

**ALGILAYICI TÜRLERİNİN GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNDE ETKİNLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba GÜRSOY

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet YÖNETKEN

YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2020

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ALGILAYICI TÜRLERİNİN GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNDE
ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Tuğba GÜR SOY

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet YÖNETKEN

YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2020

TEZ ONAY SAYFASI

Tuğba GÜRSOY tarafından hazırlanan “Algılayıcı Türlerinin Güneş Takip Sisteminde Etkinliğinin Araştırılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 16/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektrik Mühendisliği–Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğretim Üyesi Ahmet YÖNETKEN

Başkan : Dr. Öğretim Üyesi Said Mahmut ÇINAR
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Ahmet BİÇER
Burdur M. Akif Ersoy Üniversitesi Gölhisar Sağ. Hiz. MYO

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Ahmet YÖNETKEN
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

16 / 07 / 2020

Tuğba GÜR SOY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ALGILAYICI TÜRLERİNİN GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNDE ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Tuğba GÜR SOY

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet YÖNETKEN

Teknolojinin gelişmesiyle enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Fosil yakıtların sınırlı olması alternatif enerji kaynakları aramaya teşvik etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artan enerji talebini karşılamada önemli bir yere sahiptir. Güneş enerji teknolojileri günümüzde sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Güneş enerjisinden yüksek verimlilikle güç elde etmede güneş takip sistemleri gündeme gelmektedir.

Bu çalışmada çift eksenli tasarlanmış üç güneş takip sisteminde aynı özellikte yerleştirilen panellerin üzerinde üç farklı algılayıcının performansları karşılaştırılmıştır. Sistemin sabit ve hareketli konumda belirli aralıklarla gerilim ve akım değerleri ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre güneş panellerinin sabit ve hareketli konumda toplam üretimleri karşılaştırıldığında hareketli konumda sabit konuma göre; LilyPad Işık Sensörlü sistemde %36,68 oranında, SMD Sensörlü sistemde %38,42 ve LDR'li sistemde %43,58 oranında artış görülmüştür.

2020, x + 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, Güneş takip sistemleri, Algılayıcılar

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE ACTIVITIES OF SENSOR TYPES IN SOLAR TRACKING SYSTEM

Tuğba GÜRSOY

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Renewable Energy Systems

Supervisor: Asst. Prof. Ahmet YÖNETKEN

The development of technology, the demand for energy is increasing day by day. Limited fossil fuels encourage seeking alternative energy sources. The use of renewable energy sources has an important place to meet increased energy demand. Solar energy technologies are frequently used today. Solar tracking systems are on the agenda in achieving power with high efficiency from solar energy.

In this study, the performances of three different sensors on the panels placed in the same feature in three solar tracking systems designed with biaxials were compared. The voltage and current values of the system were measured in fixed and mobile positions at regular intervals. According to the data obtained, when the total productions of solar panels in fixed and mobile mode are compared; There was an increase of 36.68% in the LilyPad Light Sensor system, 38.42% in the SMD Sensor system, and 43.58% in the LDR system.

2020, x + 63 pages

Keywords: Renewable energy, Solar tracking systems, Sensors

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolay tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet YÖNETKEN 'e, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen ve her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını grdğim hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolay aileme teşekkür ederim.

Tuğba GÜRSOY
Afyonkarahisar 2020

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Yenilenebilir Enerji.....	8
2.2 Güneş Enerjisi.....	12
2.3 Güneş Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi	12
2.4 Güneş Enerji Üretiminin Tahmini	14
3. MATERYAL ve METOT	17
3.1 Güneş Takip Sisteminin Bileşenleri	17
3.1.1 Güneş Paneli	17
3.1.2 Güneş Panellerini Taşıyan Platform	18
3.1.3 Servo Motor	19
3.1.4 Arduino	20
3.1.5 Algılayıcılar.....	21
3.1.6 Ölçme Donanımları.....	23
3.2 Güneş Takip Sisteminin Kurulumu	25
3.2.1 Mekanik Aksamının Montajı	25
3.2.2 Kontrol Sisteminin Montajı	30
3.2.3 Ölçüm Sisteminin Montajı	33
3.2.4 Sistemden Veri Alımına Başlanması	35
3.3 Enerji Üretim Tahmini.....	37
4. BULGULAR	38
4.1 Sabit Düzenegın Üretim Değerleri	39
4.2 Hareketli Düzenegın Üretim Değerleri.....	44
4.2.1 LilyPad Işıık Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri.....	44

4.2.2 SMD Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri.....	46
4.2.3 LDR'li Sistemin Üretim Değerleri.....	48
4.3 Sabit ve Hareketli Düzeneklerin Üretim Değerleri.....	50
4.3.1 LilyPad Işık Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri.....	50
4.3.2 SMD Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri.....	51
4.3.3 LDR'li Sistemin Üretim Değerleri.....	52
4.4 Yapay Sinir Ağlarıyla Kısa Vadede Üretim Tahmini.....	53
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	54
6. KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat derece
A	Amper
mA	Mili Amper
V	Volt
kΩ	Kiloohm
GWh	Gigawatt saat
MW	Megawatt saat
mm	Milimetre

Kısaltmalar

ANFIS	Uyarlamalı Ağ Bulanık Çıkarım Sistemi
DC	Doğru Akım
IOT	Nesnelerin İnterneti
LDR	Işığa Bağımlı Direnç
MPPT	Maksimum Güç Noktası İzleyici
PV	Fotovoltaik
SARIMA	Mevsimsel Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
SMD	Yüzeye Monte Edilebilen Eleman
YSA	Yapay Sinir Ağı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Yıllara göre enerji tüketiminde dışa bağımlılık oranları	8
Şekil 2.2 Yıllara göre kurulu santral güçleri	10
Şekil 2.3 2019 yılı elektrik üretiminin enerji kaynaklarına göre yüzdelik dağılımı.....	10
Şekil 2.4 Toplam üretimin karşılaştırılması	11
Şekil 2.5 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası	13
Şekil 3.1 Güneş panelini taşıyan platform	18
Şekil 3.2 Servo motorun bağlantı çıkışları	20
Şekil 3.3 LDR'nin elektriksel özellikleri	22
Şekil 3.4 SMD'lerin teknik özellikleri	22
Şekil 3.5 LilyPad Işık Sensörü'nün teknik özellikleri	23
Şekil 3.6 Akım sensörünün pin diyagramı	24
Şekil 3.7 Sd kart pin diyagramı	24
Şekil 3.8 Tasarlanan deney düzeneği	25
Şekil 3.9 SMD'nin bağlantı şeması.....	31
Şekil 3.10 LilyPad Işık Sensörü'nün bağlantı şeması	32
Şekil 3.11 Temel nöron yapısı.....	37
Şekil 4.1 Güneş takip sisteminin blok diyagramı.....	38
Şekil 4.2 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 22.08.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.....	39
Şekil 4.3 SMD Sensörlü sistemin 22.08.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri...40	40
Şekil 4.4 LDR'li sistemin 22.08.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.....40	40
Şekil 4.5 22.08.2019 tarihindeki ışınım verileri.....41	41
Şekil 4.6 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.....42	42
Şekil 4.7 SMD Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.....42	42
Şekil 4.8 LDR'li sistemin 3 haftalık üretim değerleri.....43	43
Şekil 4.9 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 15.09.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.....44	44
Şekil 4.10 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.....45	45
Şekil 4.11 SMD Sensörlü sistemin 15.09.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri..46	46
Şekil 4.12 SMD Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.....47	47
Şekil 4.13 LDR'li sistemin 15.09.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.....48	48
Şekil 4.14 LDR'li sistemin 3 haftalık üretim değerleri.....49	49

Şekil 4.15 LilyPad Işık Sensörlü sistemin hareketli ve sabit konumdaki enerji üretimi.....	50
Şekil 4.16 SMD Sensörlü sistemin hareketli ve sabit konumdaki enerji üretimi.....	51
Şekil 4.17 LDR’li sistemin hareketli ve sabit konumdaki enerji üretimi.....	52
Şekil 4.18 Tahmin sisteminin hata değerleri.....	53
Şekil 4.19 LilyPad Işık Sensörüne ait ölçülmüş verilerin ve test çıktılarının aynı grafik üzerinde görünümü.....	54
Şekil 5.1 Üretim değerlerinin karşılaştırılması.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Güneş panelinin teknik özellikleri	17
Çizelge 3.2 Servo motorun teknik özellikleri.....	19
Çizelge 3.3 Arduino teknik özellikleri	21

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 Sistemde kullanılan güneş panelinin görüntüsü.....	17
Resim 3.2 Sistemde kullanılan servo motor.....	19
Resim 3.3 Sistemde kullanılan algılayıcılar	21
Resim 3.4 Panelin ahşap iç çerçeveye montajı	27
Resim 3.5 Panelin çelik iç çerçeveye montajı.....	27
Resim 3.6 Sistemde kullanılan birleştirme elemanları.....	28
Resim 3.7 Panelin ahşap çerçeveye montajı	29
Resim 3.8 Panelin çelik çerçeveye montajı.....	29
Resim 3.9 Servo motorların montajı	30
Resim 3.10 Kontrol sistemi bağlantı şeması	32
Resim 3.11 Servo motor kontrolü kod satırı	33
Resim 3.12 Ölçüm sistemi bağlantı şeması	34
Resim 3.13 Ölçüm sistemi kod satırı	34
Resim 3.14 Çelik sistemlerin görüntüsü	35
Resim 3.15 Deney düzeneklerinin görüntüsü	36

1. GİRİŞ

Nüfusun hızla çoğalması ve teknolojinin gelişmesiyle enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Artan enerji talebinin büyük bir çoğunluğu yenilenemez enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının sınırlı olması ve çevresel etkilerinin bulunması alternatif enerji kaynakları aramayı zorunlu hale getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırsız ve çevre dostu olması artan enerji talebinin karşılanmasında önemli bir yere sahiptir. Zamanla elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payının artırılması amaçlanmaktadır. Bu sayede gün geçtikçe azalan fosil yakıt rezervlerinin tükenmesini önlemekte ve çevreye salınan zararlı gazların salınımının önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, dalga enerjisi ve hidrojen enerjisi gibi çeşitleri mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım durumu bölgesel olarak değişkenlik göstermektedir. Her bölgenin konumuna bağlı olarak enerji potansiyelleri farklıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ilk yatırım maliyeti yüksektir. Geri ödeme süresinin makul seviyede olabilmesi için iyi bir fizibilite çalışması gerekmektedir. Devletin teşvik politikalarının olması yenilenebilir enerji alanında yatırımları cazip hale getirmektedir. İlk yatırım maliyeti, geri ödeme süresi ve sistemin uzun vadede işleyişinin giderleri göz önünde bulundurulduğunda diğer enerji kaynaklarına nazaran güneş enerji sistemleri konusunda yoğunlaşmıştır. Türkiye konum olarak güneş potansiyeli yüksek bir bölgededir. Son yıllarda devletin teşvik politikalarıyla birlikte enerji üretiminde güneş enerji santrallerinin payı artmaktadır.

Güneş belirli periyotlarda ısı ve ışık veren bir kaynaktır. Her saatte görülen ışınım şiddeti aynı değildir. Her bölgede güneşlenme saatleri farklıdır. Enerjinin daimi ve sabit şiddette olmayışı enerji üretimini azaltmaktadır. Üretilen enerjiyi depolama olanağı maliyet açısından mümkün olmamaktadır. Depolama teknolojileri yüksek güçteki santrallerde uzun vadede uygulanabilir olsa da düşük güçteki santrallerde sistemin geri ödeme süresini arttıracak seviyededir. Bu yüzden anlık olarak güneş enerji santrallerinden maksimum fayda sağlanmalıdır. Güneş panellerinin yapısı, gölge oluşumu, kirlilik faktörü, zamanla

oluşan arızalar ve malzemedeki deformasyon bu sistemlerin verimini düşürmektedir. Bu hususlar dikkate alındığında güneş enerji santrallerinden maksimum güç çıktısı elde etmek zorlaşmaktadır.

Güneş enerjisinden düşük maliyetli teknolojilerle yüksek verimlilikle enerji üretmek önemlidir. Yüksek enerji çıktıları için güneş takip sistemleri kullanılmaktadır. Güneş takip sistemleri sabit sistemlere göre daha yüksek enerji çıktısına sahiptir. Bu çalışmada çift eksenli güneş takip sisteminde algılayıcıların verimliliği karşılaştırılmıştır. Deneş için üç adet çift eksenli güneş takip sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan her sisteme aynı özellikte 100 W gücünde güneş panelleri monte edilmiştir. Sistemin sabit konumda 12 Ağustos 2019 – 01 Eylül 2019 tarihleri arasında belirli aralıklarla akım ve gerilim değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra üç farklı değerlere sahip algılayıcılar monte edilmiştir. Üç ayrı sistem aynı koşullarda çalıştırılmış ve hareketli sistemin 02 Eylül - 22 Eylül 2019 Tarihleri arasındaki akım ve gerilim değerleri kaydedilmiştir. Sabit ve hareketli konumdaki değerler yapay sinir ağları ile bir tahmin yapılmıştır. Elde edilen verilere göre algılayıcıların verimlilikleri kıyaslanmıştır. Çalışmada güneş panellerinin sabit ve hareketli konumda toplam üretimleri karşılaştırıldığında hareketli konumda sabit konuma göre; LilyPad Işık Sensörlü sistemde %36,68 oranında, SMD Sensörlü sistemde %38,42 ve LDR'li sistemde %43,58 oranında artış görülmüştür.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Güneş enerjisi temiz ve sonsuz bir kaynaktır. Artan enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir yere sahiptir. Güneş enerjisinin ışınım şiddetinin sürekli ve aynı değerde olmaması bu sistemlerden maksimum verimle enerji üretimini mümkün kılmamaktadır. Enerjinin belli aralıklarda farklı değerlere sahip olması sistemden anlık olarak yüksek verimlilikle enerji üretimi sağlamayı gerektirir.

Güneş ışınlarının geliş açısı her saat aralığında değişkenlik göstermektedir. Güneş ışını panel yüzeyine dik açıda geldiği konumda sistem en yüksek verimlilikle çalışmaktadır. Güneş ışınlarını her konumda dik açıda alabilmek için güneş takip sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler sabit sistemlerden farklı olarak hareketli bir yapıya sahiptir. Bu sayede güneş ışınlarının geliş açısına doğru yönelerek sistemin maksimum verimlilikle üretim yapmasına olanak sağlamaktadır. Sistemin yüksek verimlilik sağlamasına karşın hareket mekanizması ve güneş ışığı algılama donanımları ekstra bir maliyet ortaya çıkarmaktadır. Güneş takip sistemlerinin konumlandırılması detaylı bir fizibilite çalışması gerektirmektedir. Güneş takip sistemlerinin konumlandırılmasının iyi yapılamaması bu sistemlerden alınan verimin düşmesine sebebiyet verebilmektedir. Güneş takip sistemlerinden yüksek verimlilikle enerji üretimi için pek çok çalışma yapılmaktadır. Aşağıda bu tür çalışmalara örnek verilebilir:

Away and Ikhsan (2017), çift eksenli güneş takip sistemleri için yeni bir güneş ışığı algılama sensörü önermiştir. Sensörde dört yüzlü şekil üstüne üç adet LDR (Işığa Bağımlı Direnç) yerleştirilmiştir. Sistemde maksimum görüş alanı sağlanarak hataları en aza indirmek amaçlanmıştır. Geliştirilen sensör başarılı sonuçlar vermiştir.

Makhija vd. (2017), çalışmalarında otomatik bir çift eksenli güneş takip cihazı tasarımı yapmışlardır. Güneş takip devresinde arduino, dört adet LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ve iki adet servo motor kullanılmıştır. Sistem çıktısının verimliliği, 20 derecelik bir açıyla eğimli sabit bir güneş paneli ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar çift eksenli güneş takip sisteminin % 37 daha yüksek voltaja ulaştığını göstermiştir.

Mustafa vd. (2017), hassasiyeti yüksek bir güneş takip sistemi tasarlamışlardır. Bu çalışmada güneş pozisyonunu algılamak için iki aşama kullanılmıştır. Deney sonuçları güneş takip sisteminin verimliliği arttığını göstermiştir.

Mohaimin vd. (2018), çalışmalarında güneş takip sistemlerinin uygulanabilirliği konusunda farklı bir yöntem önermektedir. Tek eksenli takip için iki adet LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ve motor, çift eksenli takip içinse dört adet LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ve iki motor kullanılmaktadır. Her iki sistem için mikrodenetleyici ile akım, gerilim ve güç değerleri okunur. Okunan değerler Proteus simülasyon programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerler % 1.4'lük bir hata payına sahiptir.

Mane vd. (2018), bu çalışmada çift eksenli güneş takip sisteminin simülasyon modelini sunmuşlardır. Çift eksenli güneş takip sisteminin ürettiği güç, deney süresi boyunca sabit güneş panelinden % 26,72 daha fazla olmuştur.

Altayeb vd. (2018), iki eksenli bir güneş takip sistemi tasarlamışlardır. Sistem mikrodenetleyici ile kontrol edilmiştir. Güneş takibini yapabilmek için üç tip güneş izleme yöntemi kullanılmıştır. Veri toplama aşamasında özel bir yazılım kullanarak sistemin bütün çıktıları analiz edilmiştir.

Mustafa vd. (2018), dişli sistemine sahip bir mekanik sistem üzerinde LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ve DC (Doğru Akım) motor kullanarak çift eksenli güneş takip sistemi tasarlamışlardır. Deney sonuçları güneş takip sisteminin verimliliği arttırdığını göstermiştir.

Mohaimin vd. (2018), mikrodenetleyici kullanarak iki eksenli güneş takip sistemi tasarlamışlardır. Sistemden her 10 saniyede bir veri alınmış ve veriler hafıza kartına kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çift eksenli güneş takip sistemi, tek eksenli güneş takip sisteminden % 8 ila % 12 daha fazla güç üretmiştir.

Salih vd. (2019), çalışmalarında MPPT (Maksimum Güç Noktası İzleyici) algoritması kullanarak güneş takip sisteminin üretimini gözlemlemişlerdir. MPPT (Maksimum Güç

Noktası İzleyici) ile takip sisteminin geleneksel sistemlere göre daha yüksek verimlilikle enerji üretimi yaptığı saptanmıştır.

Natarajan vd. (2019), çalışmalarında su kütlelerine kurulabilen çift eksenli bir güneş takip sistemi tasarımı yapılmıştır. Mekanizmada step motor ve aktüatör kullanılmıştır. Tasarımda platform için farklı malzemelerin özellikleri karşılaştırılmıştır. Prototip ahşap malzemedен yapılmış ve tasarımı geliştirilmiştir.

Pattanaik (2019), güneş paneline gelen maksimum güneş ışığını saptamak için bir otomatik kontrol sistemi tasarlamıştır. Güneş takip sisteminde iki adet DC (Doğru Akım) servo motor ve dört adet LDR (Işığa Bağımlı Direnç) kullanmıştır. Akım ve gerilim değerleri arduino mikro denetleyicisi tarafından okunmuştur.

Ammach and Attia (2019), iki eksenli güneş takip sistemi önermişlerdir. Tasarımda iki adet DC (Doğru Akım) motor ile gün içinde otomatik olarak panel konumlandırılmıştır. Güneş panelini güneşin koordinatlarına yönlendirmek için mikrodenetleyici algoritması kullanılmıştır. Mekanizma kullanılmadığı zamanlarda uyku moduna geçmektedir. Bu sayede düşük güç tüketimi sağlanmıştır. Önerilen güneş takip sistemi Cidde, Suudi Arabistan bölgesi için uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Allamehzadeh (2019), çalışmasında güneş enerjisi ve güneş takip sistemleri teknolojileri hakkında inceleme yapmıştır. Araştırma sonucunda güneş takip sistemlerinin sabit sistemlere göre verimlilik açısından daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Awasthi vd. (2020), mevcut güneş paneli sistemlerini ve güneş takip sistemlerini incelemişlerdir. Çift eksenli güneş takip sistemleri üzerinde durmuşlardır. Genel olarak bu sistemlerin tek eksenli ve sabit sistemlere göre daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Zhu vd. (2020), bu çalışmada yeni bir izleme sistemine dayanan tek eksenli bir güneş takip sisteminin tasarımını ve performans analizini sunmuşlardır. Güneşin koordinatları ve güneş radyasyonu tahmin metoduna dayalı bir model önermişlerdir. Modelin

simülasyon sonuçları önerilen sistemin mevcut sistemlere göre avantajlı olduğunu göstermektedir.

Farhan (2020), düşük maliyetli çift eksenli bir güneş takip sistemi tasarlamıştır. Sistemde mekanizmayı konumlandırmak için DC (Doğru Akım) motor ve ışığı algılama için LDR (Işığa Bağımlı Direnç) kullanmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre çift eksenli güneş takip sisteminin diğer sistemlerden daha verimli olduğunu belirlemiştir.

Amelia vd. (2020), panellerin optimum seviyede güneş ışını alması için mevcut güneş takip sistemlerini incelemişlerdir. Mevcut sistemlerin performans analizi yapılmış, avantaj ve dezavantajlarına değinilmiştir. Araştırma sonucunda en verimli sistemin çift eksenli rotasyon ile aktif güneş takip sistemleri olarak belirlenmiştir.

Awad vd. (2020), aurdino kullanarak ekonomik bir güneş takip sistemi geliştirmiştir. Sistemde mekanizma hareketi için servo motor, LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ve ışığa bağlı olarak sistemi konumlandırmak için mikrodenetleyici kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar önerilen sistemin aynı şartlarda sabit bir güneş panelinden % 25 daha verimli olduğunu göstermiştir.

Mohd Said vd. (2020), aurdino kullanarak IOT (Nesnelerin İnterneti) izleme sistemi ile çift eksenli güneş takip sistemi tasarlamışlardır. Sistemde mekanizmayı döndürmek için iki adet servo motor ve güneş ışığı algılama için 4 adet LDR (Işığa Bağımlı Direnç) kullanılmıştır. Wi-fi ESP8266 cihazı kullanılarak cihaz ile izleme sistemi arasında haberleşme sağlanmıştır. Sistem sonuçları elde edilmiş ve tek eksenli güneş takip sistemi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar çift eksenli güneş takip sisteminin güç çıktısının daha fazla olduğunu göstermiştir.

Benaboud (2020), MPPT (Maksimum Güç Noktası İzleyici) teknikleri ile kontrol edilebilen birçift eksenli güneş takip sistem önermiştir. Önerilen prototipte MPPT (Maksimum Güç Noktası İzleyici) tekniklerinin kullanılması panelin güneş ışını maksimum seviyede almasını sağlamıştır.

Smirnov vd. (2020), Chelyabinsk'te bulunan bir panel için tek eksenli güneş takip sisteminin etkinliğini araştırmışlardır. Mayıs-Eylül 2016 döneminde dört adet deney setinden veri almışlardır. Elde edilen veriler sabit panele göre verimliliğin % 33 arttırılabildiğini göstermiştir.

Tiwari vd. (2020), Matlab ortamında iki eksenli bir güneş takip sistemi simülasyonu yapmışlardır. PV (Fotovoltaik) sistemi, kontrol devresi, LDR (Işığa Bağımlı Direnç) sensörü gibi tüm donanımlar simülasyon ortamında geliştirilmiştir. Sistemden farklı günlerde veriler alınmıştır. Modelden alınan verilerle sabit sistemin verileri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar güneş takip sisteminin verimliliği arttığını göstermiştir.

AL-Rousan vd. (2020), ANFIS (Uyarlamalı Ağ Bulanık Çıkarım Sistemi) prensibini kullanarak iki adet akıllı güneş takip kontrol sistemi önermişlerdir. Önerilen modellerde güneş ışınımı maksimum seviyede alarak güneş takip sisteminin performansını arttırmak amaçlanmıştır. Deney sonuçları doğrultusunda önerilen sistemlerin güneş takibi kontrolü için optimum seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Alif Ismail vd. (2020), ayna yansımali bir çift eksenli güneş takip sistemi tasarlamışlardır. Sistemde 10 W güneş paneli, servo motor, LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ve aurdino uno kullanılmıştır. Deneyin sonuçlarına göre tasarlanan sistemin sabit sisteme göre daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

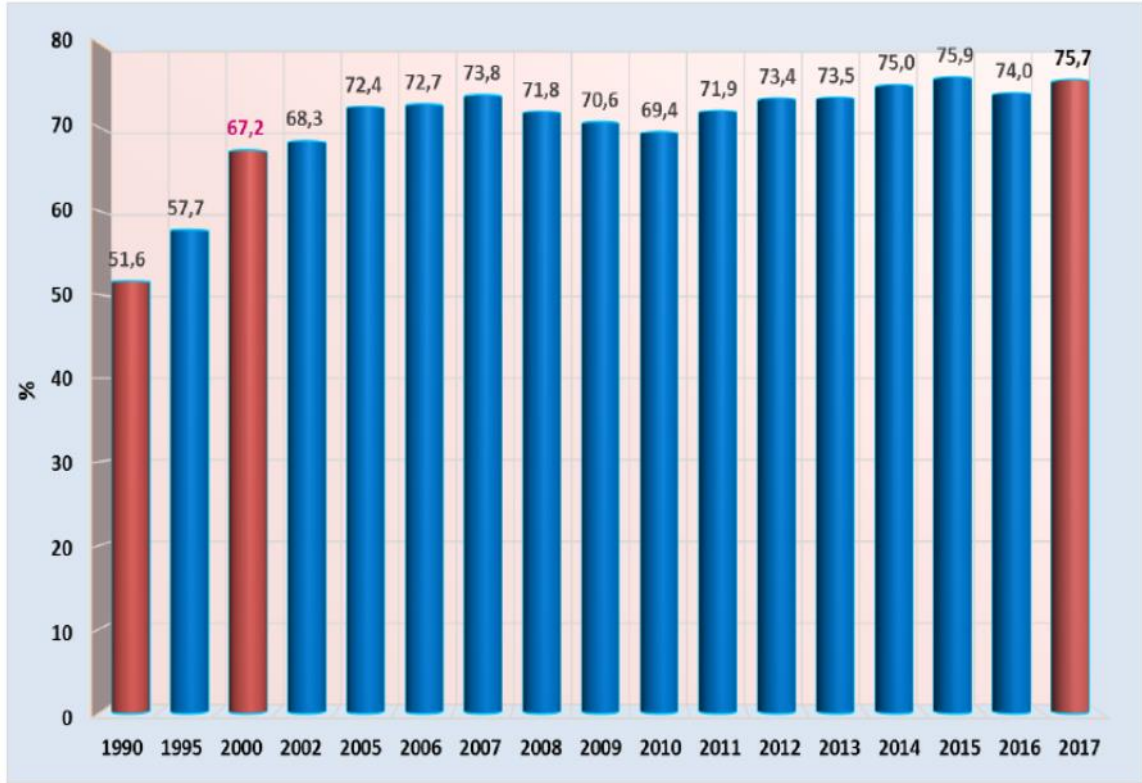
Jamroen vd. (2020), düşük maliyetli bir güneş takip sistemi önermişlerdir. Takip sistemi çift eksenli olup kapalı döngü kontrol etmişlerdir. Sisteme girdi olarak LDR (Işığa Bağımlı Direnç) sensörlerden alınan bilgiler kullanılmıştır. Önerilen takip sistemi sabit PV sistemi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre önerilen sistemin verimliliği ortalama % 44,89 arttırdığı görülmüştür. Tasarlanan sistemin maliyet analizi yapılmıştır.

Güneş takip sistemleri konusuyla alakalı literatürde pek çok çalışma mevcuttur. Yapılan çalışmalar güneş takip sistemlerinin, sabit sistemlere göre yüksek verimlilikle çalıştığını gösterir niteliktedir. Güneş takip sistemlerini geliştirmek için farklı metodolojiler

önerilmektedir. Güneş ışığını maksimum seviyede alabilmek için farklı algoritmalar geliştirilmektedir. Sistemlerde genellikle güneş ışığını algılamak için LDR (Işığa Bağımlı Direnç) kullanılmıştır. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak üç ayrı sistemde üç farklı algılayıcı kullanılarak performans analizi yapılmıştır.

2.1 Yenilenebilir Enerji

Günümüzde sanayileşmenin artması ve teknolojinin ilerlemesiyle enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Artan enerji talebini karşılamak için mevcut kaynaklar yeterli gelmemektedir. Bu durum enerji konusunda dışa bağımlı olmamıza neden olmaktadır. Şekil 2.1’de Türkiye’de enerji tüketiminde dışa bağımlılığın yıllara göre oranları verilmiştir.



Şekil 2.1 Yıllara göre enerji tüketiminde dışa bağımlılık oranları (İnt. Kyn. 1).

Enerji talebinin büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtlarının yenilenemez bir kaynak olması ilerleyen zamanlarda enerji talebini karşılayamayacak hale gelmesine sebep olacaktır. Fosil yakıt rezervlerinin zamanla azaldığı görülmektedir. Yüksek enerji çıktısı elde edilmesine karşın bu kaynakların yeniden oluşumu uzun zaman almaktadır. Mevcut kaynakların tükenmesinin enerji krizlerine yol açabileceği öngörülmektedir.

Fosil yakıtların çevresel etkileri de çok fazladır. Santrallerin elektrik üretiminde atmosfere saldığı zararlı gazlar küresel ısınmayı arttırmaktadır. Aynı zamanda hava kalitesini düşürmektedir. Bu durum sağlık açısından tehlikeli seviyelere gelebilmektedir.

Fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı oluşu ve çevresel etkilerinin zararlı boyuta gelmesi alternatif kaynak arayışına sebep olmuştur. Enerji üretiminde fosil yakıtların payını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynakları gündeme gelmiştir. Yenilenebilir enerjinin temiz ve sınırsız olması enerji talebini karşılamada bir çözüm olarak görülmektedir. Gün geçtikçe yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı artmaktadır.

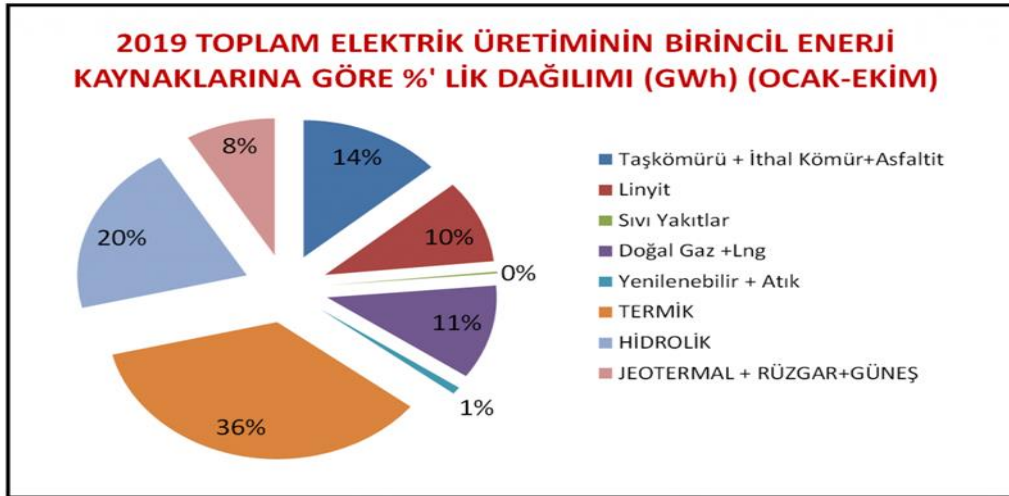
Yenilenebilir enerji güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi gibi birçok doğal kaynaktan elde edilebilmektedir. Elektrik üretiminde kullanılan kaynağın niteliğine göre yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojileri genel olarak maliyeti yüksek sistemlerdir. Kurulacak bölgenin kaynak durumu ve potansiyeline göre uygun üretim tesisi inşa edilmelidir.

Türkiye yenilenebilir enerji potansiyeli açısından zengin bir bölgededir. Özellikle Güneş enerji potansiyeli diğer ülkelere nazaran yüksektir. Devletin teşviki politikaları ile günümüzde inşa edilen yenilenebilir enerji santralleri artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında elektrik üretimini destekleme mekanizmalarıyla yıllara göre kurulu santral gücü Şekil 2.2’de verilmiştir.

Kurulu Güç (MW)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Hidroelektrik	21,0	929,7	246,2	598,2	2116,3	9960,0	11096,3	11706,4	12588,5
Kanal	8,0	916,6	246,2	569,9	2092,1	5557,9	6012,9	6210,7	6269,1
Rezervuar	13,0	13,0	0,0	28,2	24,3	4402,1	5083,4	5495,7	6319,4
Jeotermal	72,4	72,4	140,4	227,8	389,9	599,2	752,1	996,8	1252,7
JeoTermal	72,4	72,4	140,4	227,8	389,9	599,2	752,1	996,8	1252,7
Rüzgar	563,1	685,0	106,5	824,8	2732,1	4319,8	5238,7	6200,0	6495,6
Rüzgar	563,1	685,0	106,5	824,8	2732,1	4319,8	5238,7	6200,0	6495,6
Güneş	0,0	0,0	51,8	0,0	0,0	0,0	12,9	13,9	81,7
Fotovoltaik	0,0	0,0	51,8	0,0	0,0	0,0	12,9	13,9	81,7
Biyokütle	56,6	73,4	101,6	139,7	185,2	203,7	300,0	349,2	503,1
Bitkisel ve Hayvansal Atık	0,0	0,0	1,7	5,4	17,7	23,6	82,9	115,0	203,4
Biyogaz	22,6	0,0	0,5	43,8	59,2	60,0	22,9	24,1	30,8
Çöp Gazı	34,0	73,4	99,4	90,5	108,3	120,0	187,1	197,8	256,0
Lastik Atığı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	12,3	12,8
Genel Toplam	713,1	1760,4	646,6	1790,4	5423,6	15082,7	17399,9	19266,3	20921,5

Şekil 2.2 Yıllara göre kurulu santral güçleri (İnt. Kyn. 1).

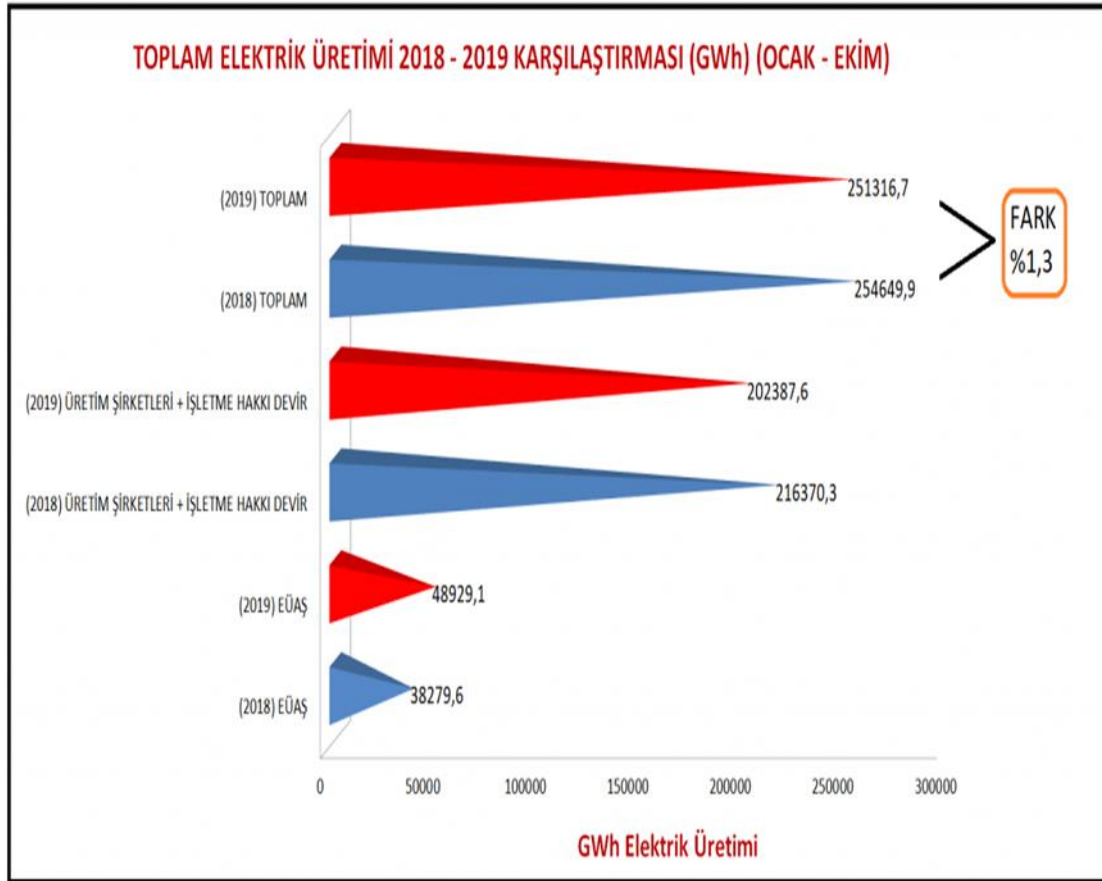
Türkiye’de kullanılan enerjinin çoğu birincil enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Elektrik üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre yüzdelik dağılımı Şekil 2.3’te verilmiştir.



Şekil 2.3 2019 yılı elektrik üretiminin enerji kaynaklarına göre yüzdelik dağılımı (İnt. Kyn. 2).

Şekilde görüldüğü üzere elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı fosil yakıtlara nazaran düşüktür. Üretim değerlerine bakıldığında elektrik enerjisi üretiminde en fazla oran termik santrallere sahiptir.

Şekil 2.4'te 2018 – 2019 yılları arasında toplam elektrik üretiminin karşılaştırılması verilmiştir. İki yılın elektrik üretimini kıyaslamasına bakıldığında 2019 yılında üretimin azaldığı görülmektedir. Günümüzde mevcut sistemlerin iyileştirilmesi için yeni teknolojiler kullanılmaktadır. İşletmede olan enerji sistemlerinde güç yönetimi yapılarak sistemden maksimum verimlilikle yararlanılmalıdır.



Şekil 2.4 Toplam üretimin karşılaştırılması (İnt. Kyn. 2).

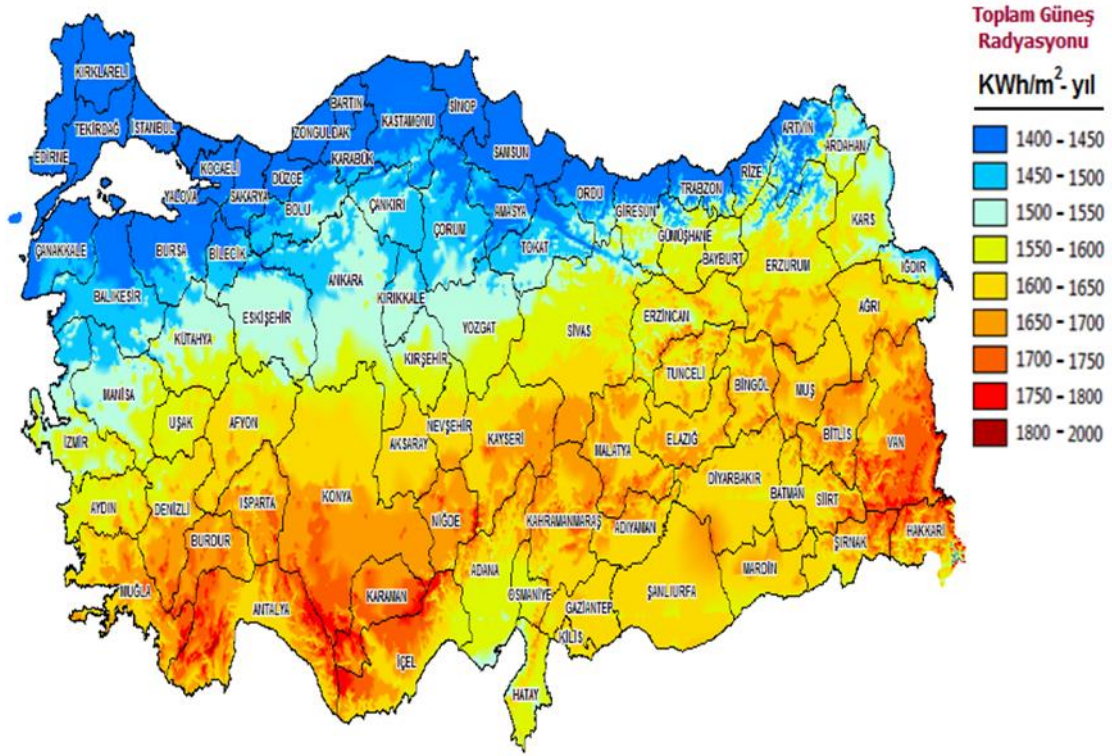
2.2 Güneş Enerjisi

Güneş sonsuz bir enerji kaynağıdır. Belirli aralıklarla ısı ve ışık yaymaktadır. Türkiye konum olarak güneş enerjisi bakımından avantajlı bir konum sahiptir. Güneş enerji potansiyelinin yüksek olması artan enerji talebini karşılamada umut vaat etmektedir. Güneş enerjisinin sürekli olmaması bu sistemlerin anlık olarak maksimum verimlilikle çalıştırılmasını gerektirir.

Güneş enerji sistemlerinde kullanılan panellerin verimleri çok yüksek değildir. Güneş enerji sistemlerden daha yüksek verimlilikle enerji üretmek için güneş enerjisi takip sistemleri gündeme gelmektedir. Güneş enerji sistemleri sabit sistemlere göre daha fazla güç çıktısı üretmektedir.

2.3 Güneş Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi

Güneş enerji potansiyeli bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Türkiye Güneş enerjisi potansiyel atlası Şekil 2.5'te verilmiştir. Güneş enerji potansiyelinin bilinmesi kurulacak olan güneş enerji sistemlerinin üretimini etkilemektedir. Güneş enerji teknolojileri yüksek maliyete sahip olsa da devlet teşvikleri ile bu alandaki yatırımlar artmaktadır. Kurulacak sistemlerden yüksek verimlilikle maksimum değerde elektrik üretimi için bölgesel olarak güneş enerji potansiyeli detaylı bir şekilde analiz edilmelidir.



Şekil 2.5 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (İnt. Kyn. 3).

Güneş enerji potansiyelinin belirlenmesi ile ilgili pek çok çalışma yapılmaktadır. Aşağıda bu tür çalışmalara örnek verilebilir:

Wegertseder vd. (2016), kentsel güneş enerji potansiyeli haritalaması için tümleşik bir model önermiştir. Önerilen model Concepción şehrine uygulanmıştır.

Li and Liu (2017), eğimli çatıların güneş enerji potansiyelinin tahmini için yeni bir model geliştirmişlerdir.

Lau vd. (2017), Tanzania'nın Dar es Salaam kentindeki binaların güneş enerji potansiyellerini araştırmışlardır. Çalışmada dört farklı mahallede çatıların farklı cephelerdeki güneş ışınımını incelemişlerdir.

Peronato vd. (2018), binaların güneş enerji potansiyelini analiz etmek için çok ölçekli yeni bir model geliştirmişlerdir.

Ouria and Sevinç (2018), Kıbrıs'ın Gazimağusa kentinin güneş enerji potansiyelini araştırmışlardır. Enerji potansiyelini hesaplamada iklimsel ve coğrafi bilgiler kullanılmıştır.

Groppi vd. (2018), konutların güneş enerji potansiyelini analiz etmek için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) tabanlı bir yöntem geliştirmiştir.

Ouria M (2019), İran'ın Tebriz şehri için güneş enerji potansiyelini detaylı bir şekilde analiz etmiştir.

Özcan and Ersöz (2019), çalışmalarında Türkiye'nin güneş enerji potansiyelini değerlendirmişlerdir. Uygulama aşamasında belirlenmiş bir saha için fotovoltaik sistem boyutlandırılması yapılmıştır. Pvsyst programı kullanılarak sistemin performansı İstanbul, İzmir ve Ankara şehirleri için karşılaştırılmıştır.

Duman and Güler (2020), Türkiye'deki şebeke tarifesi kapsamında olan şebekeye bağlı bina çatı fotovoltaik sistemlerin analizini yapmışlardır.

Çolak vd. (2020), Türkiye Malatya ilinde bir güneş enerji santralının kurulumu için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisini kullanarak en uygun yeri tespit etmişlerdir.

Zhang vd. (2020), Çin'de güneş enerji potansiyelinin detaylı analizini yapmışlardır.

2.4 Güneş Enerji Üretiminin Tahmini

Güneş enerjisinin ışınım değerleri gün içinde belirli zaman aralıklarında değişkenlik göstermektedir. Işınım değerlerinin farklı şiddette olması güneş enerji sistemlerinin ürettiği enerjinin sabit bir değerde şebekeye entegre edilmesine olanak vermemektedir. Üretilen enerjinin kesikli olması şebekede güç dengesizliğine yol açmaktadır. Bu durum zamanla güç sistemlerinde arızaya sebep olmaktadır. Mevcut sistemlerin ve kurulacak olan güneş enerji sistemlerinin üretiminin tahmini olası problemlerin önüne geçebilmektedir. Güneş enerji üretiminin tahmini ile ilgili pek çok çalışma yapılmaktadır.

Aşağıda bu tür çalışmalara örnek verilebilir:

Dumitru vd. (2016), güneş enerji sistemlerinin üretim tahmini için kullanılan yapay zeka tekniklerinin uygulanabilirliğini araştırmışlardır.

Çevik vd. (2017), Trabzon ili için saatlik güneş ışınımı tahmini için YSA (Yapay Sinir Ağı) modeli tasarlamışlardır. Elde edilen sonuçlar modelin güneş ışınımını düşük hata oranı ile tahmin ettiğini göstermiştir.

Kushwaha and Pindoriya (2017), fotovoltaik sistemlerin üretim tahmini için SARIMA (Mevsimsel Otoresif Entegre Hareketli Ortalama) modeli tasarlamışlardır.

Rodríguez vd. (2018), güneş enerji sistemlerinin güç üretiminin tahmini için YSA (Yapay Sinir Ağı) modeli önermişlerdir. Modelde şebekelerde güç kontrolünün sağlanması amaçlanmıştır.

Kumar vd (2018), güneş ışınımını tahmin etmek için YSA (Yapay Sinir Ağı) tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Elde edilen verilerden önerilen modelin enerji yönetim sistemlerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Basurto vd. (2019), güneş enerji sistemlerinin ürettiği enerjiyi tahmin etmek için hibrit sistem önermişlerdir. Önerilen sistem İspanya'da bulunan bir güneş enerji santraline uygulanmıştır. Sistemden bir yıl boyunca veri alınmıştır. Çalışmada mevcut değerler ve tahmin değerleri analiz edilmiştir.

Yousif vd. (2019), farklı YSA (Yapay Sinir Ağı) teknikleri kullanarak tahmin sistemlerini karşılaştırmışlardır. Farklı konumda olan bölgelerdeki güneş ışınımını tahmin etmek için kullanılan modeller analiz edilmiştir.

Zhang vd. (2019), gün içinde belirli zaman aralıklarını dikkate alarak güneş enerji sistemlerinin güç tahmini için yeni bir model önermişlerdir.

Munir vd. (2019), farklı YSA (Yapay Sinir Ağı) modelleri kullanarak fotovoltaik sistemlerin güç üretim tahmini yapmışlardır. Çalışmada modele girdi olarak meteorolojik parametreler kullanılmıştır. Model farklı parametrelerle oluşturularak birbirleriyle karşılaştırılmıştır. En iyi sonucu veren model belirlenmiştir.

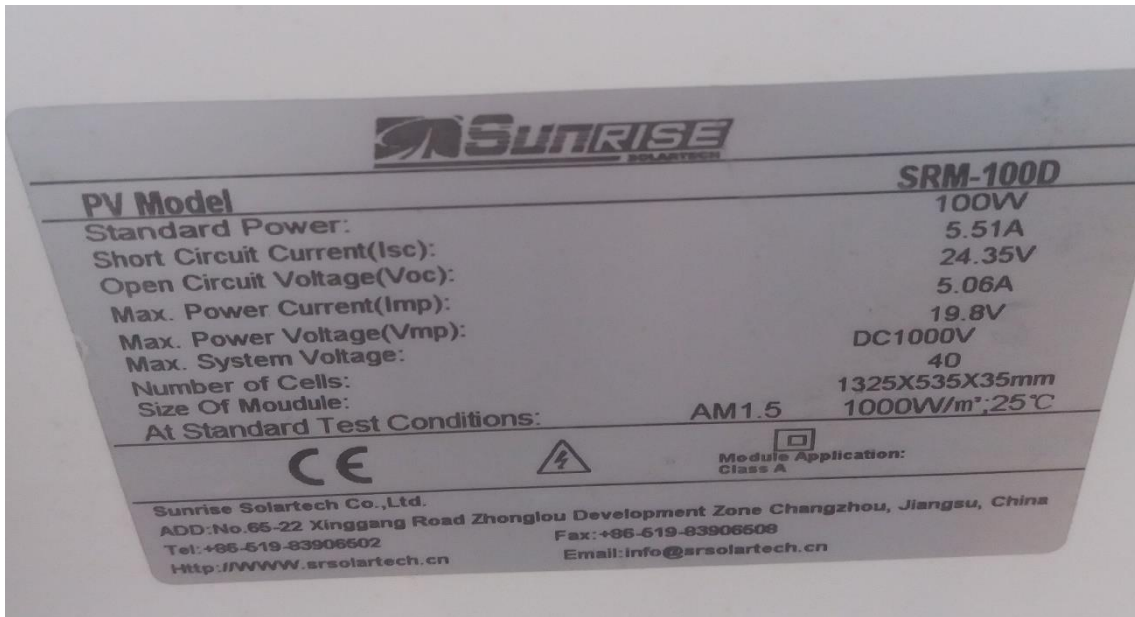
Çolak vd. (2019), günlük toplam güneş ışınımı tahmin etmek için hibrit bir tahmin modeli önermişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Güneş Takip Sisteminin Bileşenleri

3.1.1 Güneş Paneli

Bu araştırmada üç adet monokristal güneş paneli kullanılmıştır. Panelin görüntüsü Resim 3.1’de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan panellerin her biri 100 W gücündedir. Panellerin teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Resim 3.1 Sistemde kullanılan güneş paneli.

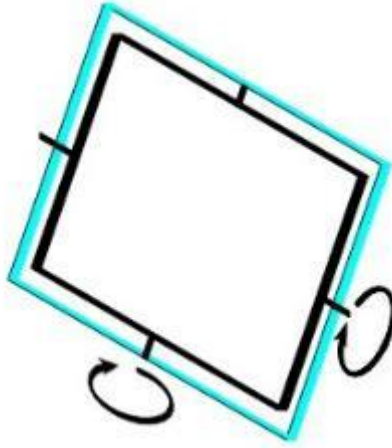
Çizelge 3.1 Güneş panelinin teknik özellikleri.

PV Model	SRM-100D
Standart güç	100 W
Kısa devre akımı (Isc)	5.51 A
Açık devre voltajı (Voc)	24.35 V
Maksimum güç noktası akımı (Imp)	5.06 A
Maksimum güç noktası voltajı (Vmp)	19.8 V
Maksimum sistem voltajı	DC 1000 V
Modül boyutu	1325X535X35 mm

Monokristal güneş panellerinin verimliliği diğer çeşitlere göre yüksektir. Maliyetinin yüksek olmasına karşın güneş enerji potansiyeli düşük bölgelerde enerji üretimi için alternatif olabilmektedir. Bu panellerin kullanım ömrü uzundur. Ancak gölgelenme faktörü panelin verimli çalışmasını olumsuz etkilemektedir. Çalışmada kısa sürede az yüzey alanıyla yüksek güç çıktıları elde etmek için monokristal panel tercih edilmiştir.

3.1.2 Güneş Panellerini Taşıyan Platform

Panellerin ürettiği enerji çıktıları her iki durumda da aynı platform üzerinden alınmıştır. İlk önce platformun hareket etmesini sağlayan kontrol sistemi devre dışı bırakılarak sabit konumda veri alınmıştır. Daha sonra platformun kontrol sistemi devreye alınarak hareketli konum verileri kaydedilmiştir. Takip sistemi için güneş panellerinin ölçülerine uygun ebatlarda düşük maliyetli, ergonomik bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Güneş panelini taşıyan platform.

Tasarlanan platformdan üç adet imal ettirilmiştir. Düzenek ahşap ve çelik olmak üzere iki farklı malzemeden yapılmıştır.

3.1.3 Servo Motor

Güneş takip sistemlerinin mekanik aksamında hareketi sağlamak için motorlar kullanılmaktadır. Diğer motor çeşitlerine göre servo motorlar yapısı itibariyle daha hassas dönüş sağlamaktadır. Çalışmada güneş takip sisteminin hareketini sağlamak için yüksek torklu MG995 servo motor seçilmiştir. Sistemde kullanılan servo motorun görüntüsü Resim 3.2’de gösterilmiştir.



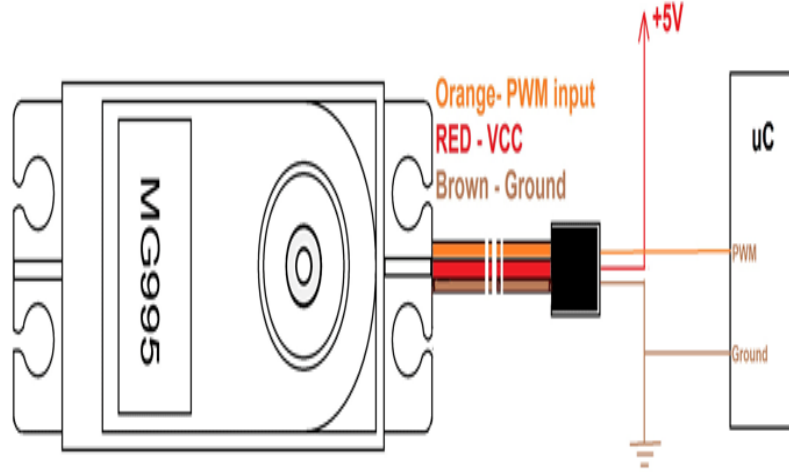
Resim 3.2 Sistemde kullanılan servo motor.

Her sistemde yatay ve dikey ekseninde hareketi sağlamak için ikişer adet olmak üzere toplamda altı adet motor kullanılmıştır. Motorun teknik özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Servo motorun teknik özellikleri (İnt. Kyn. 4).

Model	MG995
Ağırlık	55 g
Boyut:	40.7 × 19.7 × 42.9mm
Çalışma voltajı aralığı	4,8 V - 7,2 V
Durma torku	9.4kg / cm (4.8v); 11kg / cm (6v)
Boşta akım çekişi	10mA
Yüksüz çalışma akımı çekimi	170mA
Maksimum yükte akım	1200mA

Servo motorlarda üç adet bağlantı çıkışı bulunmaktadır. Motorun kullanımı için bağlantı çıkışları Şekil 3.2’de verilmiştir. Bu çıkışlardan kırmızı renk olanı besleme bağlantısını, kahverengi renk ise topraklama bağlantısını göstermektedir. Turuncu renk ise motorun açısını belirlemek için veri bağlantısıdır. Motorun dönüş açısını belirlemek için veri bağlantısından özel kare dalga sinyalleri yollanmaktadır.



Şekil 3.2 Servo motorun bağlantı çıkışları (İnt. Kyn. 4).

3.1.4 Arduino

Arduino elektronik projeleri geliştirmek için kullanılan mikrodenetleyicidir. Kendine ait yazılımı sayesinde projeler için kolayca kodlama yapılabilmektedir. Geniş bir kütüphaneye sahip olan yazılımda içeriğe uyumlu sensörler ve modüller ile elektronik devreler kurulabilmektedir.

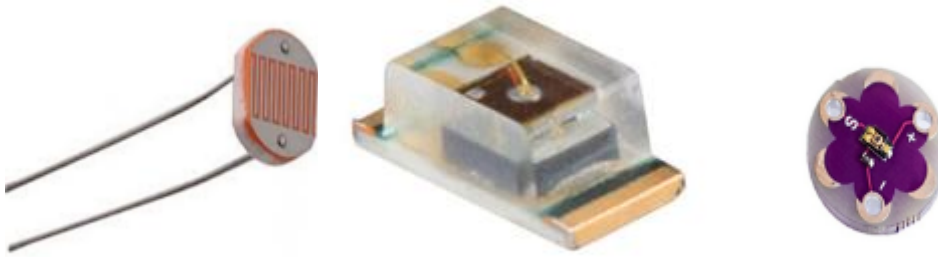
Çalışmada mekanik aksamı hareket ettirmek ve veri alımı aşamasında Arduino Uno R3 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Üç sistem için toplamda altı adet mikrodenetleyici kullanılmıştır. Kullanılan Arduino mikrodenetleyicisinin teknik özellikleri Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Arduino teknik özellikleri (İnt. Kyn. 5).

Model	Arduino Uno R3
Çalışma voltajı	5V
Giriş voltajı	7-12V
Giriş voltajı (limit değerler)	6-20V
PWM Dijital I/O Pinleri	6
Analog Giriş Pinleri	6
I/O Pin Başına DC akım	20 mA
3.3V Pin DC akımı	50 mA

3.1.5 Algılayıcılar

Sistemde güneş ışığına göre güneş takip sistemini yönlendirmek için LDR (Işığa Bağımlı Direnç), ALS-PT19-315C SMD (Yüzeye Monte Edilebilen Eleman) Işık sensörü ve LilyPad Işık Sensörü olmak üzere üç farklı algılayıcı kullanılmıştır. Her sistemde ayrı bir algılayıcı kullanılmıştır. Sistemde kullanılan algılayıcılar Resim 3.3'te gösterilmiştir.



Resim 3.3 Sistemde kullanılan algılayıcılar.

LDR (Işığa Bağımlı Direnç) bir foto dirençtir. Foto dirençler ışık şiddetine bağlı olarak direnci değişen pasif bir sensördür. Bulunduğu devrede değişkenlik gösteren direnç değerleri ile bir çıkış sağlar. LDR'ler sistemde dış ortamdan aldıkları fiziksel bir değişim ile sensör olarak görev yapar. LDR'lerin elektriksel özellikleri Şekil 3.3'te verilmiştir.

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	Ω
	10 lux	-	9	-	$k\Omega$
Dark resistance	-	1.0	-	-	$M\Omega$
Dark capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise time 1	1000 lux	-	2.8	-	ms
	10 lux	-	18	-	ms
Fall time 2	1000 lux	-	48	-	ms
	10 lux	-	120	-	ms

Şekil 3.3 LDR'nin elektriksel özellikleri (İnt. Kyn. 6).

ALS-PT19-315C SMD fototransistör çıkışlı optik sensördür. LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Bu analog ışık sensörü genellikle küçük boyutta projelerde kullanılmaktadır. SMD'nin teknik özellikleri Şekil 3.4'te verilmiştir.

Parameter	Symbol	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	Test Condition
Dark Current	I_{CE0}	---	---	0.1	μA	$V_{CE}=10V, E_v=0Lux$
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	---	---	0.4	V	$I_c=2mA, E_v=1000Lux$
Light Current	I_{PH1}	5	15	---	μA	$V_{CE}=5V, E_v=100LX$
	I_{PH2}	50	150	---	μA	$V_{CE}=5V, E_v=1000LX$
	I_{PH3}	140	520	---	μA	$V_{CE}=5V, E_v=1000LX$
Photocurrent Ratio	I_{PH3}/I_{PH2}	---	3.5	---	---	$V_{CE}=5V, E_v=1000LX$
Saturation Output Voltage	V_0	4.5	4.6	---	V	$V_{CC}=5V, E_v=1000LX$ $R_L=75K$

Şekil 3.4 SMD'lerin teknik özellikleri (İnt. Kyn. 7).

LilyPad Işık Sensörü, yerleşik ve hemen kullanıma hazır bir ALS-PT19 ışık sensörüne sahip, bir sensör kartıdır. Sensör, üzerinde parlayan ortam ışığının seviyesine bağlı olarak 0V ile 5V arasında voltaj üretir. Işık yoğunluğuna göre mikrodenetleyicinin çektiği akım artar. 360 ile 970 spektral algılama aralığına sahiptir. LilyPad Işık Sensörü'nün teknik özellikleri Şekil 3.5'te verilmiştir.

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Collector Emitter Voltage		V_{CE0}	6	V
Emitter Collector Voltage		V_{ECO}	1.5	V
Collector current		I_C	20	mA
Total Power Dissipation	$T_{amb} \leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$	P_{tot}	100	mW
Junction Temperature		T_j	100	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range		T_{amb}	- 40 to + 85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		T_{stg}	- 40 to + 85	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	$t \leq 3 \text{ s}$	T_{sd}	260	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance Junction/ Ambient		R_{thJA}	450	KW

Şekil 3.5 LilyPad Işık Sensörü'nün teknik özellikleri (İnt. Kyn. 8).

3.1.6 Ölçme Donanımları

Panellerin üretilen akım ve gerilim ölçümleri için gerilim bölücü dirençler, LCD Ekran, ACS 712 Akım Sensörü, Arduino mikrodenetleyici ve Arduino Sd Cart Modülü kullanılmıştır. Sistemden üretilen enerji ekrandan görülebilmiş aynı zamanda Sd karta kayıt yapmıştır.

Güneş panellerini gerilimini doğrudan ölçmek Arduinonun zarar görmesine ve çalışmasında bozulmalara neden olabilmektedir. Gerilim ölçümü için gerilim bölücü dirençler üzerinden voltaj ölçümü yapılmıştır.

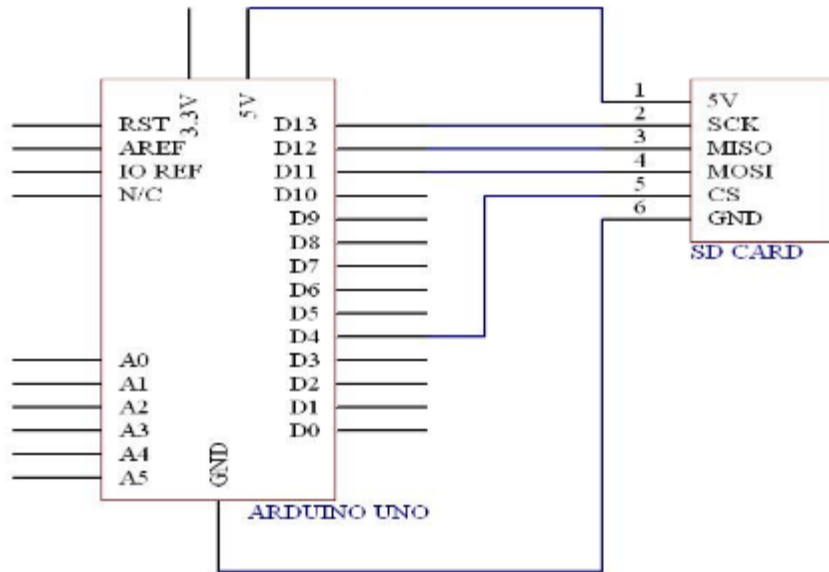
Akım ölçümü için ACS 712 Akım Sensörü kullanılmıştır. ACS712, hall etkisi ile elektrik akımını yüksek hassasiyetle doğrudan ölçebilen bir sensördür. Akım sensörünün pin diyagramı Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6 Akım sensörünün pin diyagramı (İnt. Kyn. 9).

ACS712 akım sensörü üzerinde IP-, IP+ ve Out uçları bulunmaktadır. Yük ve kaynak IP uçlarına bağlanırken Out çıkışına analog değerler aldığı için Arduinonun analog ucuna bağlanmaktadır. Bu çalışmada güneş panelinin ürettiği akımın anlık olarak tespit edilmesinde kullanılmıştır.

Panellerin ürettiği akım ve gerilim değerleri Arduino ile Sd karta 10 dakikalık aralıklarla kayıt edilmiştir. Sd kart modülünün Arduino ile bağlantı şeması Şekil 3.7’de verilmiştir.



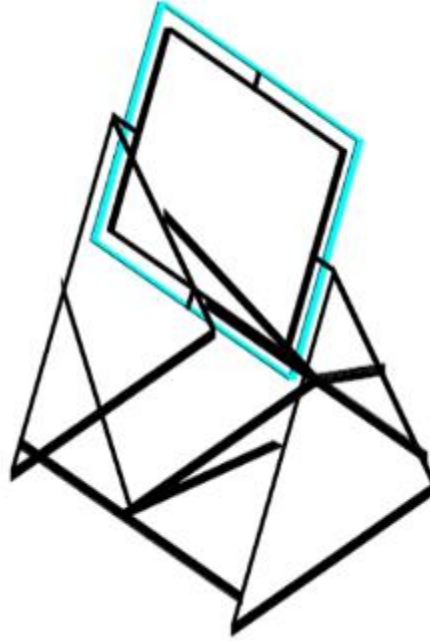
Şekil 3.7 Sd kart pin diyagramı (İnt. Kyn. 10).

Sd kart modülünün bağlanması oldukça kolaydır. 6 pini vardır: 5V pini modül için güç sağlar ve Arduino'daki 5V pine bağlanmaktadır. GND ucu Arduino GND pinine bağlanmalıdır. MISO (Master In Slave Out) , Micro SD Kart Modülünden SPI çıkışı sağlamaktadır. MOSI (Master Out Slave In) , Micro SD Kart Modülüne SPI girişidir. SCK (Seri Saat) pini, Arduino tarafından üretilen, seri haberleşmeyi sağlayan, veri iletimini senkronize eden saat darbelerini kabul eder. CS (Slave Select) pini, Arduino (Master) tarafından SPI veri yolundaki belirli cihazları etkinleştirmek ve devre dışı bırakmak için kullanılır.

3.2 Güneş Takip Sisteminin Kurulumu

3.2.1 Mekanik Aksamının Montajı

Çalışmada üç adet deney düzeneği yaptırılmıştır. Düzeneğin yapımında malzeme olarak ahşap ve çelik raflar kullanılmıştır. Tasarım panelin boyutlarına göre dizayn edilmiştir. Dizayn edilen sistem deneyi yapmaya uygun olmakla beraber düşük maliyetli bir sistemdir. Tasarlanan sistemin çizimi Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8 Tasarlanan deney düzeneği.

Sistemin yapılışında iki farklı malzeme kullanılmıştır. İlk olarak sistem ahşap malzemeden imal edilmiştir. İmal edilen sistemin kullanılabilirliği açısından özellikle kış aylarında çevresel etkilere karşı tepkisi gözlemlenmiştir. Sistemin bulunduğu bölgede konumlandırılması değiştirilmiştir. Ahşap malzemeden yapılan bu sistem köşe geçme tekniği ile vidasız birleştirme olduğundan sistemde değişiklik yapılmasına olanak tanımamaktadır. Bu nedenle diğer iki sistemde çelik raf malzemesi kullanılmıştır. Çelikten yapılan sistemin birleştirilmesi somun ve civata kullanılarak yapılmıştır. Çelikten yapılan bu sistem herhangi bir olumsuzluk karşısında kolay müdahale olanağı sağlamıştır.

Sistem yere sabitlenmesini sağlayan ayaklar ve panellerin monte edildiği çerçeve olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Yere sabitlenmesini sağlayan kısım panelin boyutlarına göre dengede durabilecek ve motora ekstra bir yük bindirmeyecek şekilde hesapları yapılmıştır. Panel boyutunun uzun olması nedeniyle sistemde hareket mekanizmasında yüksek güçlü motor kullanılmamak için sistem yatay ekseninde tasarlanmıştır.

Sistemde iki adet çerçeve bulunmaktadır. Dış çerçeve doğu-batı yönünde hareketi sağlarken, panellerin monte edildiği iç çerçeve kuzey-güney yönündeki dönüşü sağlamaktadır. Çerçevelerin bir tarafında motor bağlantısı bulunurken karşı tarafında ise rulmanlar bulunmaktadır. Bu sayede motor hareketiyle çerçeveler ışık sensörlerinden aldığı bilgiye göre sistemin istenilen yöne çevrilmesini sağlamaktadır. Panellerin iç çerçeveye montajı Resim 3.4'te ve Resim 3.5'te verilmiştir.



Resim 3.4 Panelin ahşap iç çerçeveye montajı.



Resim 3.5 Panelin çelik iç çerçeveye montajı.

Paneller iç çerçeveye civata ve somunlarla sabitlenmiştir. Montaj aşamasında panellere zarar vermeyecek boyutta cıvatalar kullanılmıştır. Sistemde kullanılan bağlantı elemanları Resim 3.6’da gösterilmiştir.



Resim 3.6 Sistemde kullanılan birleştirme elemanları.

Panelleri sabitlenen iç çerçeve sistemdeki dış çerçeveye Resim 3.7’de ve Resim 3.8 ‘de gösterildiği gibi monte edilmiştir.



Resim 3.7 Panelin ahşap çerçeveye montajı.

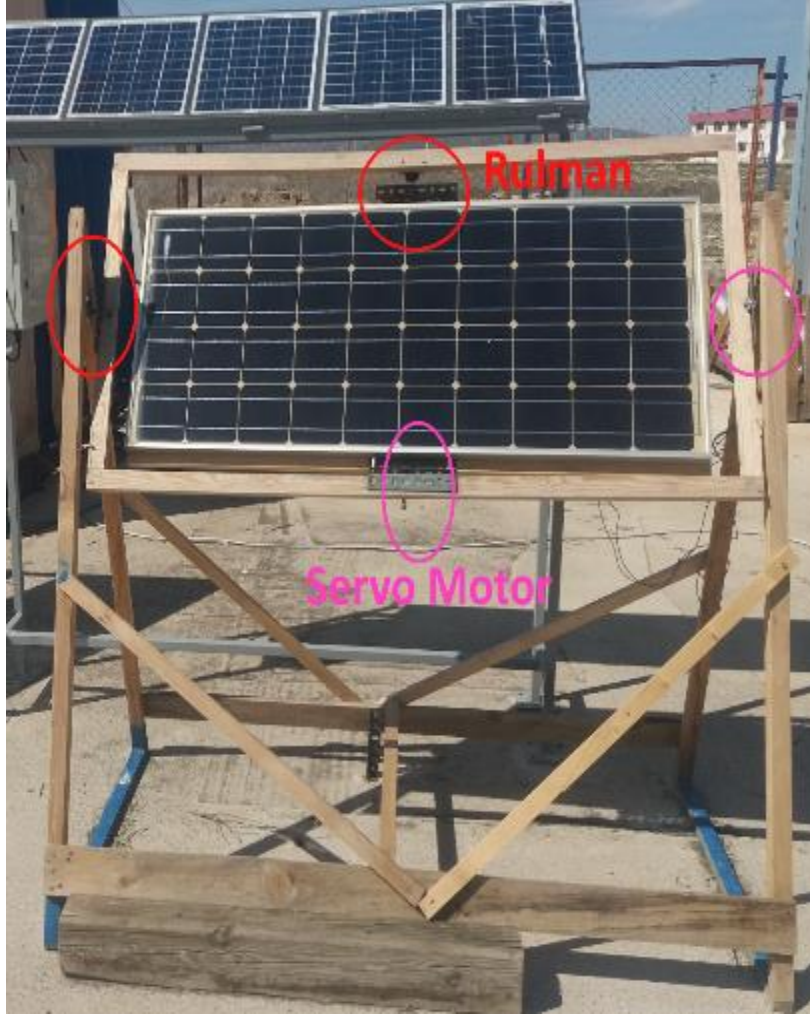


Resim 3.8 Panelin çelik çerçeveye montajı.

Panel montajı yapılan düzeneğin mekanik aksamı tamamlanmıştır. Sistemden çift eksende dönüş için tasarlandığı için çerçeveler arasında dönüşü kısıtlayacak bir ekipman bulunmamaktadır. Sistemden panel montajı yapılmış halde sabit şekilde veri almak için çerçevelerin hareketini kısıtlamak için çelik cıvatalar kullanılmıştır. Sistemden sabit şekilde veri alındıktan sonra hareketi kısıtlayan cıvatalar sökülmüş ve hareketli sistem devreye alınmıştır.

3.2.2 Kontrol Sisteminin Montajı

Güneş takip sisteminde kontrol sistemi ışık sensörlerinden alınan bilgiye göre servo motorun konumlandırılmasıyla gerçekleşmiştir. Düzenekte servo motorların montajı Resim 3.9'da gösterilmiştir.

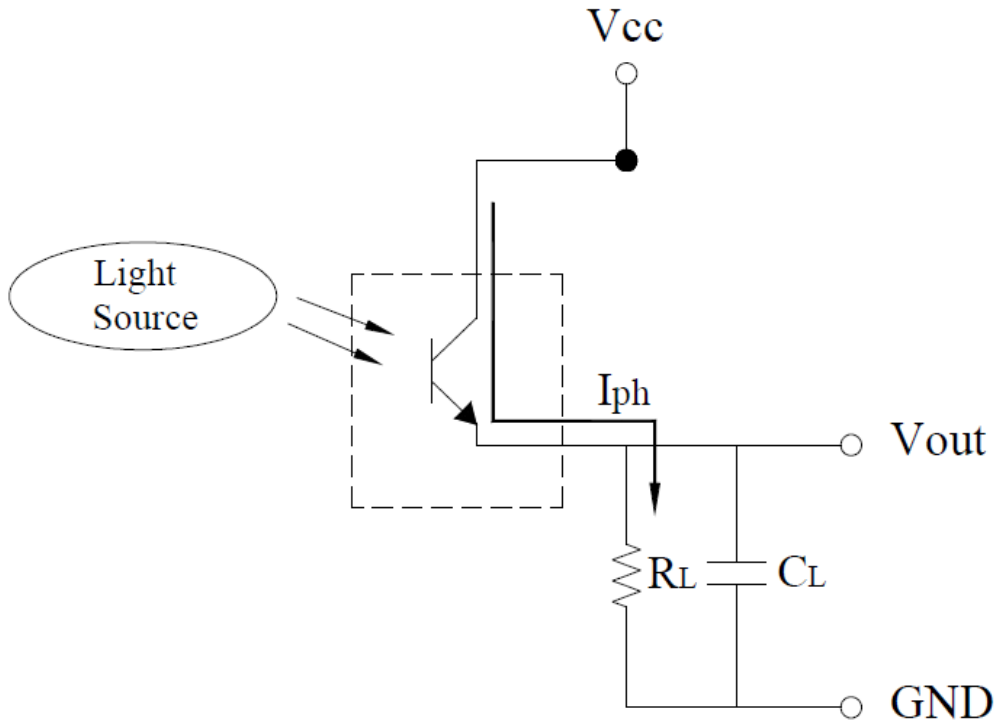


Resim 3.9 Servo motorların montajı.

Her sistemde çift eksenli takip için iki adet servo motor bulunmaktadır. Yapılan sistemde sistemin güneş ışığına göre konumu algılayıcılar tarafından belirlenmiştir. Her sistem için dört adet algılayıcı kullanılmıştır. İki adet algılayıcı dikey eksendeki hareketi sağlarken iki adet algılayıcı ise yatay eksendeki hareketi sağlamaktadır. İki eksen de alınan değerler karşılaştırılır. Çıkan sonuca göre servo motor güneş takip sistemini konumlandırmaktadır.

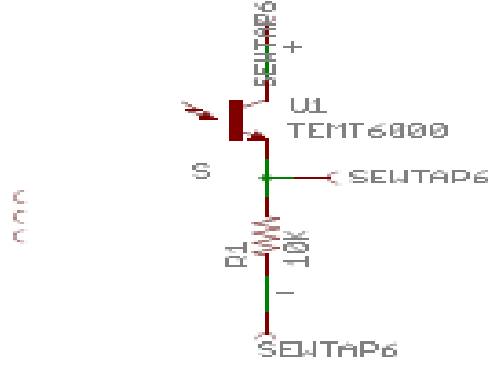
LDR'lerin direnç değeri aydınlıkta azalırken, karanlıkta artmaktadır. Bu farktan dolayı analog bir çıkış verir. Işığı algılamada pasif bir sensör olarak kullanır.

ALS-PT19-315C SMD sensörler üzerine düşen ışığın şiddetine göre direnç değişimi gösterir. Işık yoğunluğuna göre analog çıkış vermektedir. LDR (Işığa Bağımlı Direnç) ile aynı mantıkta çalışmaktadır. SMD'nin bağlantı şeması özellikleri Şekil 3.9'da verilmiştir.



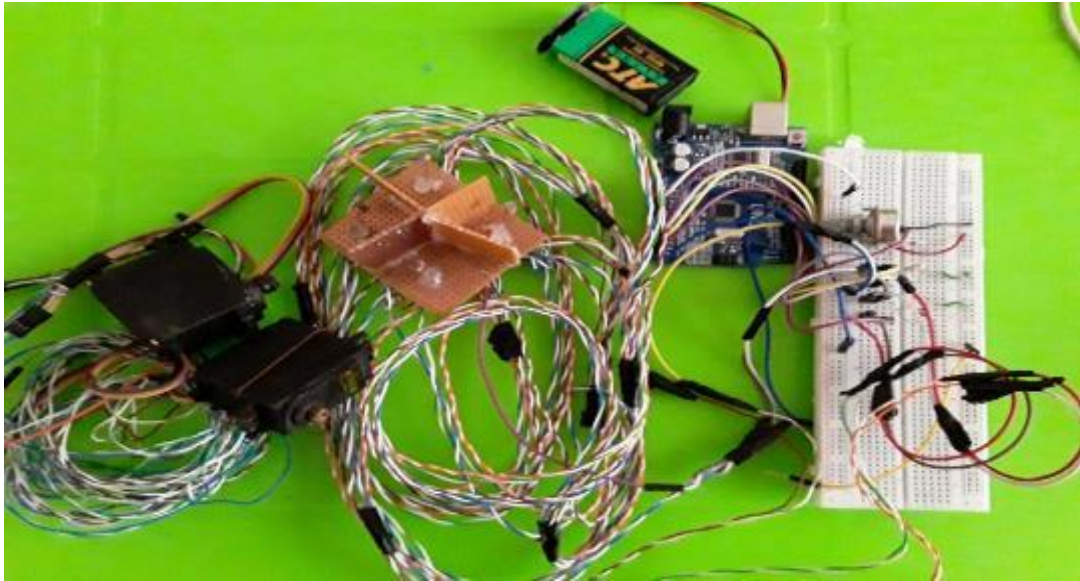
Şekil 3.9 SMD'nin bağlantı şeması (İnt. Kyn. 7).

LilyPad Işıık Sensörü, analog 0-5V arasında çıkış gösteren bir ışık sensörüdür. Gün ışığına maruz kaldığında sensör 5V, sensörün yüzeyine güneş ışığı gelmediğinde 0V çıkış vermektedir. Kapalı alan aydınlatmasında sensör 1-2V arasında değer vermektedir. LilyPad Işıık Sensörünün bağlantı şeması Şekil 3.10 'da verilmiştir.



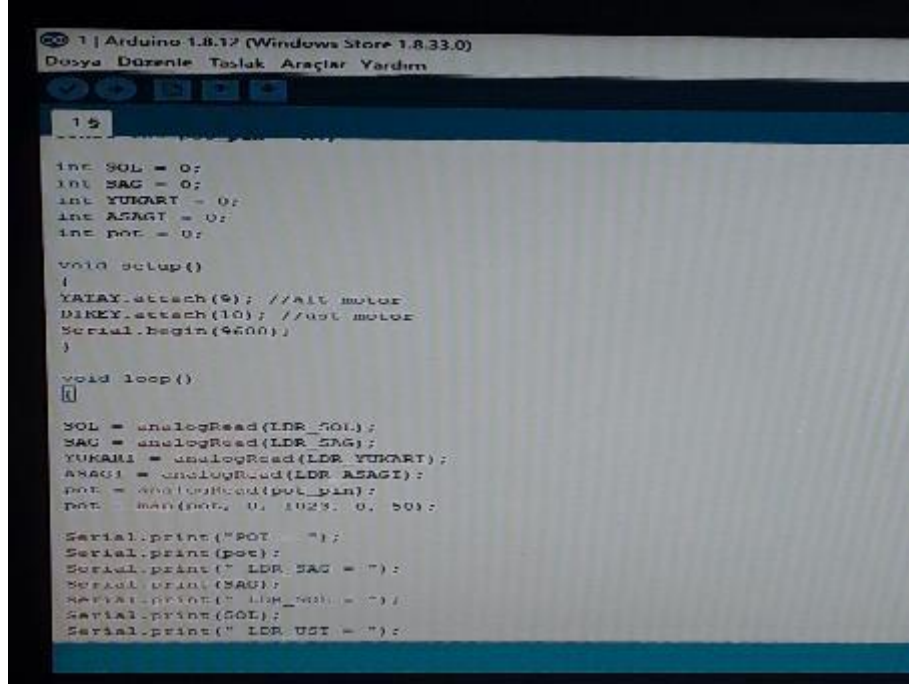
Şekil 3.10 LilyPad Işıık Sensörü'nün bağlantı şeması (İnt. Kyn. 8).

Sistemde kullanılan servo motor Arduino mikrodenetleyicisi kullanılarak programlanmıştır. Servo motorlar sensörlerden aldığı bilgiye göre sistemi konumlandırılmıştır. Kontrol sistemi bağlantı şeması Resim 3.10'da verilmiştir.



Resim 3.10 Kontrol sistemi bağlantı şeması.

Arduino programlaması için kod yazımı kendi programında yapılmıştır. Sistemde kullanılan sensörler benzer çalışma mantığına sahiptir. Arduino IDE yazılımda yazılan kod sayfası Resim 3.11’de gösterilmiştir.



```
1 | Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

15
-----
int SOL = 0;
int SAG = 0;
int YUKARI = 0;
int ASAGI = 0;
int pot = 0;

void setup()
{
  YUKARI.attach(9); //AIV motor
  DIKEY.attach(10); //aot motor
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  SOL = analogRead(LDR_SOL);
  SAG = analogRead(LDR_SAG);
  YUKARI = analogRead(LDR_YUKARI);
  ASAGI = analogRead(LDR_ASAGI);
  pot = analogRead(pot_pin);
  pot = map(pot, 0, 1023, 0, 50);

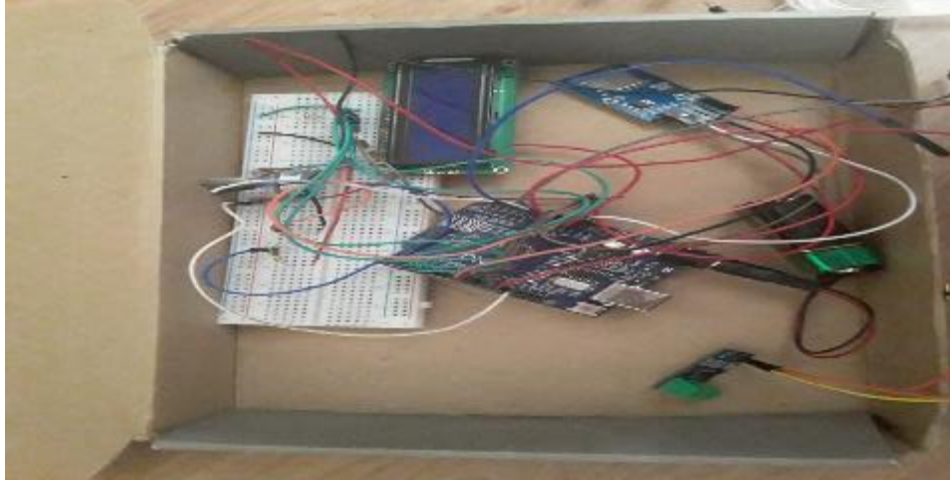
  Serial.print("POT: ");
  Serial.print(pot);
  Serial.print(" LDR_SAG = ");
  Serial.print(SAG);
  Serial.print(" LDR_SAG = ");
  Serial.print(SOL);
  Serial.print(" LDR_USI = ");
}
```

Resim 3.11 Servo motor kontrolü kod satırı.

Resimde LDR’ li sistem için kullanılan kod satırı gösterilmiştir. Sistemde kullanılan diğer sensörler benzer mantıkla çalıştığından kontrol devresinde sadece sensörlerin olduğu kod satırında değişiklik yapılmıştır. Devreye ekstra bir eleman dahil edilmemiştir. Böylece algılayıcılardan alınan bilgilere göre sistem konumlandırılmıştır.

3.2.3 Ölçüm Sisteminin Montajı

Sistemde akım ve gerilim ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sistemi Arduino mikrodenetleyicisi ile programlanmıştır. Sistemin ürettiği değerler Sd karta kayıt edilmiştir. Ölçüm sistemi bağlantı şeması Resim 3.12’de gösterilmiştir.



Resim 3.12 Ölçüm sistemi bağlantı şeması.

Ölçüm sistemi için Arduino programlaması kendi yazılımında yapılmıştır. Sistemde akım sensörü, gerilim bölücü dirençler, LCD ekran ve Sd kart modülü bulunmaktadır. Sistemin akım değerleri doğrudan ölçülebilirken gerilim değerleri dirençler üzerinden geçirilerek ölçülür. Elde edilen veriler ekran üzerinden izlenebilirken aynı zamanda bir dakikalık aralıklarla Sd kart içine kaydedilmiştir. Arduino IDE yazılımda yazılan kod sayfası Resim 3.13'te gösterilmiştir.

```
int RawValue = 0;

int ACSOffset = 2500;

double Voltage = 0; //VOLT HESABI

double Amps = 0; // AMPER HESABI

void setup() {
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }

  Serial.print("initializing SD card...");

  // see if the card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    while (1);
  }
  Serial.println("card initialized.");
}

int Read Voltage = A1;
int Read Current = A0;
const int rs = 2, en = 4, d4 = 5, d5 = 15, d6 = 11, d7 = 12;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
float Voltage = 0.0;
float Current = 0.0;
float Power = 0.0;

SDCard card;
SDVolume volume;
SDFile root;

const int chipSelect = 53;
File myFile;

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  Serial.begin(9600);

  lcd.print(" Arduino ");
  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print(" Hardware ");

  delay(2000);
  lcd.clear();

  Serial.begin(9600);
```

Resim 3.13 Ölçüm sistemi kod satırı.

3.2.4 Sistemden Veri Alımına Başlanması

Mekanik aksamı ve koşullandırıcı devresi tamamlanan sistemlerden veri alımına başlanmadan önce sisteminin çalışmasında bir problem olup olmadığı test edilmiştir. Test sırasında sistemlerden birinin kontrol devresinin düzgün çalışmadığı gözlemlenmiştir. Test aşamasındaki problemlerin giderilmesi sonucunda sistemden veri alınmaya başlanmıştır.

İlk önce kontrol devreleri devreye alınmadan sabit konumda 12 Ağustos - 01 Eylül 2019 tarihi aralığında veri alınmıştır. Sabit konumda ölçülen değerler kayıt edildikten sonra sistemin kontrol sistemi devreye alınmıştır. Hareketli sistem bileşenleri sisteme monte edildikten sonra işleyişi gözlemlenmiştir. Oluşan aksaklıklar giderildikten sonra 2 Eylül- 22 Eylül 2019 tarihleri arasında sistemden hareketli konumda veri alınmıştır. Çelik sistemlerin görüntüsü Resim 3.14’te verilmiştir.



Resim 3.14 Çelik sistemlerin görüntüsü.

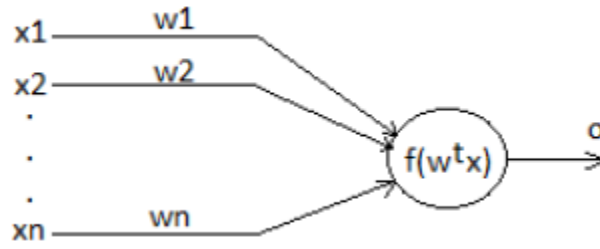
Sistemlerin yatay eksende dizayn edilmesi tasarım olarak çok yer kaplamasına sebep olmuştur. Deney düzenekleri Güneş & Rüzgar Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin alanına kurulmuştur. Alanında eş zamanlı tez çalışmaları sürdürüldüğü için sistemlerin birbirini etkilememesi için farklı alanlarda konumlandırılmıştır. Konumlandırmada sistemlerinin birbirini etkilemeyecek şekilde yapılmıştır. Deney düzeneklerinin görünümü Şekil 3.15'te verilmiştir.



Resim 3.15 Deney düzeneklerinin görüntüsü.

3.3 Enerji Üretim Tahmini

Yapay sinir ağlarında temel mantığında insan beyninin bilgi işleme yönteminin işleyişi vardır. Bu teknoloji günümüzde bilgisayar sistemleri için önemli bir hale gelmiştir. Sistemin bilgiyi işleme metodu biyolojik olarak sinir sistemlerinin işleyişinden esinlenmiştir. Sinir hücreleri nöronlar içerir ve bu nöronlar birbiriyle bağlanarak ağ oluştururlar. Oluşan ağlar sistemdeki veriler arasındaki bağlantıyı çözümler.



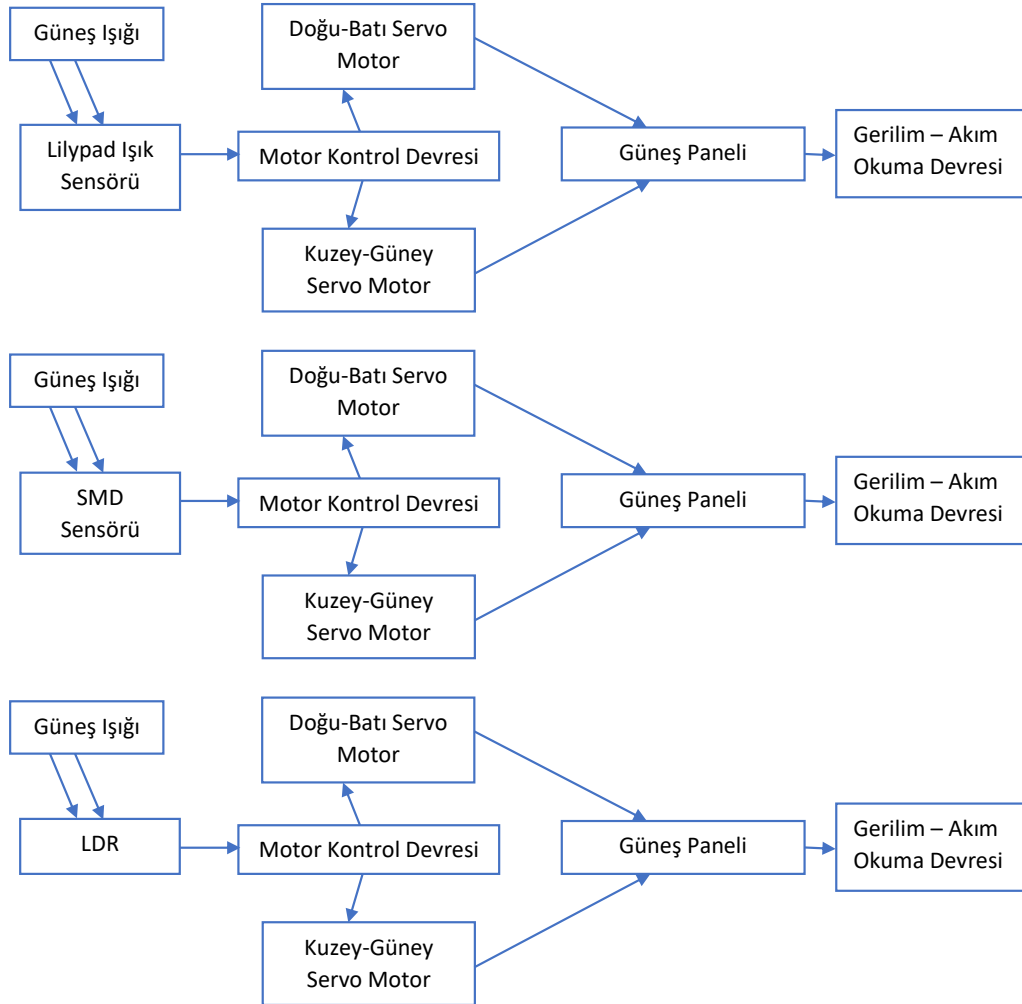
Şekil 3.11 Temel nöron yapısı (İnt. Kyn. 11).

Şekil 3.11’de gösterilen $x_1, x_2 \dots x_n$ değerleri sistemin girdileridir. Girdiler dış ortamdan hücreye giren bilgilerdir. Ağırlıklar ($w_1, w_2 \dots w_n$) ise girdi kümesinin işlem üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Her bir girdi ağırlık değeriyle çarpılarak toplam fonksiyonu ile birleştirilir. Toplam fonksiyonu sonucunda ele edilen değerler bir transfer fonksiyonundan geçirilerek işlem elemanın çıktısı elde edilir.

Yapay sinir ağlarında çok çeşitli ağ yapıları ve modelleri bulunmaktadır. Çalışmada girdi olarak sistemden alınan akım, gerilim değerleri ve ışınım değerleri kullanılarak kısa dönem tahmin yapılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş & Rüzgar Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin araştırma sahasında yapılmıştır. Tez kapsamında kurulan düzeneklerden 12 Ağustos 2019 - 22 Eylül 2019 tarihleri arasında kayıt edilen veriler ve sonuçları aşağıda detaylı bir şekilde sunulmuştur.

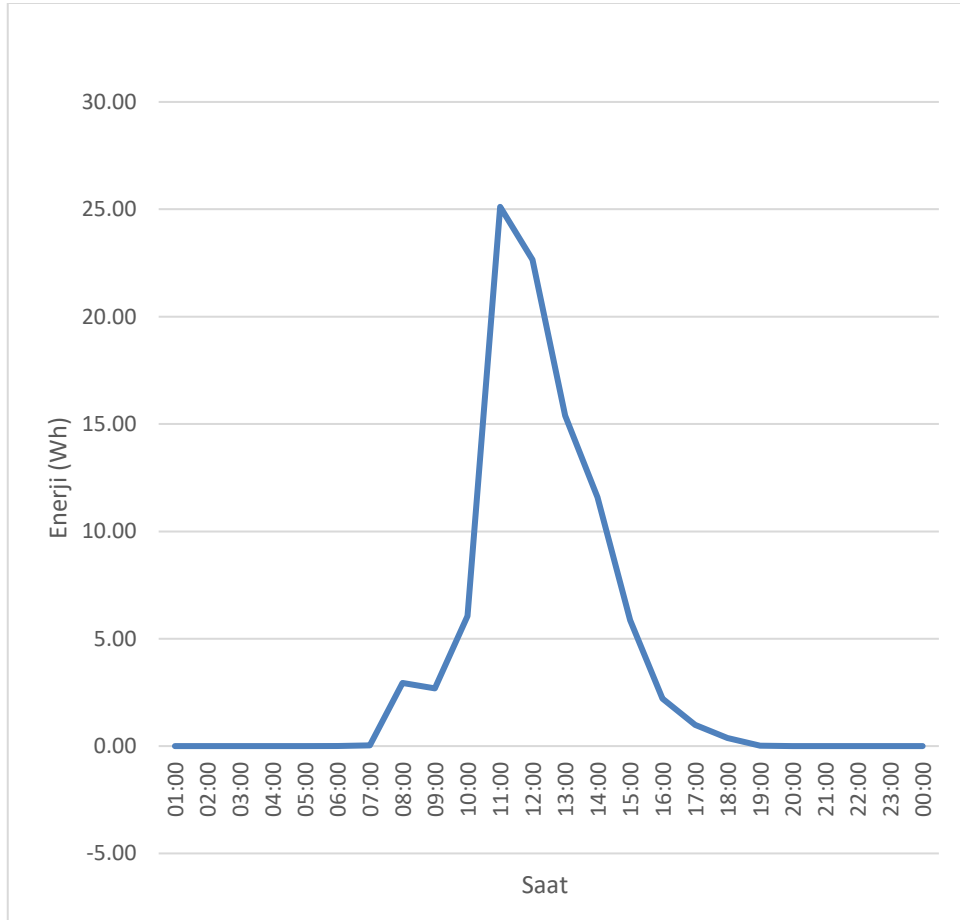


Şekil 4.1 Güneş takip sisteminin blok diyagramı.

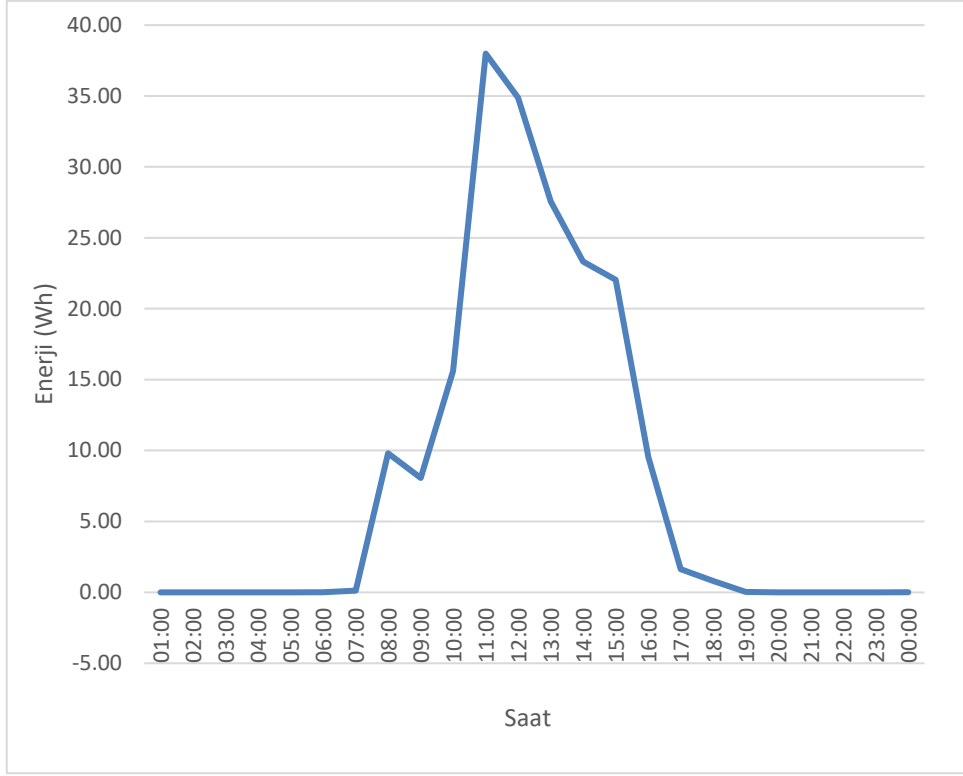
Güneş takip sisteminin blok diyagramı Şekil 4.1’de verilmiştir. Sistemin ilk önce motor kontrol devresi çalıştırılmadan sabit konumda gerilim - akım değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra güneş takip sistemine algılayıcılar ilave edilip motor kontrolü sağlanmıştır. Sistemden hareketli konumda gerilim -akım değerleri alınmıştır. Her iki düzenekten veriler kaydedilip elde edilen sonuçlar ışığında tahmin yapılmıştır.

4.1 Sabit Düzeneğin Üretim Değerleri

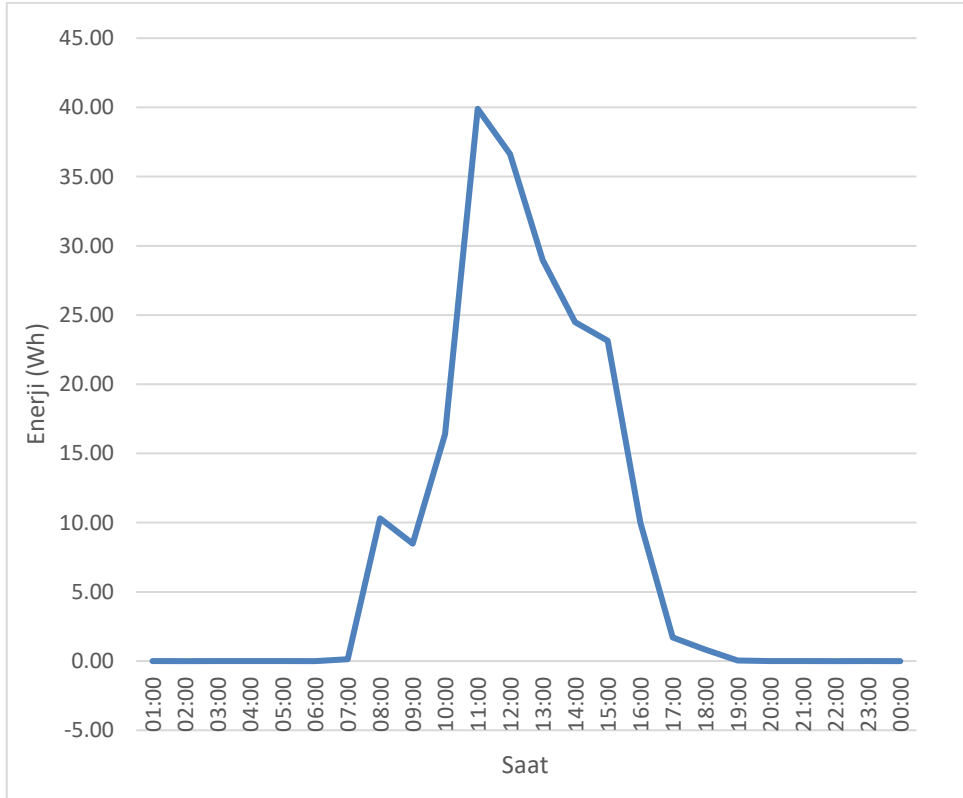
Çalışmada sabit sistemdeki veriler 12 Ağustos 2019 - 01 Eylül 2019 tarihleri arasında kaydedilmiştir. Sistem devreye alınmadan sabit şekilde platform üzerine yerleştirilmiş güneş panellerinin üretimleri dakikalık sıklıklarla ölçülmüştür. Grafikler çizdirilirken veri setinin saatlik ortalamaları alınmıştır.



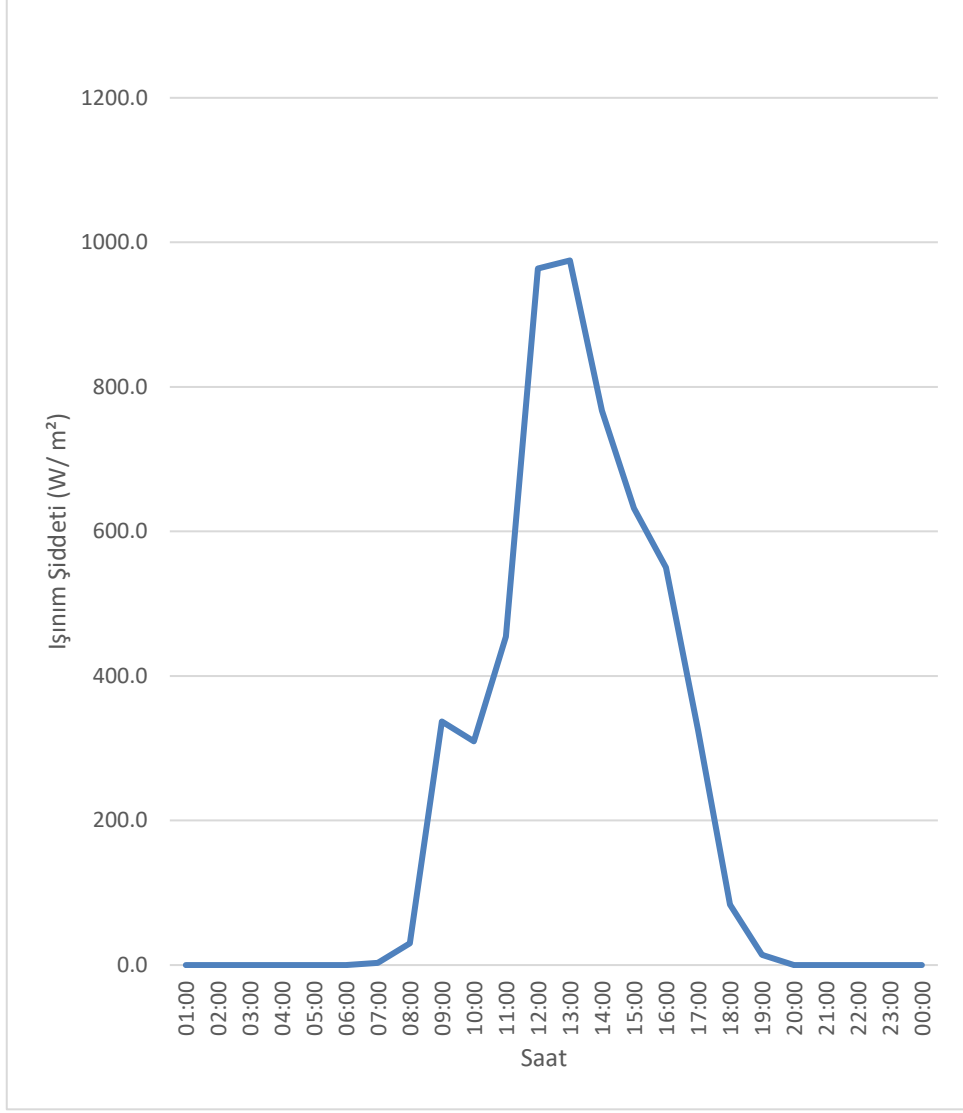
Şekil 4.2 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 22.08.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.



Şekil 4.3 SMD Sensörlü sistemin 22.08.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.

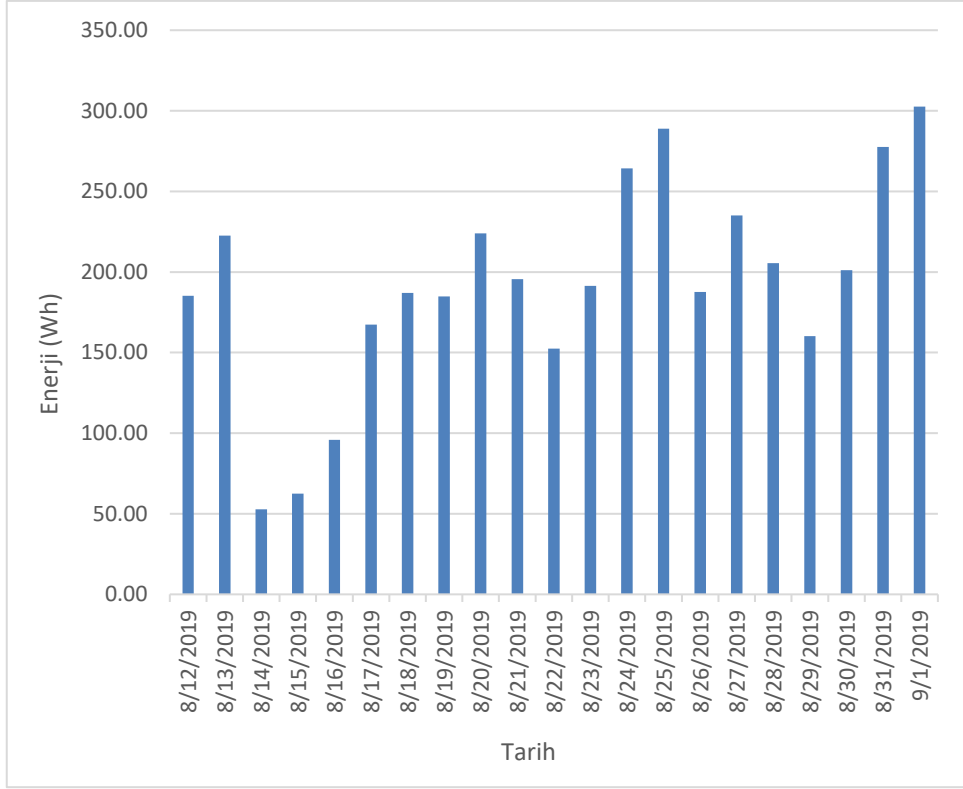


Şekil 4.4 LDR'li sistemin 22.08.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.

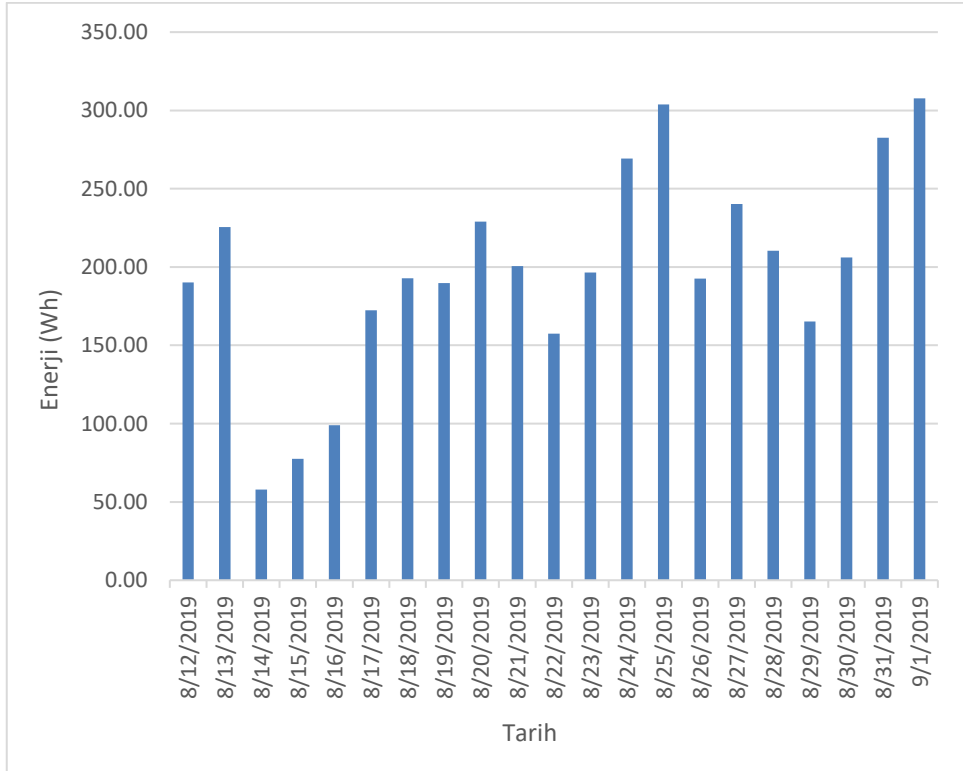


Şekil 4.5 22.08.2019 tarihindeki ışınım verileri.

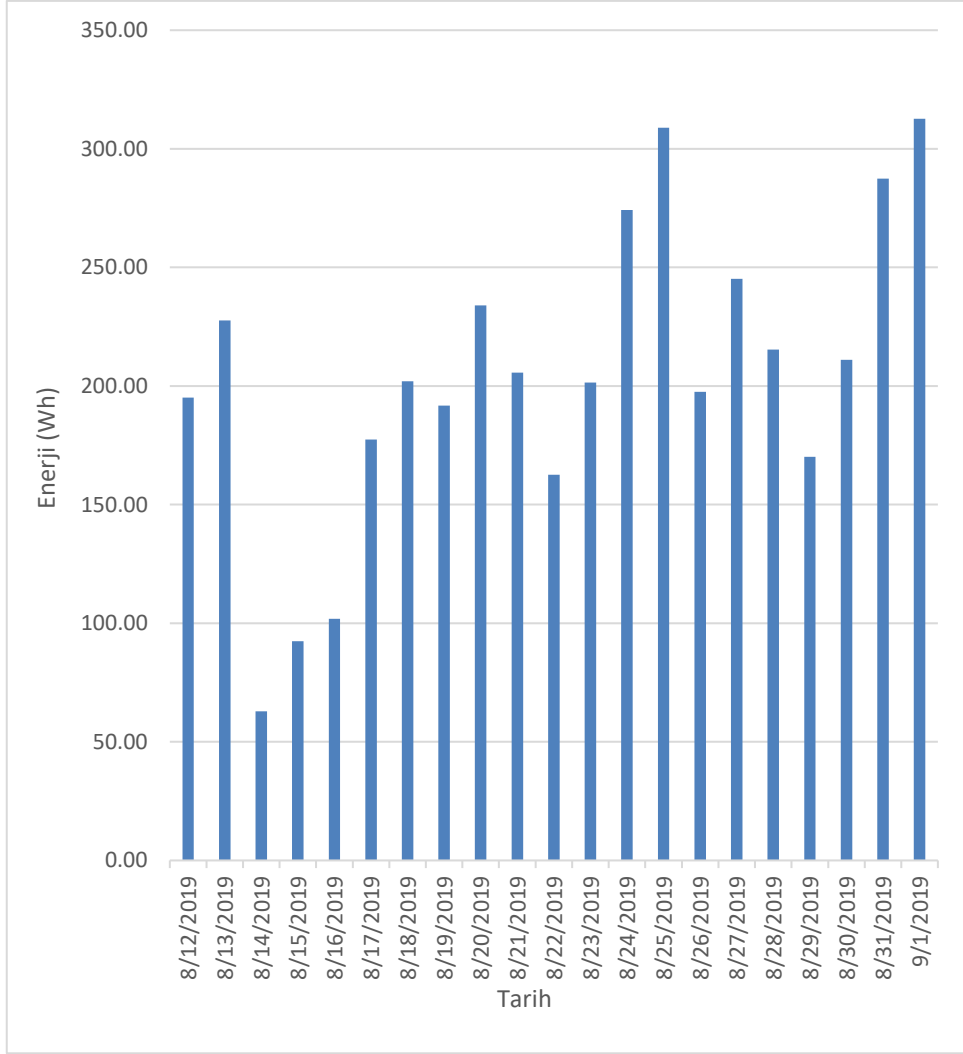
Şekil 4.2 – 4.4 incelendiğinde sabit konumda her üç sistemde 22.09.2019 tarihi için üretimleri gösterilmiştir. Aynı gün için kaydedilen ışınım değerleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Kaydedilen verilere göre elde edilen üretim değerleri ve ışınım değerlerinin değişimi paralellik göstermektedir. Gün içinde güneşin konumuna ve ışınım değerine göre güneş panellerinin ürettiği güç miktarı farklılık göstermektedir.



Şekil 4.6 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.



Şekil 4.7 SMD Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.

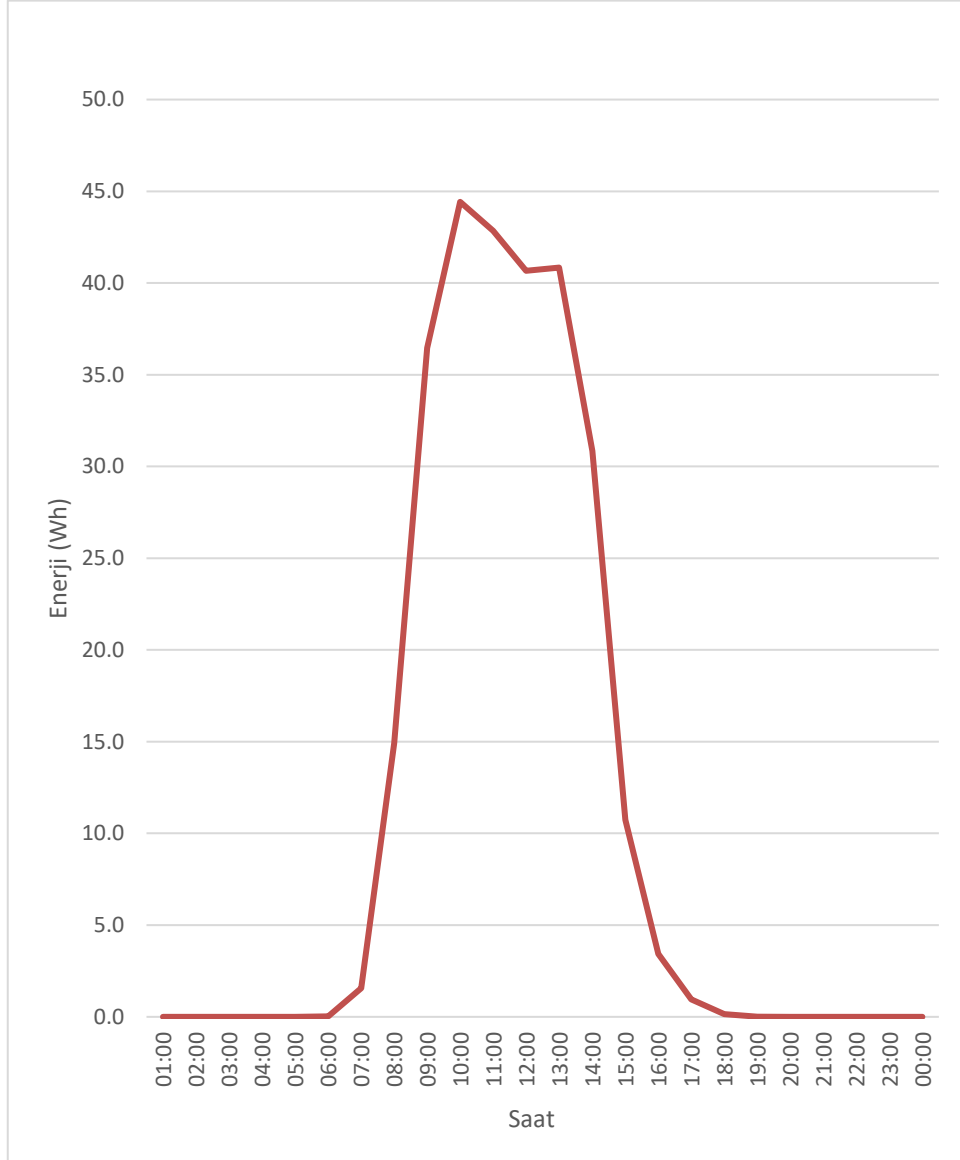


Şekil 4.8 LDR’li sistemin 3 haftalık üretim değerleri.

Şekil 4.6 – 4.8 incelendiğinde sabit konumda sistemlerin üç haftalık üretimleri verilmiştir. Sistemde aynı marka üç adet güneş paneli kullanılmıştır. Fakat güneş panellerinin uzun zamandır deneysel çalışmalarda kullanılması aynı akım ve gerilim değerlerine ulaşılmasına olanak vermemiştir. Üç panelinde boşa ölçülen akım ve gerilim değerleri birbirine yakın fakat aynı sonuç elde edilmemiştir.

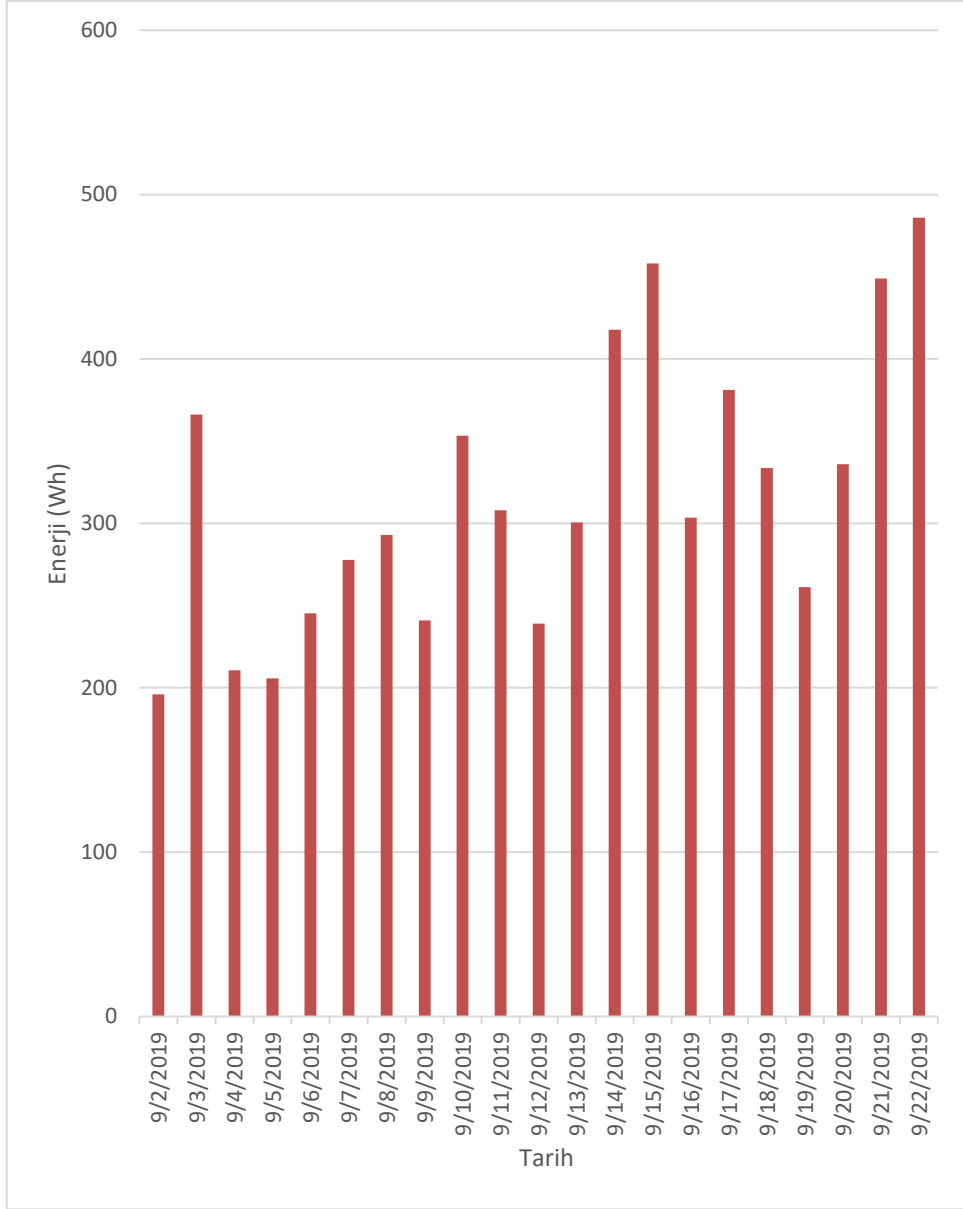
4.2 Hareketli Düzeneğin Üretim Değerleri

4.2.1 LilyPad Işık Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri



Şekil 4.9 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 15.09.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.

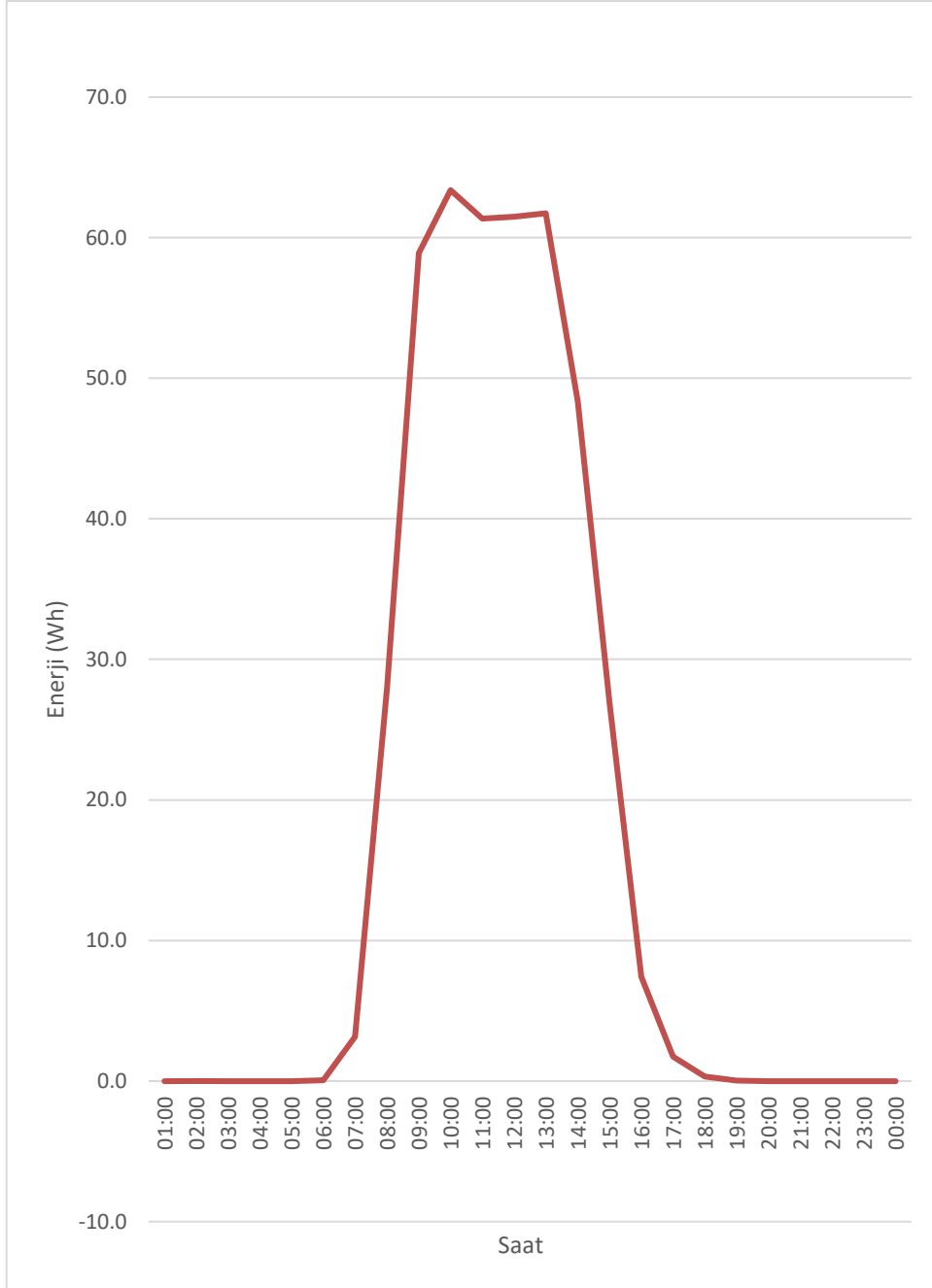
Şekil 4.9'a bakıldığında LilyPad Işık Sensörlü sistemin bir günlük enerji üretim değerleri görülmektedir. Değerler gün içinde güneş ışınımı değerlerinin farklılığına ve olası dış etkenlere bağlı olarak değişik güç çıktıları elde edilmiştir.



Şekil 4.10 LilyPad Işık Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.

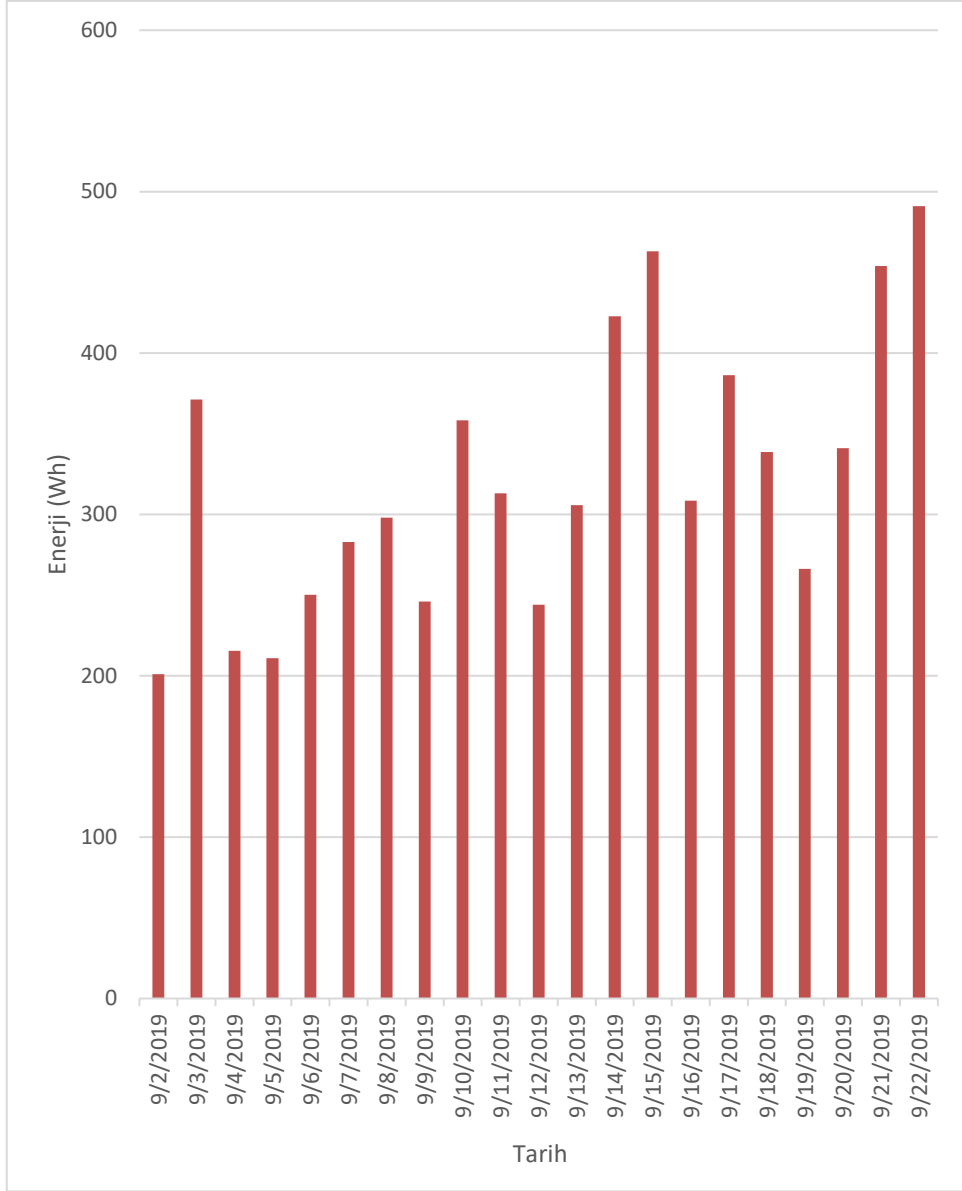
Şekil 4.10 incelendiğinde LilyPad Işık Sensörlü sistemin 3 haftalık enerji üretim değerleri görülmektedir. Değerler gün içerisinde saatlik ortalamalar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Üretim değerleri gün içerisinde güneşin konumuna ve dış etkenlere bağlı olarak değişkenlik göstermiştir.

4.2.2 SMD Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri



Şekil 4.11 SMD Sensörlü sistemin 15.09.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.

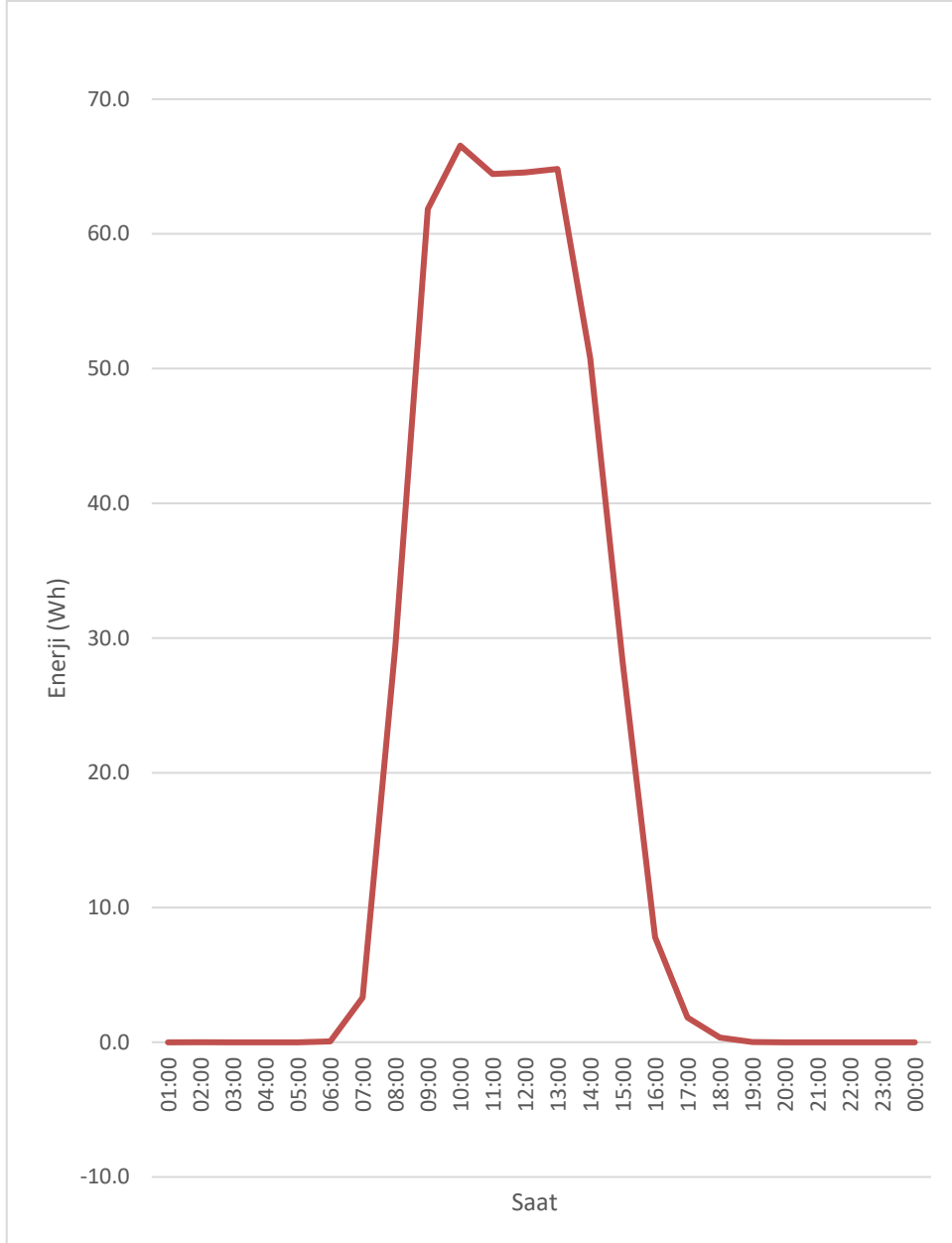
Şekil 4.11'e bakıldığında SMD Işık Sensörlü sistemin bir günlük enerji üretim değerleri görülmektedir. Değerler gün içinde güneşin konumuna bağlı olarak değişik güç çıktıları elde edilmiştir.



Şekil 4.12 SMD Sensörlü sistemin 3 haftalık üretim değerleri.

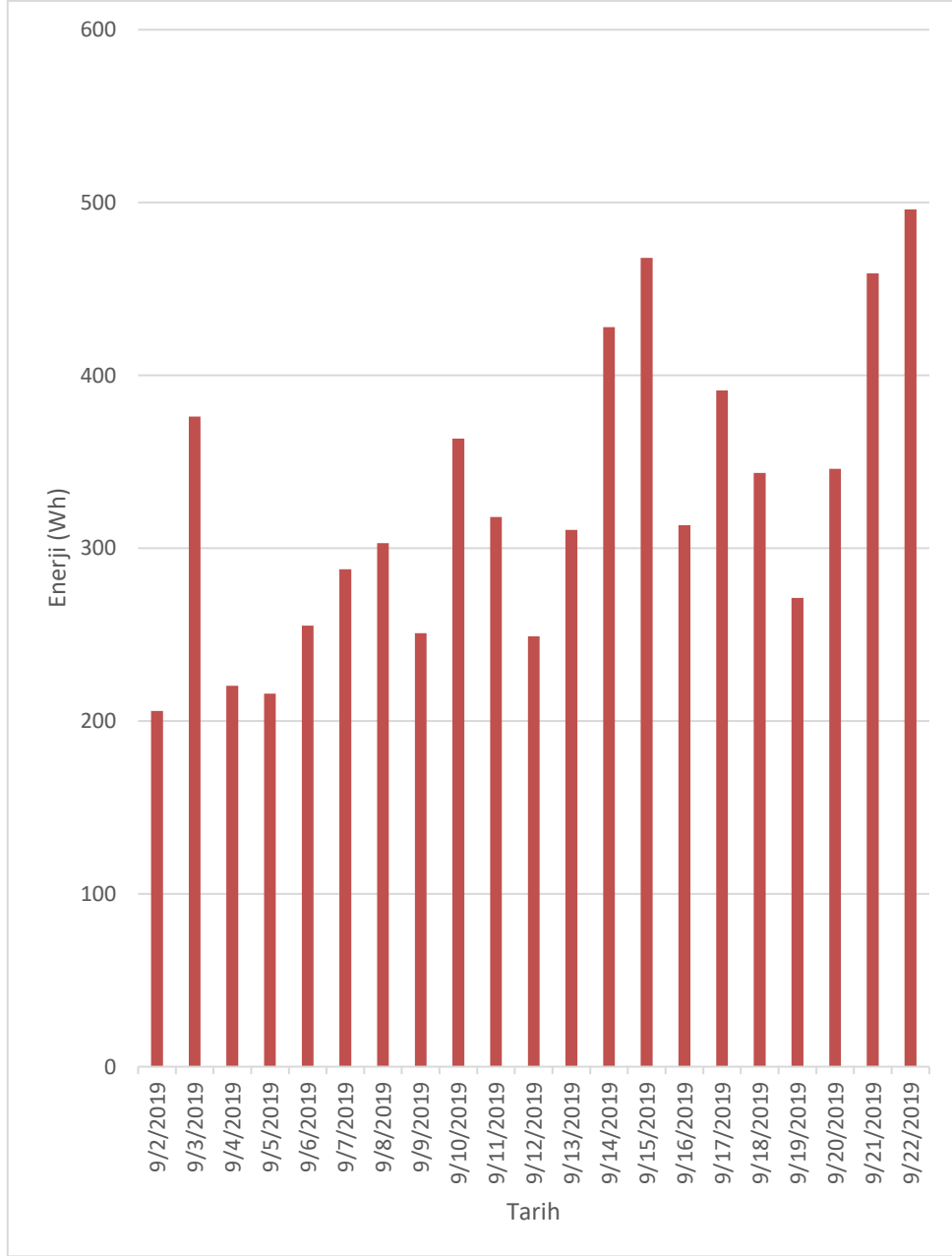
Şekil 4.12 incelendiğinde SMD Sensörlü sistemin 3 haftalık enerji üretim değerleri görülmektedir. Değerler gün içerisinde saatlik ortalamalar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Üretim değerleri gün içerisinde ışınım ve hava olaylarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir.

4.2.3 LDR'li Sistemin Üretim Değerleri



Şekil 4.13 LDR'li sistemin 15.09.2019 tarihinde kaydedilen üretim değerleri.

Şekil 4.13'e bakıldığında LDR'li sistemin bir günlük enerji üretim değerleri görülmektedir. Değerler gün içinde güneş ışınımı değerlerinin farklılığına ve olası dış etkenlere bağlı olarak değişik güç çıktıları elde edilmiştir.

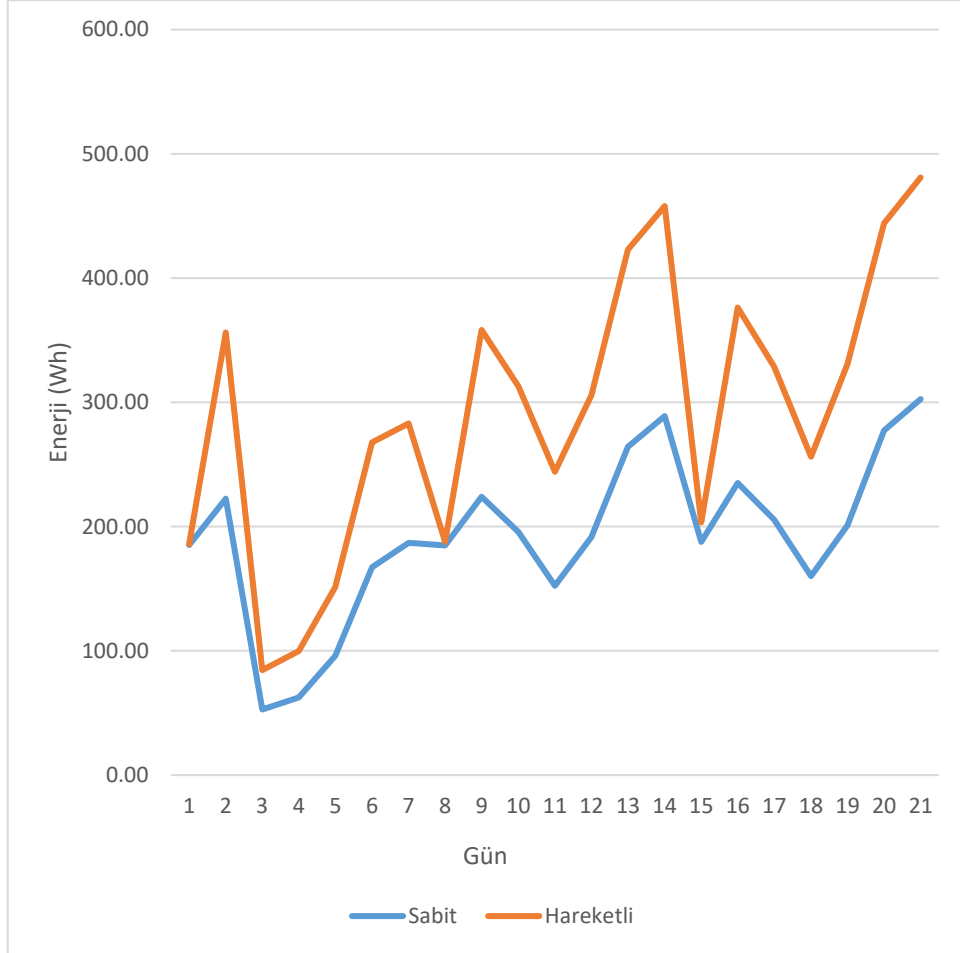


Şekil 4.14 LDR'li sistemin 3 haftalık üretim değerleri.

Şekil 4.14 incelendiğinde LDR'li sistemin 3 haftalık enerji üretim değerleri görülmektedir. Değerler gün içerisinde saatlik ortalamalar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Üretim değerleri gün içerisinde sistemin güneş ışığını almasına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir.

4.3 Sabit ve Hareketli Düzeneklerin Üretim Değerleri

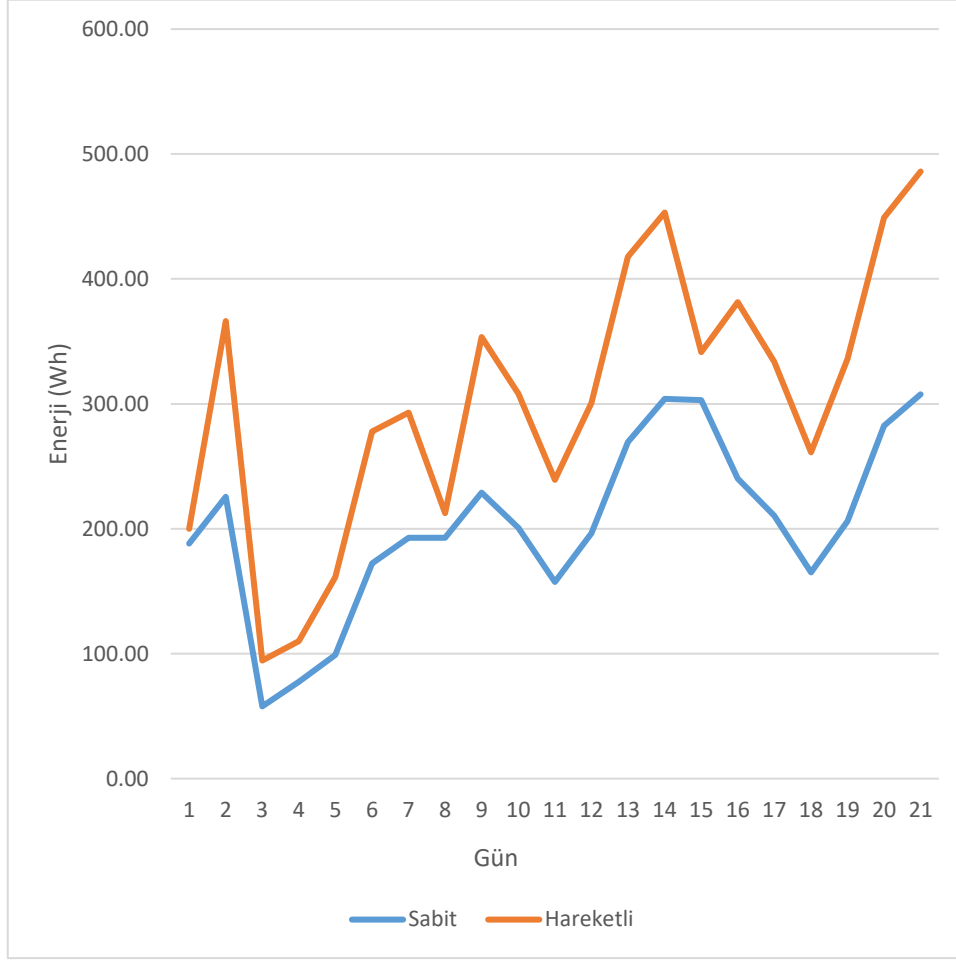
4.3.1 LilyPad Işık Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri



Şekil 4.15 LilyPad Işık Sensörlü sistemin hareketli ve sabit konumdaki enerji üretimi.

Şekil 4.15'e bakıldığında LilyPad Işık Sensörlü sistemin hareketli ve sabit konumdaki toplam enerji üretim değerleri görülmektedir. Elde edilen değerlere göre sabit ve hareketli konumda farklı ışınım değerleri elde edilmiş olmasına rağmen hareketli sistemde enerji üretimi artış göstermektedir.

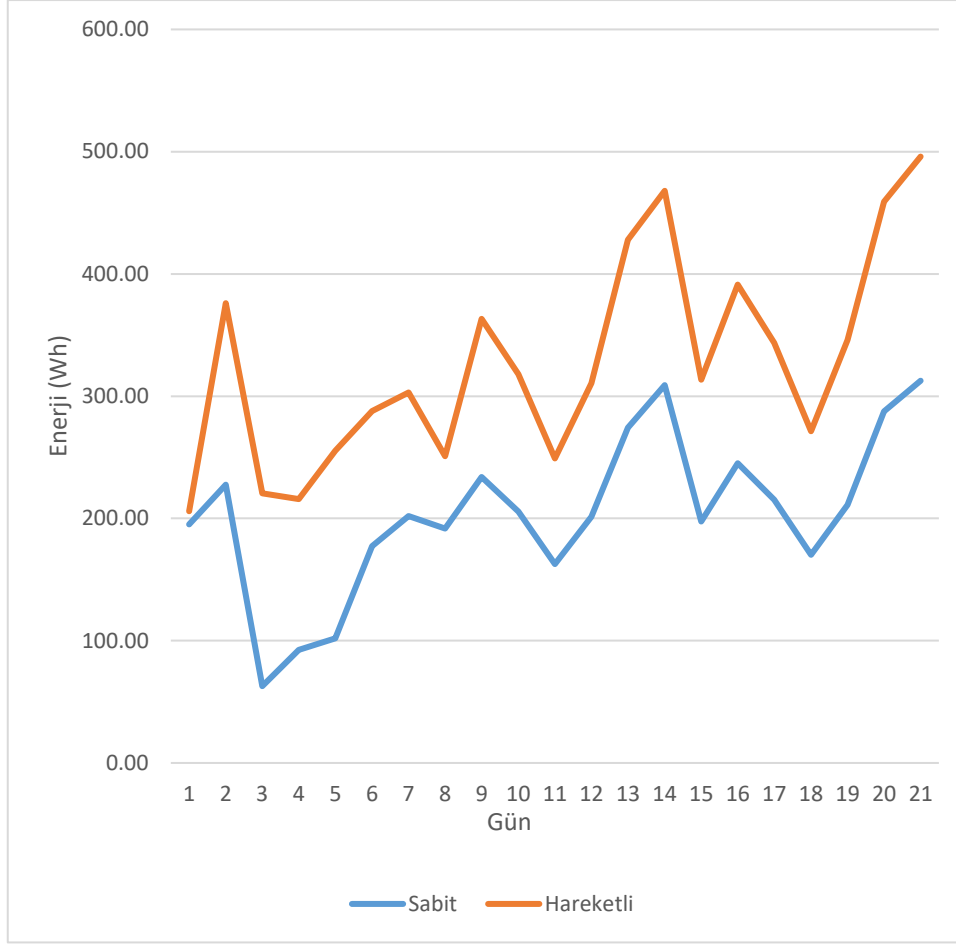
4.3.2 SMD Sensörlü Sistemin Üretim Değerleri



Şekil 4.16 SMD Sensörlü sistemin hareketli ve sabit konumdaki enerji üretimi.

Şekil 4.16'ya bakıldığında SMD Sensörlü sistemin hareketli ve sabit konumdaki toplam enerji üretim değerleri görülmektedir. Elde edilen değerlere göre hareketli sistemde enerji üretimi artış göstermektedir. Güneş açısını yakalamaya yönelik hareketli sistemin konumlandırılması sabit konuma nazaran daha fazla enerji üretimi sağlamıştır.

4.3.3 LDR'li Sistemin Üretim Değerleri



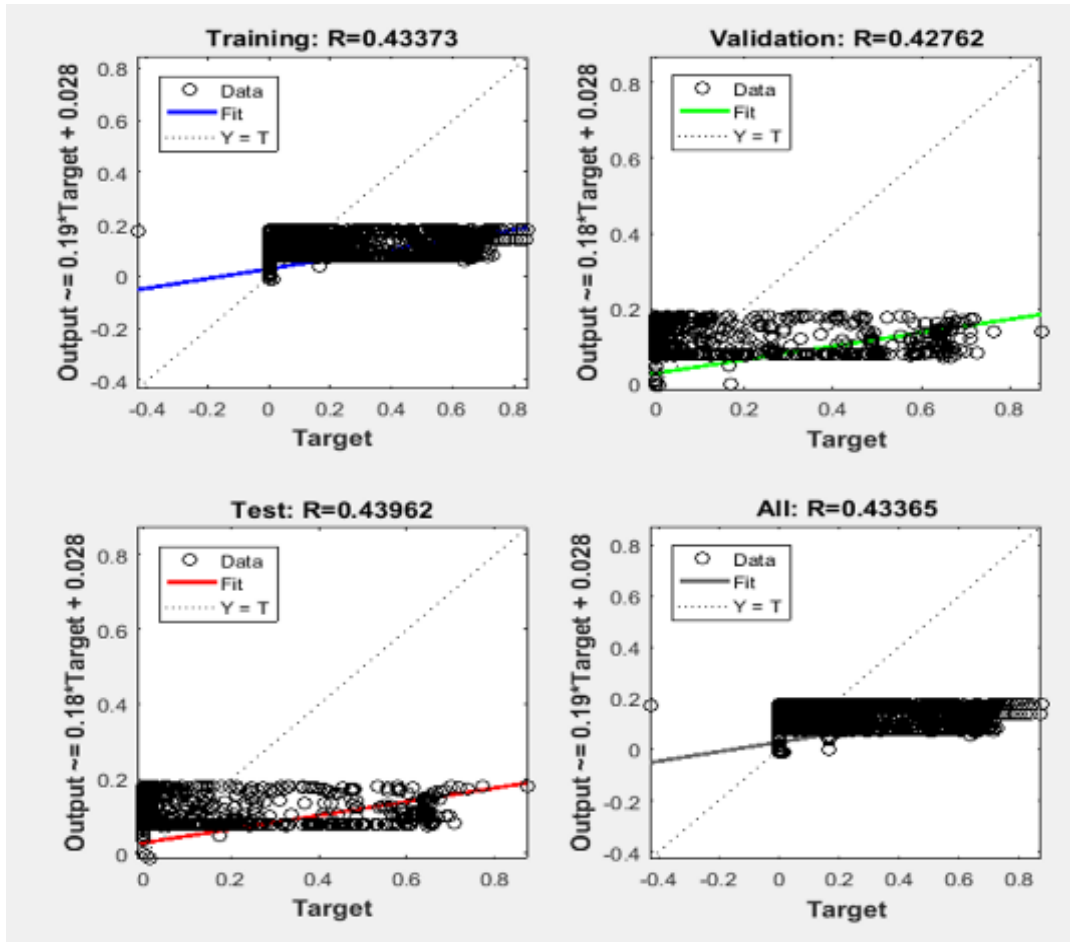
Şekil 4.17 LDR'li sistemin hareketli ve sabit konumdaki enerji üretimi.

Şekil 4.17'ye bakıldığında LDR'li sistemin hareketli ve sabit konumdaki toplam enerji üretim değerleri görülmektedir. Elde edilen veriler hareketli sistemde daha fazla enerji üretimi yapıldığını göstermektedir.

4.4 Yapay Sinir Ağlarıyla Kısa Vadede Üretim Tahmini

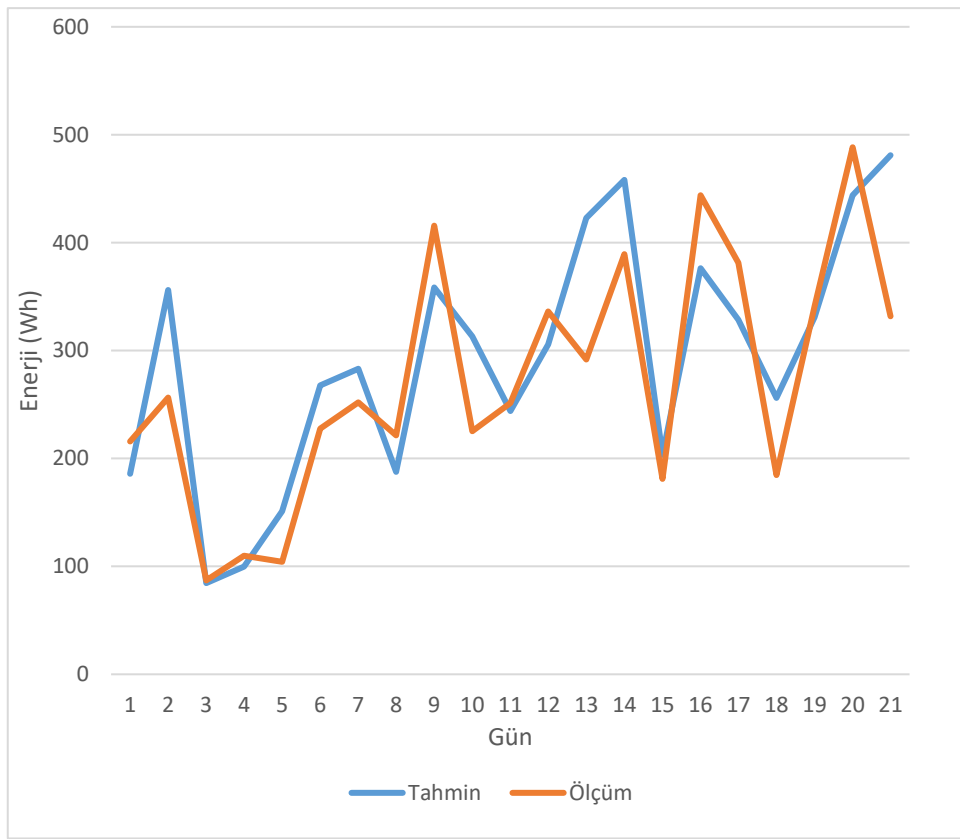
Çalışmanın bu aşamasında elde edilen güç çıktılarıyla kısa vadede tahmin yapılmıştır. Tahmin sisteminde girdi olarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş & Rüzgar Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nden alınan 12 Ağustos – 22 Eylül 2019 tarihleri arasındaki güneş ışınım verileri kullanılmıştır.

Yaptığımız çalışmada elimizde yeteri kadar veri olmadığı için kısa dönemli tahminde saatlik olarak yapılmıştır. Tahmin sisteminin hata değerleri Şekil 4.18'de verilmiştir. Yapay sinir ağıyla oluşturulan modelde girdi olarak güneş ışınımı şiddeti verileri kullanılırken çıktı olarak panelin çıkış gücü elde edilmiştir.



Şekil 4.18 Tahmin sisteminin hata değerleri.

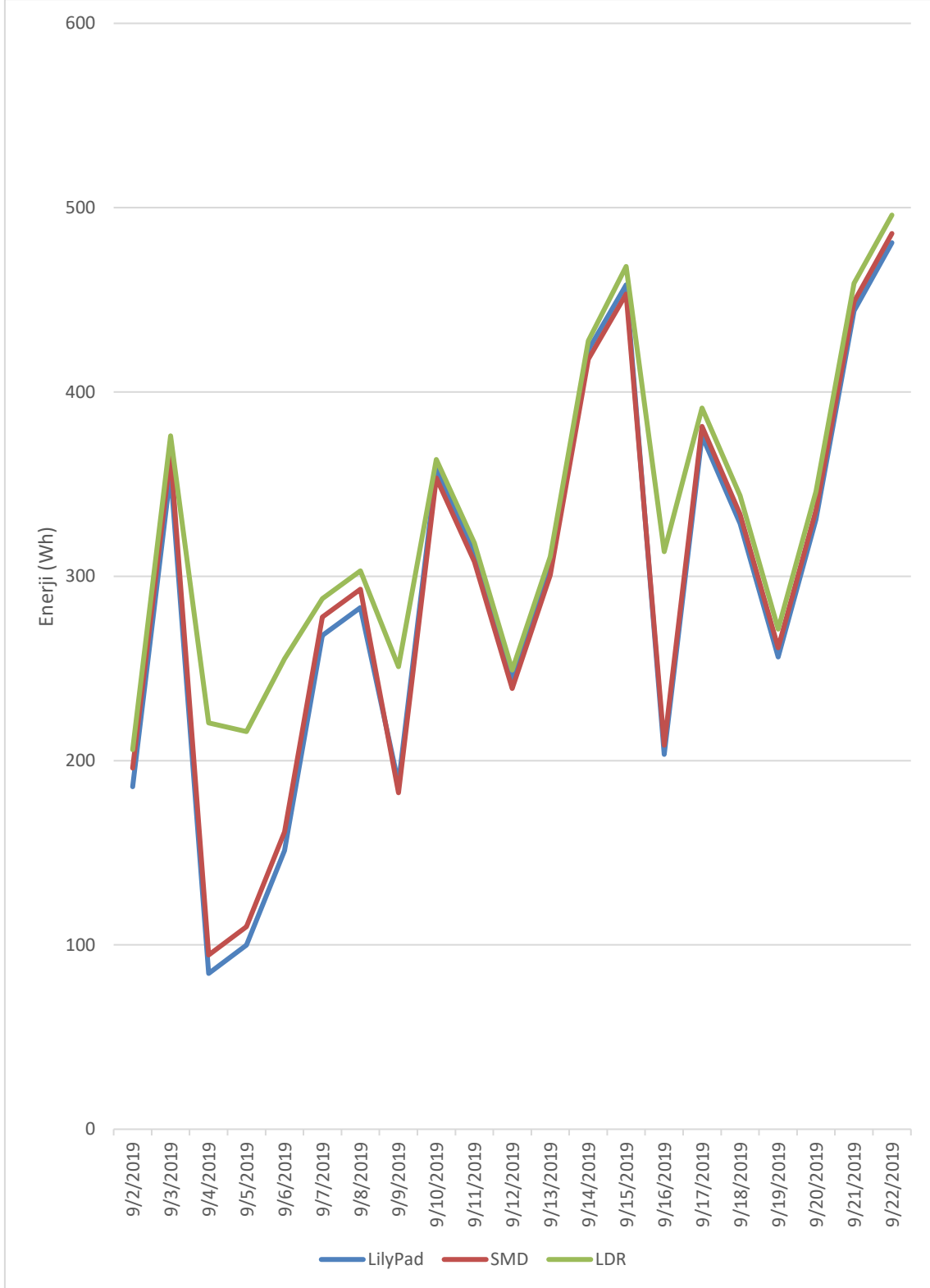
Elde edilen verilerle MATLAB üzerinde Yapay Sinir Ağları ile tahmin yapabilmek için veri setinde düzenlemeler yapılmıştır. İlk önce veri setindeki değerler normalize edilmiştir. Elde edilen değerler transpoze edilmiştir. Bu sayede veriler MATLAB’da kullanılacak matris haline dönüştürülmüştür. Programda kullanılmaya uygun hale getirilen dizi üzerinde girdi ve çıktı değişkenleri tanımlanmıştır. Yapay sinir ağları fonksiyonu oluşturulduktan sonra tahmin sistemi çalıştırılmıştır. Sistemde hata değerleri belirtilen değerlere yaklaşıncaya kadar işleme devam edilmiştir.



Şekil 4.19 LilyPad Işık Sensörüne ait ölçülmüş verilerin ve test çıktılarının aynı grafik üzerinde görünümü.

Şekil 4.19 incelendiğinde LilyPad Işık Sensörüne ait ölçülmüş verilerin ve test çıktılarının aynı grafik üzerinde görünümü verilmiştir. Kaydedilen veri sayısının az olması yapılan tahmin ile ölçülen değerlerler arasındaki hata oranının fazla olmasına sebebiyet vermiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ



Şekil 5.1 Üretim değerlerinin karşılaştırılması.

Çalışmada güneş panellerinin sabit ve hareketli konumda toplam üretimleri karşılaştırıldığında hareketli konumda sabit konuma göre; LilyPad Işık Sensörlü sistemde %36,68 oranında, SMD Sensörlü sistemde %38,42 ve LDR'li sistemde %43,58 oranında artış görülmüştür.

Hareketli konumda algılayıcıların performansı karşılaştırılmıştır. Şekil 5.1'de üç sistemin toplam enerji çıktılarının durumu gösterilmiştir. Sistemlerin performansı birbiriyle karşılaştırıldığında en iyi sonuç LDR monte edilen güneş takip sisteminden alınmıştır. Diğer iki sistemin üretim performansı birbirine yakın değerler almıştır. Bunu sebebi ise bu iki sistemde kullanılan algılayıcıların benzer yapıda olmasıdır. Bu iki sistemde kullanılan algılayıcılar genellikle küçük boyutta uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu iki sistemin güç çıktısını artırmak için daha fazla sayıda sensör kullanılarak yüzey alanı artırılabilir. Bu sayede alınan güç çıktıları iyileştirilebilir.

Genel olarak güneş takip sistemlerinin sabit sistemlere göre verimliliği yüksektir. Verimliliği yüksek olmasına karşın bu sistemlerde birçok problem oluşmaktadır. Bu çalışmada düşük maliyetle ergonomik bir tasarım yapılmıştır. Sistem devreye alınmadan önce kış aylarında çevresel etkilere karşı dayanımı gözlemlenmiştir. Sistemden kısa dönem veri alımında yapısında bozulma olmamıştır. Uzun vadede veri alımı yapılacaksa rüzgar sensörü eklemek makul olacaktır. Deney düzeneği kurulan alan çok rüzgar almaktadır. Bu durum sistemde rüzgar şiddetine bağlı problemler yaratabilmektedir. Rüzgar sensörü kullanmak olası arıza durumlarının önüne geçmemizi sağlayabilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Alif Ismail M, Ramanathan K A, Hafizi Idris M, Ananda-Rao K, Mazlan M, Fairuz N, 2020, Improving the Performance of Solar Panels by The Used of Dual Axis Solar Tracking System with Mirror Reflection, *Journal of Physics: Conference Series*, 1432, Article number 012060.
- Allamehzadeh H, 2019, An Update on Solar Energy and Sun Tracker Technology with a Dual Axis Sun Tracker Application, 2019 IEEE 46th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), Chicago, IL, USA, 2037-2044.
- AL-Rousan N, Mat Isa N A, Mat Desa M K, 2020, Efficient Single and Dual Axis Solar Tracking System Controllers Based on Adaptive Neural Fuzzy Inference System, *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*.
- Altayeb M, Abdalla S, Mustafa A H, 2018, Dual Axis Solar Sun Tracking System Based on GPS Satellite Receiver and Embedded System," 2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE), Khartoum, 1-4.
- Amelia A R, Irwan Y M, Safwati I, Leow W Z, Mat M H, Rahim M S A, 2020, Technologies of Solar Tracking Systems: A Review, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 767, Article number 012052.
- Ammach S, Attia A, 2019, Design and Implementation of Autonomous Energy Efficient Solar Tracking System for PV Power Plants, 2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications, ICECTA 2019, Article number 8959537.
- Awad S R, Al Jbaar M A, Abdullah M A M, 2020, Efficient and Low-Cost Arduino based Solar Tracking System, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 745, Article number 012016.
- Awasthi A, Shukla A K, Murali Manohar S R, Dondariya C, Shukla K N, Porwal D, Richhariya G, 2020, Review on Sun Tracking Technology in Solar PV System, *Energy Reports*, 6, 392-405.

- Away Y, Ikhsan M, 2017, Dual-axis Sun Tracker Sensor Based on Tetrahedron Geometry, *Automation in Construction*, 73, 175-183.
- Basurto N, Arroyo Á, Vega R, Quintián H, Calvo-Rolle J L, Herrero Á, 2019, A Hybrid Intelligent System to Forecast Solar Energy Production, *Computers & Electrical Engineering*, 78, 373-387.
- Benaboud A, 2020, A Special Application of Power Electronics to the Field of Photovoltaic, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 624, 24-33.
- Çevik S, Çakmak R, Altaş İ H, 2017, A Day Ahead Hourly Solar Radiation Forecasting by Artificial Neural Networks: A Case Study for Trabzon Province," 2017 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP), Malatya, 1-6.
- Çolak H E, Memişoğlu T, Gercek Y, 2020, Optimal Site Selection for Solar Photovoltaic (PV) Power Plants Using GIS and AHP: A Case study of Malatya Province, Turkey, *Renewable Energy*, 149, 565-576.
- Çolak M, Yeşilbudak M, Bayındır R, 2019, Forecasting of Daily Total Horizontal Solar Radiation Using Grey Wolf Optimizer and Multilayer Perceptron Algorithms, 2019 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), Brasov, Romania, 20, 939-942.
- Duman A C, Güler Ö, 2020, Economic Analysis of Grid-connected Residential Rooftop PV Systems in Turkey, *Renewable Energy*, 148, 697-711.
- Dumitru C, Gligor A, Enachescu C, 2016, Solar Photovoltaic Energy Production Forecast Using Neural Networks, *Procedia Technology*, 22, 808-815.
- Farhan A J, 2020, Fabrication and Development Low Cost Dual Axis Solar Tracking System, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 757, Article number 012042.
- Groppi D, Santoli L, Cumo F, Garcia D A, 2018, A GIS-based Model to Assess Buildings Energy Consumption and Usable Solar Energy Potential in Urban Areas, *Sustainable Cities and Society*, 40, 546-558.

- Jamroen C, Komkum P, Kohsri S, Himananto W, Panupintu S, Unkat S, 2020. A Low-cost Dual-axis Solar Tracking System Based on Digital Logic Design: Design and Implementation, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37, Article number 100618.
- Kumar A, Rizwan M, Nangia U, 2018, Artificial Neural Network based Model for Short Term Solar Radiation Forecasting considering Aerosol Index, 2018 2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), Delhi, India, 212-217.
- Kushwaha V, Pindoriya N M, 2017, Very Short-term Solar PV Generation Forecast Using SARIMA model: A Case Study, 2017 7th International Conference on Power Systems (ICPS), Pune, 430-435.
- Lau K K, Lindberg F, Johansson E, Rasmussen M I, Thorsson S, 2017, Investigating Solar Energy Potential in Tropical Urban Environment: A Case study of Dar es Salaam, Tanzania, *Sustainable Cities and Society*, 30, 118-127.
- Li Y, Liu C, 2017, Estimating Solar Energy Potentials on Pitched Roofs, *Energy and Buildings*, 139, 101-107
- Makhija S, Khatwani A, Khan M F, Goel V, Roja M M, 2017, Design & Implementation of An Automated Dual-axis Solar Tracker With Data-logging, 2017 International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), Coimbatore, pp. 1-4.
- Mane S G, Korachagaon I, Hans M R, Sawant A S, 2018, Simulation of Dual Axis Solar Tracking System," 2018 International Conference on Information , Communication, Engineering and Technology (ICICET), Pune, 1-5.
- Mohaimin H, Uddin M R, Hashim H, Tuah N, Zahari M R, 2018, Design and Simulation of Single-axis and Dual-axis Solar Tracking Systems, 7th Brunei International Conference on Engineering and Technology 2018 (BICET 2018), Bandar Seri Begawan, Brunei, 1-4.
- Mohaimin A H, Uddin M R, Law F K, 2018, Design and Fabrication of Single-Axis and Dual-Axis Solar Tracking Systems, 2018 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED), Selangor, Malaysia, 1-4.

- Mohd Said M N A, Jumaat S A, Jawa C R A, 2020, Dual Axis Solar Tracker With Iot Monitoring System Using Arduino, *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 11, 451-458.
- Munir M A, Khattak A, Imran K, Ulasyar A, Khan A, 2019, Solar PV Generation Forecast Model Based on the Most Effective Weather Parameters, 2019 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Swat, Pakistan, 1-5.
- Mustafa F I, Al-Ammri A S, Ahmad F F, 2017, Direct and Indirect Sensing Two-axis Solar Tracking System, 2017 8th International Renewable Energy Congress (IREC), Amman, 1-4.
- Mustafa F I, Shakir S, Mustafa F F, Naiyf A T, 2018, Simple Design and Implementation of Solar Tracking System Two Axis With Four Sensors for Baghdad City, 2018 9th International Renewable Energy Congress (IREC), Hammamet, 1-5.
- Natarajan S K, Kumar A, Mohamed R, Rathna R, Mondal S, Suraparaju S K, 2019, Design and Development of Dual Axis Sun Tracking System for Floating PV Plant, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 312, Article number 012001.
- Ouria M, Sevinç H, 2018, Evaluation of The Potential of Solar Energy Utilization in Famagusta Cyprus, *Sustainable Cities and Society*, 37, 189-202.
- Ouria M, 2019, Solar Energy Potential According to Climatic and Geometrical Parameters of Cities and Buildings: A Case-study from Tabriz City- Iran, *Urban Climate*, 28, Article number 100469.
- Özcan O, Ersöz F, 2019, Project and Cost-based Evaluation of Solar Energy Performance in Three Different Geographical Regions of Turkey: Investment Analysis Application, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22, 1098-1106.
- Pattanaik P, 2019, Dual Axis Tracker for Photovoltaic Panel, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8, 906-910.

- Peronato G, Rastogi P, Rey E, Andersen M, 2018, A Toolkit for Multi-scale Mapping of The Solar Energy-Generation Potential of Buildings in Urban Environments Under Uncertainty, *Solar Energy*, 173, 861-874.
- Rodríguez F, Fleetwood A, Galarza A, Fontán L, 2018, Predicting Solar Energy Generation Through Artificial Neural Networks Using Weather Forecasts for Microgridcontrol, *Renewable Energy*, 126, 855-864.
- Salih N M, Said M S M, Jamil N, Davion T, Yahaya A H, 2019, System Identification of a Solar Maximum Power Point Tracking System for Dual Axis, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8, 5653-5657.
- Smirnov A A, Vozmilov A G, Sultonov O O, 2020, Investigating the Effectiveness of Solar Tracking for PV Facility in Chelyabinsk, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 641, 501-508.
- Tiwari N, Soni R, Saraswat A, Kumar B, 2020, Comparative Simulation Study of Dual-axis Solar Tracking System on Simulink Platform, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 607, 359-365.
- Yousif J H, Kazem H A, Alattar N N, Elhassan I I, 2019, A Comparison Study Based on Artificial Neural Network for Assessing PV/T Solar Energy Production, *Case Studies in Thermal Engineering*, 13, Article number 100407.
- Zhang X, Li Y, Lu S, Hamann H F, Hodge B, Lehman B, 2019, A Solar Time Based Analog Ensemble Method for Regional Solar Power Forecasting, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Jan. 2019, 268-279.
- Zhang Y, Ren J, Pu Y, Wang P, 2020, Solar Energy Potential Assessment: A Framework to Integrate Geographic, Technological, and Economic Indices for A Potential Analysis, *Renewable Energy*, 149, 577-586.
- Zhu Y, Liu J, Yang X, 2020, Design and Performance Analysis of A Solar Tracking System With A Novel Single-axis Tracking Structure to Maximize Energy Collection *Applied Energy*, 264, Article number 114647.
- Wegertseder P, Lund P, Mikkola J, Alvarado R G, 2016, Combining Solar Resource Mapping and Energy System Integration Methods for Realistic Valuation of Urban Solar Energy Potential, *Solar Energy*, 135, 325-336.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://www.mmo.org.tr/>, 08.02.2020
- 2- <https://www.enerjiportali.com/teias-2019-elektrik-uretim-istatistiklerini-yayimladi/>, 11.02.2020
- 3- <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>, 25.02.2020
- 4- <https://components101.com/motors/mg995-servo-motor>, 27.02.2020
- 5- <https://www.direnc.net/arduino-uno-r3-smd>, 04.03.2020
- 6- http://bilimteknik.tubitak.gov.tr/sites/default/files/gelisim/elektronik/dosyalar/40/LDR_NSL19_M51.pdf, 11.03.2020
- 7- <https://pdf.direnc.net/upload/als-pt19-315c-sensor-datasheet.pdf>, 11.03.2020
- 8- <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Imaging/TEMT6000.pdf>, 11.03.2020
- 9- <https://blog.direnc.net/arduino-acst712-akim-sensoru-kullanimi/>, 18.04.2020
- 10- <https://www.robotistan.com/sd-kart-modulu-sd-card-module>, 19.04.2020
- 11- http://www.emo.org.tr/ekler/50494934da7fd7a_ek.pdf, 19.04.2020

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğba GÜRSOY
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar- 31.01.1995
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon / e-posta) : 0539 788 72 35 / tubagrsoy_035@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Çimentaş Anadolu Lisesi (2009 – 2013)
Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Enerji Sistemleri
Mühendisliği Bölümü, (2013– 2017)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Elektrik Mühendisliği- Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Anabilim Dalı, (2017 – 2020)