Yöntemine Dayalı Personel Seçim Süreci/Based on Fuzzy VIKOR Approach to Personnel Selection Process, *Ege Akademik Bakis*, 13 (4), 427.
- Yuan, J. K., Ho, C. K. ve Christian, J. M., 2015, Numerical simulation of natural convection in solar cavity receivers, *Journal of Solar Energy Engineering*, 137 (3), 031004.

EKLER

EK-1 Uzman görüşleri.

Yazır mahallesinde Elektrikli scooter garj istasyonları için en iyi lokasyonun belirlenmesi amaçlanmaktadır.
Aşağıdaki tablo, elde edilen kriterlerin önem seviyesinin belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur.

KRİTER	Okula olan uzaklık	Ana yola uzaklık	Bisiklet sayısı	Güvenlik	Tranvay Duragına uzaklık	Güneş Etilerliliği	AVM ye uzaklık	Sebekeye Uzaklık	Mutlus(Otobus duragının kullanımı yoğunluğu)	Yatırım Maliyet
Okula olan uzaklık		4	1/3	1/4	1/2	1/4	3	1/4	2	1/5
Ana yola uzaklık			1/5	1/9	1/4	1/4	1/2	1/6	1/3	1/8
Bisiklet sayısı				1/5	2	1/3	4	1/2	3	1/3
Güvenlik					6	3	9	4	4	2
Tranvay Duragına uzaklık						1/4	3	1/3	3	1/4
Güneş Etilerliliği							6	2	5	1/2
AVM ye uzaklık								1/5	1/2	1/4
Sebekeye Uzaklık									4	1/3
Mutlus(Otobus duragının kullanımı yoğunluğu)										1/6
Yatırım Maliyet										

Her karşılaştırma için ikili önem ağırlıkları aşağıdaki gibi olmalıdır.

Sütunun, satıra göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)



1/9

1/7

1/5

1/3

1

3

5

7

9

Eşit



Satırın, sütuna göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)

Önem Dereceleri

- 1 Eşit Önem
- 3 1. Faktörün 2. den biraz daha önemli olması durumu
- 5 1. Faktörün 2. den çok önemli olması durumu
- 7 1. Faktörün 2. den çok güçlü önemli olması durumu
- 9 1. Faktörün 2. ye kıyasla mutlak üstünlüğünü belirten durum

2, 4, 6, 8, Ara değerler

Yazır mahallesinde Elektrikli scooter şarj istasyonları için en iyi lokasyonun belirlenmesi amaçlanmaktadır.
Aşağıdaki tablo, elde edilen kriterlerin önem seviyesinin belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur.

KRİTER	Okula olan uzaklık	Ana yola uzaklık	Bisiklet sayısı	Güvenlik	Tranvay Duragına uzaklık	Güneş Elverişliliği	AVM ye uzaklık	Sebekeye Uzaklık	Mutlus(Otobüs duragının kullanımı)	Yatırım Maliyet
Okula olan uzaklık		1/4	1/3	2/4	2	4/2	3	4	3	1/6
Ana yola uzaklık			3	2	5	4	7	8	6	1/2
Bisiklet sayısı				1/2	3	2	5	6	4	1/4
Güvenlik					4	3	6	7	5	1/3
Tranvay Duragına uzaklık						1/3	3	3	2	1/7
Güneş Elverişliliği							4	5	3	1/4
AVM ye uzaklık								2	1/2	1/9
Sebekeye Uzaklık									1/4	
Mutlus(Otobüs duragının kullanımı)									1/4	
Yatırım Maliyet										1/8

Her karşılaştırma için ikili önem ağırlıklar aşağıdaki gibi olmalıdır.

Sütunun, satıra göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)

Satırın, sütuna göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)



Önem Dereceleri

Değer Tanımları

1

Eşit Önem

3

1. Faktörün 2.'den biraz daha önemli olması durumu

5

1. Faktörün 2.'den çok önemli olması durumu

7

1. Faktörün 2.'den çok daha güçlü önemli olması durumu

9

1. Faktörün 2.'ye kıyasla mutlak üstünlüğünü belirten durum

2,4,6,8,Ara değerler

Yazır mahallesinde Elektrikli scooter şarj istasyonları için en iyi lokasyonun belirlenmesi amaçlanmaktadır.
Aşağıdaki tablo, ede edilen kriterlerin önem seviyesinin belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur.

KRITER	Okula olan uzaklık	Ana yola uzaklık	Bisiklet sayısı	Güvenlik	Tranvay Duragına uzaklık	Güneş Elverişliliği	AVM ye uzaklık	Şebekeye Uzaklık	Nüfus(Otobüs duragının kullanımı yoğunluğu)	Yatırım Maliyet
Okula olan uzaklık		1/2	1/3	2	5	4	4	7	6	3
Ana yola uzaklık			1/2	3	6	5	4	8	7	4
Bisiklet sayısı				4	8	2	6	9	9	5
Güvenlik					4	3	3	6	5	2
Tranvay Duragına uzaklık						1/2	1/3	3	2	1/4
Güneş Elverişliliği							1/2	4	3	1/3
AVM ye uzaklık								4	4	1/2
Şebekeye Uzaklık									1/2	1/5
Nüfus(Otobüs duragının kullanımı yoğunluğu)										1/4
Yatırım Maliyet										

Her karşılaştırma için ikili önem ağırlıkları aşağıdaki gibi olmalıdır.

Sütunun, satıra göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)

Satırın, sütuna göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
				Eşit				

Önem Dereceleri

Değer Tanımları
Eşit Önem

- 1 1. Faktörün 2.'den biraz daha önemli olması durumu
- 3 1. Faktörün 2.'den çok önemli olması durumu
- 5 1. Faktörün 2.'den çok daha güçlü önemli olması durumu
- 7 1. Faktörün 2.'ye kıyasla mutlak üstünlüğünü belirten durum
- 9

2,4,6,8,Ara değerler

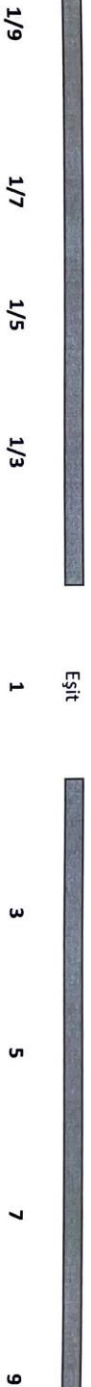
Yazır mahallesinde Elektrikli scooter şarj istasyonları için en iyi lokasyonun belirlenmesi amaçlanmaktadır.
Aşağıdaki tablo, elde edilen kriterlerin önem seviyesinin belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur.

KRİTER	Okula olan uzaklık	Ana yola uzaklık	Bisiklet sayısı	Güvenlik	Tranvay Durakına uzaklık	Güneş Elverişliliği	AVM ye uzaklık	Şebekeye Uzaklık	Nutuş(Otobüs duraklarının kullanımı yoğunluğu)	Yatırım Maliyet
Okula olan uzaklık		3	1/5	1/5	1/3	3	2	5	1/3	4
Ana yola uzaklık			1/7	1/6	1/4	2	1/3	3	1/3	3
Bisiklet sayısı				2	3	7	5	9	3	9
Güvenlik					2	6	4	8	3	7
Tranvay Durakına uzaklık						5	4	7	2	6
Güneş Elverişliliği							1/3	3	1/4	2
AVM ye uzaklık								4	1/3	3
Şebekeye Uzaklık									1/6	1/2
Nutuş(Otobüs duraklarının kullanımı yoğunluğu)										5
Yatırım Maliyet										

Her karşılaştırma için ikili önem ağırlıkları aşağıdaki gibi olmalıdır.

Sütunun, satıra göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)

Satırın, sütuna göre daha önemli olduğu durumlar.
(Ok yönünde artacak şekilde)



Önem Dereceleri

Değer Tanımları

- 1 Eşit Önem
- 3 1. Faktörün 2.'den biraz daha önemli olması durumu
- 5 1. Faktörün 2.'den çok önemli olması durumu
- 7 1. Faktörün 2.'den çok daha güçlü önemli olması durumu
- 9 1. Faktörün 2.'ye kıyasla mutlak üstünlüğünü belirten durum

2,4,6,8,Ara değerler