



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİNİ BELİRLEMEK İÇİN DİJİTAL METEOROLOJİ İSTASYONU TASARIMI

NIHAT ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Elektrik Eğitimi Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Şafak SAĞLAM

İSTANBUL, 2019



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**YENİLENEBİLİR ENERJİ
KAYNAKLARININ POTANSİYELİNİ
BELİRLEMEK İÇİN DİJİTAL
METEOROLOJİ İSTASYONU TASARIMI**

NİHAT ÖZDEMİR
522309004

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Elektrik Eğitimi Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Şafak SAĞLAM

İSTANBUL, 2019

TEŞEKKÜR

Çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında bana rehberlik eden tez danışmanım sayın Doç.Dr. Şafak SAĞLAM'a ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Ayrıca çalışma sürecinde manevi desteğini esirgemeyen arkadaşım Beyza METİN'e, İngilizce desteklerinden dolayı Sevda BALIKÇI ve Halil BİLGİN'e, teknik desteğinden dolayı Sercan SARAY'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

SAYFA

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ/LIST OF FIGURES.....	viii
TABLO LİSTESİ/LIST OF TABLES	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1 Giriş	1
1.2 Amaç	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1 Literatür Taraması.....	5
2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	6
2.2.1 Hidroelektrik Enerjisi	8
2.2.2 Biokütle Enerjisi	9
2.2.3 Jeotermal Enerji.....	9
2.2.4 Hidrojen Enerjisi	10
2.2.5 Dalga Enerjisi	11
2.2.6 Rüzgar Enerjisi	12
2.2.7 Güneş Enerjisi	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1 Materyal	16
3.1.1 Arduino	16

3.1.2	Arduino'nun Avantajları.....	17
3.1.3	Arduino Uygulamaları.....	17
3.1.4	Arduino Donanım Özellikleri.....	18
3.1.5	Arduino Çeşitleri	18
3.1.5.1	Arduino'da Güç:.....	19
3.1.5.2	Arduino'da Giriş/Çıkış(I/O).....	20
3.1.5.3	Arduino Uno'yu Bilgisayara Tanıtma.....	21
3.1.6	Sparkfun Hava Kartı.....	22
3.1.7	Sparkfun Hava Ölçüm Kiti.....	23
3.1.8	TSL2561 Işık Sensörü	24
3.1.9	LM2596 Ayarlanabilir Regüle Modülü.....	24
3.1.10	Nextion TFT Ekran.....	25
3.1.11	RTC 1302 Gerçek Zaman Saati.....	25
3.1.12	Akü Şarj Regülatörü	26
3.2.1	Tasarlanan Sistemin Yapısı ve Çalışma Prensibi	27
3.2.1.1	Sistemin yapısı	27
3.2.1.2	Sistemin Çalışması	28
3.2.1.3	Yazılım.....	28
4	BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1	Kaydedilen Verilerin İncelenmesi	32
5	SONUÇ	40
	KAYNAKLAR/ REFERENCES	42
	EKLER	45
	EK-1	45

ÖZET

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİNİ BELİRLEMEK İÇİN METEOROLOJİ İSTASYONU TASARIMI

Sanayileşmeyle beraber dünyanın en çok ilgilendiği konulardan biri olan enerji, günümüzün de en önemli konularından biri olarak gündemde bulunmaktadır. Fosil kökenli yakıtlardan elektrik enerjisi elde edilmesi sırasında ortaya çıkan geri dönüşümsüz çevresel zararlar ve sözkonusu kaynakların tükenebilir olması nedeniyle ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Güneş ve Rüzgar enerjisi bu açıdan en önemli çevre dostu kaynakların başında gelmektedir. Yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulum aşamasının en önemli unsurlardan biri, sistemin kurulacağı bölgedeki meteoroloji verileridir. Rüzgar yönü ve şiddeti RES'lerde önemli unsurlardan biri iken, sıcaklık basınç ve nem gibi veriler GES'lerde verimlilik açısından oldukça önemlidir. Ayrıca güneş ışıınım değeri, GES kurulacak bölgenin verimini etkileyen önemli unsurlardan bir diğeridir. Bu durum söz konusu meteoroloji verilerinin ölçülmesini zorunlu hale getirmektedir. Ölçülen verilerin yıllık ortalamaları bölgede yenilenebilir enerji sistemi kurmak için önemlidir. Tez çalışmasında bu amaca yönelik bir meteoroloji istasyonu tasarlanmış, ölçülen verileri SD karta kayıt ederek izleme ve yorumlama imkanı sağlanmıştır. Ayrıca verilerin anlık görüntülenmesi için kablosuz bir alıcı istasyonu tasarlanmış, üzerinde bulunan TFT ekran sayesinde veriler anlık olarak izlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Güneş Işınım, Meteoroloji İstasyonu

ABSTRACT

DESIGN OF METEOROLOGICAL STATION TO DETERMINE THE POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Energy, which is one of the most important issues of the world with industrialization, continues to be a matter of priority of our time. The energy obtained from fossil fuels has directed the countries to alternative energy sources due to the harm to the environment and non-renewability. Solar and wind energy are two of the most important environmental friendly sources in this respect. The meteorological data in the region where these systems will be launched has a significant role in the installation phase of renewable energy systems. While wind direction and severity is an important factor in WEPPs, temperature pressure and humidity are very important in terms of efficiency in SPPs. In addition, the solar radiation value is a vital factor affecting the efficiency of the SPP region. These reasons make it obligation to measure the meteorological data. The annual averages of the measured data are important for the establishment of a renewable energy system in the region. In this thesis study, a meteorological station is designed for this purpose and the measured data is recorded on a SD card which provides monitoring and interpretation. In addition, a wireless receiver station is designed for instant display of the data which can be monitored instantly via the TFT display.

Key Words: Renewable Energy, Solar Radiation, Meteorology Station



KISALTMALAR

TFT	: Thin Film Transistor-(İnce Film Transistör)
FAT	: File Allocation Table-(Dosya Yerleşim Tablosu)
GW	: Gigawatt
HES	: Hidroelektrik Santral
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
I/O	: Input/Output-(Giriş/Çıkış)
LCD	: Liquid Crystal Display-(Sıvı Kristal Ekran)
PV	: Photovoltaic-(Fotovoltaik)
PWM	: Pulse-Width Modulation-(Darbe-Genişlik Modülasyonu)
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
SD	: Secure Digital Memory Card-(Güvenli Sayısal Bellek Kartı)
SPI	: Serial Peripheral Interface-(Seri Çevresel Arayüz)
USB	: Universal Serial Bus-(Evrensel Seri Veriyolu)

ŞEKİL LİSTESİ/LIST OF FIGURES

SAYFA

Şekil 2.1 2000-2017 yılları arasında FV sistemlerin gelişimi	7
Şekil 2.2 Hidroelektrik santralin genel yapısı	8
Şekil 2.3 Türkiyede Jeotermal Kaynaklar Uygulama Haritası	10
Şekil 2.4 Hidrojen Enerjisi dönüşüm sistemi	11
Şekil 2.5 Dalga Enerjisi Üretim Sistemi.....	11
Şekil 2.6 Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kurulu Güçlerinin Yıllar İçerisindeki Değişimi	12
Şekil 2.7 Dünyadaki toplam GES kurulu güç senaryosu.....	14
Şekil 2.8 FV Güneş Tarlası	15
Şekil 3.1 Arduino Uno ve Arduino Ide.....	16
Şekil 3.2 Arduino Uno R3	19
Şekil 3.3 Arduino uno Pinout	21
Şekil 3.4 Sparkfun Hava Kartı.....	22
Şekil 3.5 Sparkfun Hava Ölçüm Kiti.....	23
Şekil 3.6 TSL261 Işık Sensörü	24
Şekil 3.7 LM2596 Gerilim Regülatörü.....	25
Şekil 3.8 Nextion TFT ekran	25
Şekil 3.9 RTC 1302 Gerçek Zaman Saati Modülü.....	26
Şekil 3.10 Hava İstasyonu	26
Şekil 3.11 TFT Ekran	26
Şekil 3.12 Alıcı İstasyon İç ve Dış Görüntüsü	27
Şekil 3.13 Nextion Editör[31]	29
Şekil 4.1 09.06.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	33
Şekil 4.2 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 09.06.2019 tarihli verileri	33
Şekil 4.3 12.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	34
Şekil 4.4 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 12.07.2019 tarihli verileri	34
Şekil 4.5 13.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	34
Şekil 4.6 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 13.07.2019 tarihli verileri	34
Şekil 4.7 14.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	35
Şekil 4.8 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 14.07.2019 tarihli verileri	35
Şekil 4.9 15.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	36
Şekil 4.10 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 15.07.2019 tarihli verileri	36
Şekil 4.11 16.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	37
Şekil 4.12 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 16.07.2019 tarihli verileri	37
Şekil 4.13 17.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	37
Şekil 4.14 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 17.07.2019 tarihli verileri	37
Şekil 4.15 18.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	38
Şekil 4.16 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 18.07.2019 tarihli verileri	38
Şekil 4.17 19.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	38
Şekil 4.18 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 19.07.2019 tarihli verileri	38
Şekil 4.19 20.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri	39
Şekil 4.20 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 20.07.2019 tarihli verileri	39

TABLO LİSTESİ/LIST OF TABLES

SAYFA

Tablo 1.1 Küresel Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Sınıflandırılması 3



1. GİRİŞ VE AMAÇ

1.1 Giriş

Modern dünyada enerjinin önemi kadar, çevreye verdiği zarar da önemlidir. Dünyanın ekolojik dengesinin bozulmasında en temel etkenlerden biri kullandığımız enerji kaynaklarının bıraktığı atıklardır. Dünya söz konusu enerji kaynaklarını kullanmakla beraber, alternatif ve temiz enerji kaynak arayışını da sürdürmektedir. Çevreye zararlı enerji kaynaklarının ayrıca tükenebilir olması ülkelerin alternatif enerji kaynaklarına yönelmesini zorunlu kılmaktadır. Fosil yakıtlar dünyanın bazı bölgelerinde politik istikrarsızlıklara dahi sebep olmaktadır. Bu durumlar bir araya toplandığında, yeni kaynak bulma zorunlu hale gelmiştir. Temiz ve tükenmeyen kaynaklar denince akla ilk gelen kaynak güneş olmaktadır. Güneş enerjisi, bitmemesi çevreye herhangi bir zararının olmaması dolayısıyla en önemli alternatif enerji kaynaklarının başında gelmektedir. bir diğer önemli temiz enerji kaynağı ise rüzgardır. Bu iki enerji kaynağı, verimliliği ve dönüştürülebilmeleri açısından diğer temiz enerji kaynaklarına göre daha çok tercih edilmektedir. Teknolojinin gelişmesi her geçen gün güneş ve rüzgar enerji sistemlerinin daha verimli çalışmasını, tesis maliyetlerinin düşmesini mümkün kılmaktadır. Bunların yanında diğer temiz enerji kaynakları şöyle sıralanabilir; jeotermal enerji, dalga enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi. Teknolojinin gelişimi kuşkusuz tüm bu enerji kaynaklarının da verimliliğini ve gelişimini olumlu etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretirken bir takım meteorolojik verilerin ölçülerek takip edilmesi gerekmektedir. Bu veriler ışığında ölçüm yapılan bölgenin yenilenebilir enerji kullanımı açısından uygunluğu tespit edilmektedir. Bu noktada meteorolojik verilerin ölçülerek kaydedilmesi bir ihtiyaç haline gelmektedir. Çalışmada bu ihtiyaca yönelik, oldukça kullanışlı ve düşük maliyetli bir dijital hava istasyonu tasarlanmıştır.

1.2 Amaç

Enerji, yaşamakta olduğumuz modern dünyanın gelişimini ve sürekliliğini sağlayacak en önemli ihtiyaçlardan birisidir. Ülkelerin sahip oldukları enerji kaynakları milli kalkınmanın ve gelişmişliğin sembolüdür. Sanayileşme ve bunun sonucu olarak ortaya çıkan tüketim toplumlarında büyük miktarda enerji üretimi ve tüketimi sonucunda

mevcut konvansiyonel kaynaklar bir daha geri dönüşü olmayacak şekilde tükenmekte ve çevreye çok ciddi zararlar vermektedir. Elektrik enerjisi içerisinde çok büyük payı olan fosil kökenli kaynakların limitli olması ve özellikle elektrik enerjisi üretiminde sebep oldukları çevre kirliliği nedeni ile yenilenebilir, sürekliliği sağlanabilen ve çevre dostu kaynaklar tüm ülkelerin odak noktası haline gelmiştir. Güneş enerjisi sözkonusu bu özelliklere sahip olduğu ve insan ömrüne oranla çok uzun süre var olmaya devam edeceği için en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi haline gelmiştir. Rüzgar enerjisi de benzer özelliklerinden dolayı dikkat çektiği için üzerinde en çok çalışılan ve yatırım yapılan iki kaynak haline gelmişlerdir. Güneş enerjisi, dünyanın coğrafi olarak hemen her yerinde kolay erişilebilir olması ve yüksek potansiyeli nedeni ile elektrik enerjisine dönüşümü sırasında çevresel zararlı etkilerinin de az olması nedeni ile diğer kaynaklara göre ön plana çıkmaktadır [1]. Enerji ayrıca ülkeler arası siyasal ilişkilerin de temelinde yatan etkenlerden biridir. Ülkelerin sürekli bir kalkınma ve refah seviyelerinin ileriye taşınması için enerji ihtiyacının karşılanması gerekmektedir.

Enerji kaynaklarını kullanışlarına ve dönüştürülebilirliklerine göre iki gruba ayırabiliriz. Kullanım alanlarına göre sınıflandırıldığında enerji kaynakları yenilenebilir (Hidrolik, Güneş, Biyokütle, Rüzgâr, Jeotermal, Hidrojen, dalga) ve konvansiyonel enerji kaynakları (Fosil Kaynaklı olarak Kömür, Petrol, doğalgaz, Çekirdek Kaynaklı ise Uranyum ve Toryum) olarak iki başlık altında incelenmektedir. Elektrik enerjisine çevrilme şekillerine göre enerji kaynakları primer (kömür, petrol, doğalgaz, nükleer, biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgar, dalga) ve sekonder enerji kaynakları (Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin, İkincil Kömür, Kok, Petrokok, Hava gazı, Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)) sınıflandırılması ile incelenmektedir[2]. Dünyada ve Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminde tercih edilen kaynakların çoğu primer kaynaklar grubunda yer almaktadır [2].

Tablo 1.1 Küresel Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Sınıflandırılması[3]

ÜLKE	Kömür	Petrol	Doğal Gaz	Nükleer	Yenilenebilir Enerji	Diğer
Fransa	%2,1	% 0,3	% 2,3	% 77,6	%17,5	%0,2
Almanya	% 45,4	%0,9	% 9,9	%15,5	%28,0	%0,3
ABD	% 39,5	%0,9	%26,8	%19,1	%13,6	%0,1
Kanada	% 9,9	% 1,2	% 9,3	%16,4	%62,8	%0,3
Çin	%72,5	%0,2	%2,0	%2,3	%23,0	%0,0
Hindistan	%75,1	%1,8	%4,9	%2,8	%15,5	%0,0
Rusya	% 14,9	%1,0	%50,1	% 17,0	% 17,0	% 0,0
Dünya	% 40,6	% 4,3	% 21,6	%10,6	%22,9	% 0,1

Tablo 1.1 de bazı ülkelerin kaynak bazında elektrik üretim oranları verilmiştir. Fransa elektrik enerjisi ihtiyacının %77 sini nükleer santrallerden karşılarken, % 17,5 lik kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaktadır, bu orana bakıldığında Fransa'nın enerji ihtiyacını karşılayan en büyük ikinci kaynağın yenilenebilir enerji kaynakları olduğunu göstermektedir. Almanya'ya bakıldığında enerji ihtiyacının en büyük kısmını kömürden karşılarken, ikinci sırada yine yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok faydalanan ülke ise %62.8 ile Kanada olduğu görülmektedir. Tablo 1.1 dikkatle incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyadaki enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşıladığı görülmektedir. Bugünkü tabloda Dünya enerji ihtiyacının %22 lik kısmını yenilenebilir enerjiden karşılamaktadır, bu durumun gün geçtikçe daha da artacağı açıkça görülmektedir. Öyle ki, çoğu ülke nükleer enerji santrallerini kapatma, fosil yakıtları yasaklamak gibi kararlar alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek için çeşitli yasal düzenlemeler yapmaktadır. Ülkemizde de benzer durumlar sözkonusur.

Enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan birincil enerji kaynaklarının tükenebilirliği ve çevreye verdikleri zarardan dolayı, dünya alternatif enerji kaynaklarına yönelmektedir. Çevresel etkileri ve sürdürülebilirlikleri açısından yenilenebilir enerji kaynakları arasında Güneş ve Rüzgar enerjisi ön sırada yer almakta olup bunların yanında hidrolik, biokütle, rüzgâr, jeotermal, hidrojen ve dalga enerjisi de yenilenebilen enerji kaynakları olarak sıralanır.

Enerji bakanlığı verilerine göre dünyada tüketilen enerjide 2040 yılına kadar fosil yakıtların payı azalsa da üstünlüğü devam edecektir. Toplam elektrik enerjisi üretimi içerisinde nükleer enerji kökenli üretimin payının artacağı projeksiyonu yapılırken yenilenebilir enerji kaynaklarının payının da %16,1 olacağı tahmin edilmektedir [16].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak için bu kaynakların dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretebilmek için üretim yapılacak bölgenin buna uygunluğunu tespit etmektir. Bu anlamda bölgenin sıcaklık, nem, basınç, rüzgar hızı ve yönü, güneşlenme şiddeti ve yağış miktarı gibi meteorolojik verilerini ölçmek incelemek ve uygunluğunu tayin etmektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Literatür Taraması

Çalışmada amaç bir bölgenin meteoroloji verilerini toplayarak söz konusu bölgenin GES ve RES kurulumuna uygunluğunu belirlemektir. Bu amaçla bir meteoroloji istasyonu dizayn edilmiştir. Bu anlamda herhangi bir akademik çalışma olmasa da literatürde yenilenebilir enerji sistemleri üzerine yapılmış bir çok çalışma mevcuttur.

Dursun AYHAN , yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, Türkiye’de pilot bir bölge seçip o bölgedeki güneş ve rüzgar enerji potansiyeli incelenmiş ve bu potansiyelin bina elektrik talebini karşılamada şebekeye bağımlı ya da şebekeden bağımsız hibrid elektrik sistemi olarak kullanılmasının teknik ve maliyet olarak analizi yapılmıştır [4].

Çalışmada, İstanbul Göztepe Bölgesine ait meteorolojik veriler kullanılarak sekiz daireli bir binanın toplam elektrik talebinin güneş rüzgar hibrid elektrik güç sistemi ile karşılanması hedeflenmiştir. Yenilenebilir enerji sisteminin bina formuna montajı yapılarak binanın kendi bünyesinde çözüm sağlanmıştır. Kaynağının yetersiz kalması durumunda şebeke ile destek sağlanmaktadır. Gerçek meteorolojik verilerin yanı sıra modellenen hibrid sistemin farklı bölgelere kurulması ile oluşacak durumun analizi için rüzgar ve güneş kaynağı değerleri değiştirilerek alternatif senaryolar oluşturulmuştur[4].

Muhammet BİLGİN, yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, panel yüzey sıcaklığının fotovoltaik panellerin verimine etkisini incelemiştir[5].

Çalışmasında Meteoroloji verilerinin fotovoltaik panellerine verimlerinin aylara göre değiştiğini gözlemlemiş, en yüksek verimin mart ve nisan aylarında, en düşük verimin ise ocak ve şubat aylarında gerçekleştiğini gözlemlemiştir[5].

Yusuf KATIRCIOĞLU, Yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, doğu ve güneydoğu bölgesindeki 35 yıllık meteoroloji verilerini incelemiştir. Küresel ısınmanın iklim değişimine etkisini inceleyen yazar, ulaştığı sonuçlarla bölgedeki illerin yenilenebilir enerji potansiyellerini tespit etmiştir[6].

Çalışmada meteoroloji verileri, meteoroloji genel müdürlüğünden elde edilmiş ve analiz edilmiştir[6].

Celal KARACA yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında geleceğin enerji üretim yöntemlerini incelemiş ve temiz enerji kaynağı olarak sınıflandırılan kaynaklar aracılığı

ile bir evin ihtiyaç duyduğu enerjinin karşılanıp karşılanamayacağını incelemiştir. Sözkonusu çalışma orta anadoluda yer alan Konya ilinin iklim koşulları dikkate alınarak yapılmıştır. Konya ili için bir ailenin yaşadığı eve ait aylık ortalama enerji ihtiyacı baz alınmıştır. Konya'nın iklim koşullarına göre ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin, güneş ve rüzgar enerjisinden üretilmesi senaryosu irdelenmiştir. Bunun için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini güneş ve rüzgar enerjisinden üretecek bir sistem tasarlamıştır[7].

Çalışmada bir evin tüm enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik bir sistem geliştirilmiş, ancak güneşlenme süresinin düştüğü kış aylarında ihtiyaç karşılanamamış ve sisteme rüzgar türbinü eklenmiştir. Konya ilinde gerçekleştirilen uygulama sonucunda hibrit sistem kurularak bir evin ihtiyaçlarını karşılayabilecek enerjinin elde edilebileceği sonucuna varılmıştır[7].

M. Tahir UÇAR, yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında , öncelikli olarak güneş ve rüzgar enerjileri incelenmiş olup Dünya, Avrupa ve Türkiye'nin güneş ve rüzgar enerjisi potansiyellerini analiz etmiştir. Sonrasında ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneş ve rüzgar enerji potansiyeli incelenerek bu enerji kaynaklarının kullanımı ve bölgede uygulanabilirliği irdelenmiştir[8].

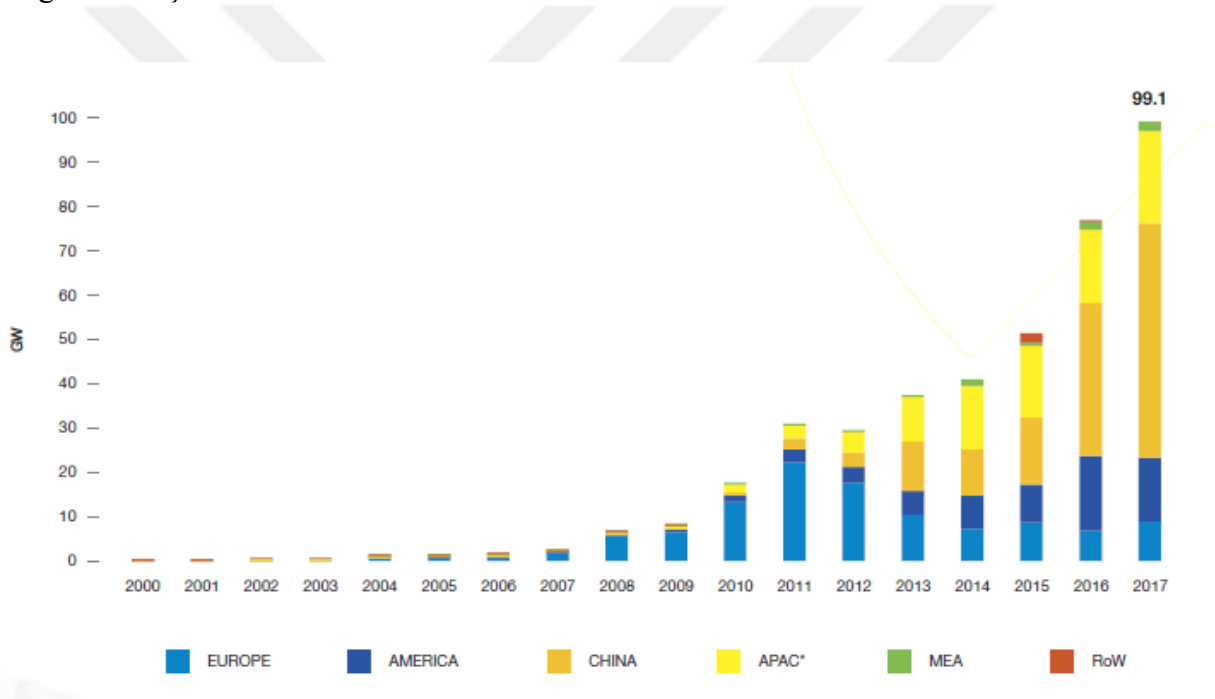
Çalışmasında Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli açısından Avrupadan önde olduğu sonucuna varılmış, özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin güneşlenme süresinin Türkiye ortalamasının üstünde olduğunu tespit edilmiştir[8].

Halil KUMBUR, Zafer ÖZER, H.Duygu ÖZSOY yaptıkları ortak çalışmada Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyelini değerlendirerek konvansiyonel enerji kaynakları ile alternatif enerji kaynaklarının çevreye olan zararları analiz edilerek ve bu zararların elektrik enerjisi üretim maliyetine olan etkileri değerlendirilmiştir[9].

2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünyanın son yüzyılda gördüğü en büyük ekonomik sarsıntılardan birisi olan 1973 yılı birinci petrol krizinin ardından enerji, tüm dünya ülkelerinin gündemlerinde en ön sıraya taşınmıştır. Bu krizin sonrasında derinden etkilenen tüm ülkeler enerji kaynakları ile ilgili yeni arayışlara başlamışlardır. Özellikle enerji açısından kendi ihtiyaçlarını karşılayamayan ithalatçı konumundaki ülkeler enerjinin sürdürülebilir kullanımı

açısından kendilerine yeni çözüm yolları çizmişlerdir. Aradan geçen 30 yıllık sürenin sonunda 2000'lerin başına gelindiğinde konvansiyonel kaynaklara alternatif kaynak arayışları büyük bir hız kazanmış ve bu alandaki arayışlar yenilenebilir enerji üzerinde yoğunlaşmıştır[10]. Fosil yakıtların tükenme riski ve çevreye verdikleri zarar son yıllarda küresel bir gündem haline gelmiş ve alternatif kaynaklara yönelimler hızlanmıştır. Söz konusu yönelim sonucunda yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynakları en önemli alternatif olarak ortaya çıkmışlardır. Özellikle çevre dostu olmaları ve bitmesi söz konusu olmadığından dünyada giderek cazip hale gelen yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi gelmektedir. Aşağıdaki grafikte 2000-2017 yılları arasında kurulan Fotovoltaik (PV) sistemlerinin yıllara göre gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 2000-2017 yılları arasında FV sistemlerin gelişimi[11]

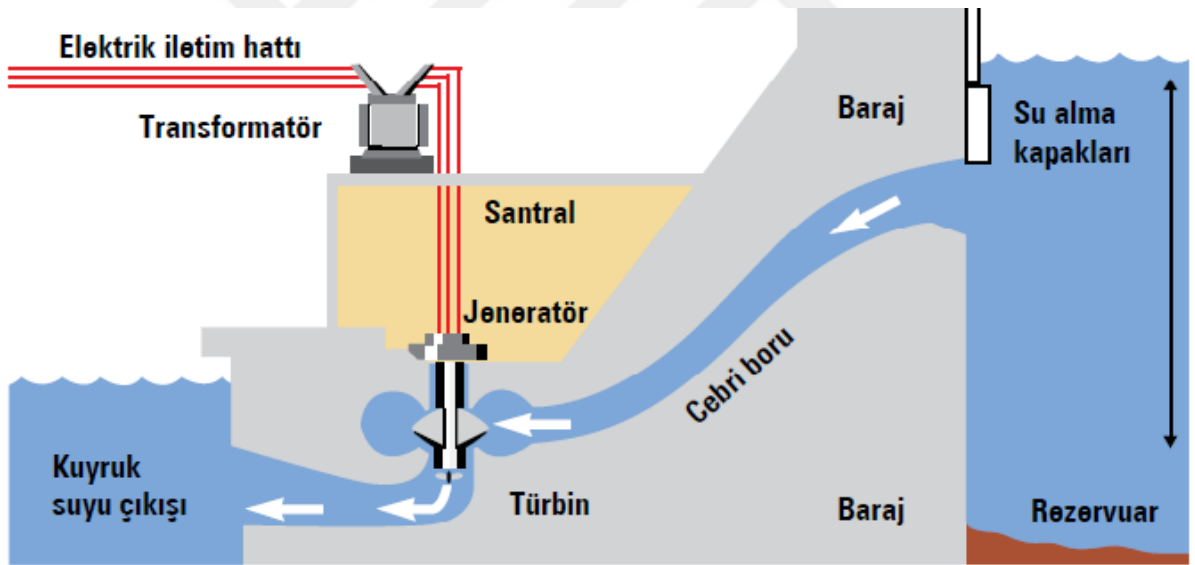
Şekil 2.1 de görüldüğü üzere 2000 li yıllardan itibaren fotovoltaiik sistemlerin kullanımı başta ABD, ÇİN ve Avrupa ülkeleri olmak üzere dünyanın çeşitli bölgelerinde arttığı anlaşılmaktadır. 2010 dan sonraki yıllarda Çin'in küresel teknolojinin merkezi haline gelme çabası PV sistemlerin gelişmesini etkilemiştir. 2017 yılında dünyadaki PV sistemler 2000 yılına göre neredeyse 100 kat artış göstermiştir. Bu durum dünyanın yenilenebilir enerji sistemlerine ne kadar önem verdiğinin ispatı niteliğindedir.

2.2.1 Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik santraller(HES) suyun potansiyel enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler. Suyun taşıdığı enerji miktarını birkaç faktör belirler. Örneğin akarsuyun taşıdığı enerji miktarı, nehrin büyüklüğü ile doğru orantılıdır veya su ne kadar yüksekten düşerse taşıyacağı enerji miktarı o oranda artar. Su borular vasıtasıyla türbinlere taşınarak, türbinlerin dönmesini dolayısıyla türbinlere bağlı jeneratörlerin mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmesini sağlar.[12].

Hidroelektrik santraller;

- Tükenmeyen enerji kaynağı olan sudan enerji elde etmeleri,
- Karbondioksit salınımı yapmamaları,
- Yapı ve inşa aşamasından yerli imkanlardan faydalanılması,
- Uzun ömürlü olması ve herhangi bir yakıta ihtiyaç duymaması,
- Bakım onarım maliyetinin düşük olması yönünden en önemli enerji kaynaklarındandır.



Şekil 2.2 Hidroelektrik santralin genel yapısı [12]

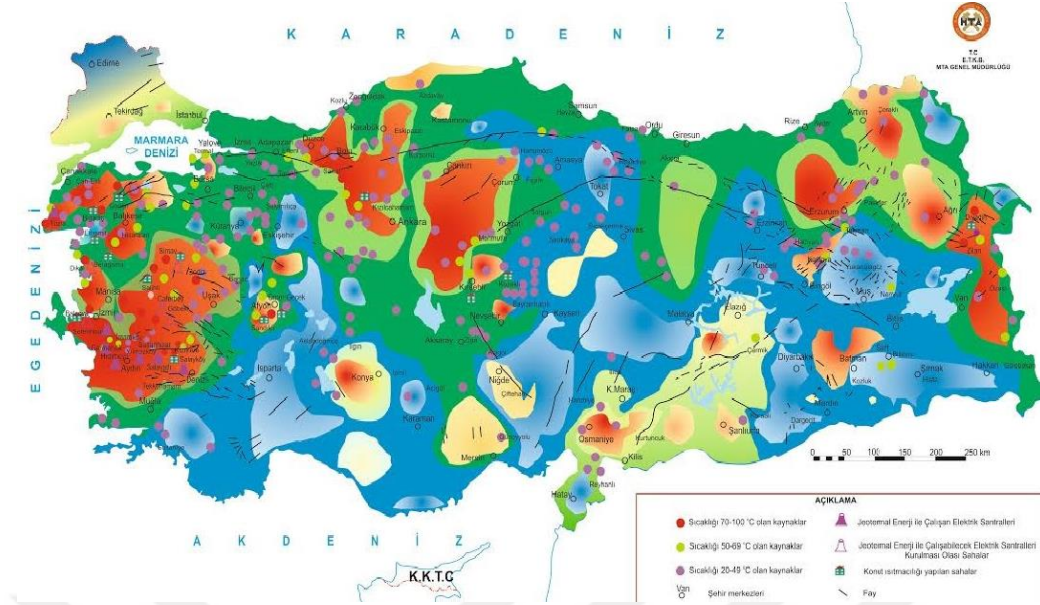
Su her ne kadar tükenmeyen bir kaynak olsa da hidroelektrik santrallerinin kuruldukları bölgelerde, bölgenin ekolojik dengesini, tarihi dokusunu ve yerleşim yerlerinin zarar görmesine sebep olmaktadır. Avantajlarının yanında bu gibi dezavantajlarının olması, hidroelektrik santralleri konusunda tartışmalar yaratmaktadır.

2.2.2 Biokütle Enerjisi

Biokütle organik maddelerden meydana gelen ve fosil kökenli olmayan biyolojik kütledir. Biokütle terimi çok geniş anlamda yaşayan organizmalardan üretilen madde anlamına gelir[10]. Biokütle enerjisi bitmeyen kaynak olması, her bölgede bulunması, kırsal alanlarda ekonomik gelişmelere katkı sağladığı için önemli bir enerji kaynağıdır. Biokütle enerjisi elde edebilmek için yüksek kalorifik değerli, endüstriyel olarak değerlendirilebilen bitkiler, otlar, yosunlar, deniz algleri, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, tüm evsel organik çöpler temel üretim bileşenidir. Fosil yakıtların kısıtlı olması ve bunların çevreye verdikleri zarar nedeniyle biokütle enerjisi, enerji sorununu çözmek için önemli bir kaynaktır. Tabiatı bulunan ve enerjilerini güneş enerjisinden fotosentez yardımıyla depolayan bitkiler enerji üretiminin ilk basamağında yer almaktadırlar. Biokütle “yaşayan yada yaşamış canlı organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir”. Biokütle enerjisinin dönüşüm döngüsü boyunca atmosferden aldıkları ve geriye verdikleri karbondioksit, fotosentez süreci boyunca geri alındığından biokütleden enerji elde edilmesi sırasında karbondioksit emisyonu bağlamında çevre korunmuş olur[13]. Bu nedenle biyokütle enerjisi çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir.

2.2.3 Jeotermal Enerji

Tarih boyunca temelde hastaların iyileştirilmesi ve koruyucu amaçlarla sağlık açısından kullanılan jeotermal kaynaklar modern dünyada; konut ısıtılması ve elektrik enerjisi üretiminde de önemli ölçüde kullanılmaktadır. Sanayi devrimi ve ardından ortaya çıkan teknolojik gelişime paralel olarak jeotermal kaynakların kullanım alanları çok çeşitlenmiş ve yeryüzüne kolayca çıkabildikleri aktif fay hatları boyunca yoğun bir şekilde kullanım imkanı bulmuştur. Kullanım alanlarının başında elektrik üretimi, termal uygulamalar ve endüstriyel üretim prosesleri gelmektedir. Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2018 yılı verilerine göre 14.369 GW’e düzeyindedir. Küresel boyutta üretim yapan ülkeler karşılaştırıldıklarında jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk sıralarda yer alan ülkeler; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir. Elektrik enerjisi üretimi dışındaki kullanım alanları incelendiğinde ise kurulu gücün 70.000 MW’ı aşmış olduğu ve bu alandaki ülkelerinde ABD, Çin, İsveç, Belarus ve Norveç olarak sıralandığı görülmektedir.[14].



Şekil 2.3 Türkiyede Jeotermal Kaynaklar Uygulama Haritası[15]

2.2.4 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen (H) evrende bulunan en bol ve en hafif elementtir. Hidrokarbon, karbonhidrat ve su gibi birçok molekülde bulunabilir, ancak saf hidrojen yeryüzünde enderdir. Hidrojen fosil yakıtlar gibi enerji kaynağı değil, bir enerji taşıyıcısı olup petrol, kömür ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjiyi depolamak ve bunu kullanışlı bir enerjiye dönüştürmek için kullanılır. Hidrojen 1800'lerden beri enerji için kullanılmakta olup fosil yakıtlar gibi birçok kaynaktan üretilebilmektedir. Bugünlerde Hidrojen, metan dönüştürülmesiyle üretilmektedir ancak nihai hedef sera gazı salınımı olmadan hidrojen üretmektir. Bu hedefe ulaşmak için bir seçenek bulunmakta olup bu seçenek güneş pilleri ve rüzgâr türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak suyun elektrolizidir. Bu yaklaşımdan elde edilebilecek bir diğer fayda ise yurt içinde üretilebilir olmasıdır ve bu da petrol ithalatına olan bağımlılığımızı azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca çevre dostudur, hava kirliliğine yönelik olarak hiçbir zararı söz konusu değildir[16].

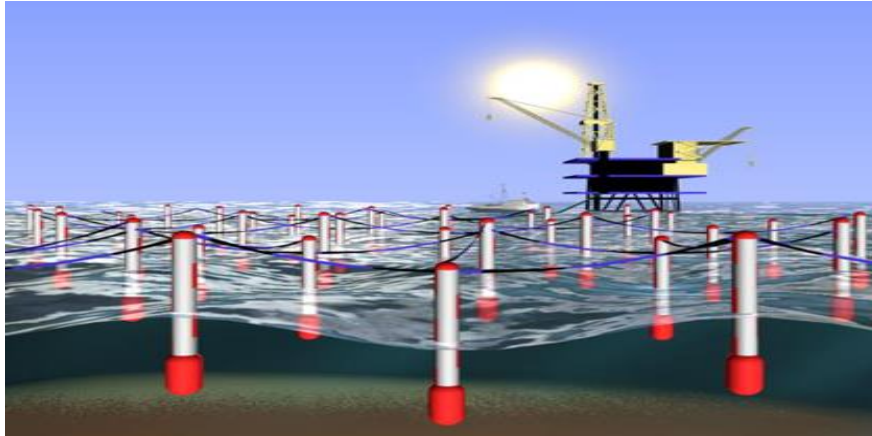


Şekil 2.4 Hidrojen Enerjisi dönüşüm sistemi [16]

2.2.5 Dalga Enerjisi

Rüzgar, deniz ve okyanus yüzeylerinde dalgalar oluşmasına sebep olur. Dünya üzerindeki deniz ve okyanusların bir çoğunda rüzgar, dalgalar oluşturacak kadar güçlüdür. Deniz ve okyanuslardaki bu dalgalar çok büyük enerji taşırlar. Dalga enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren makineler, dalgaların yüzey hareketlerinden veya dalga basınçlarından elektrik enerjisi üretirler[17].

Dalga enerjisinden faydalanmak için birçok proje mevcuttur. Dalga enerjisi kıyı kesimlerde, kıyıdan biraz uzakta ve açık denizlerde olmak üzere birkaç farklı yerde elektrik enerjisine dönüştürülebilir[17]. Şekil 2.5 de bir dalga enerjisi üretim sistemi gösterilmiştir.

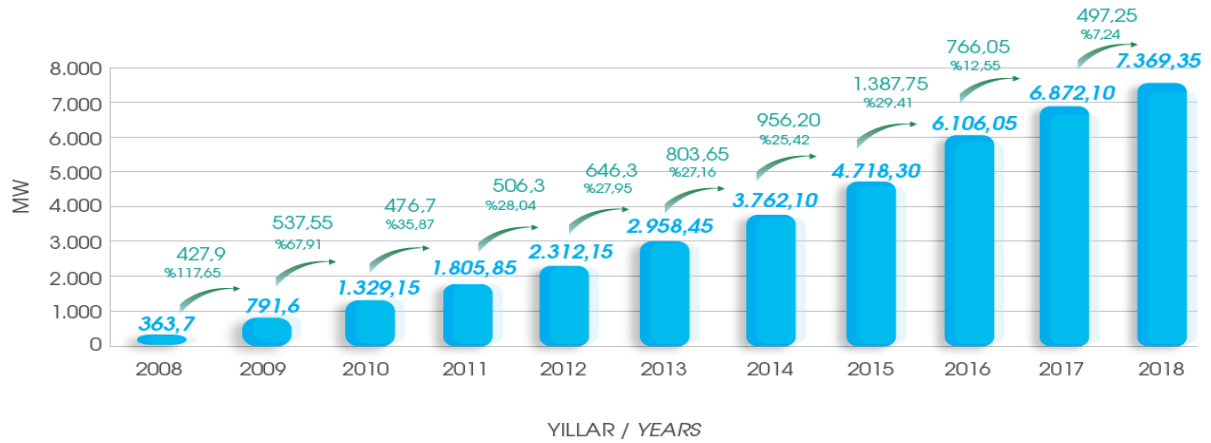


Şekil 2.5 Dalga Enerjisi Üretim Sistemi[17]

2.2.6 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi; tükenmeyen, doğaya zarar vermeyen ve güneşin atmosferi homojen ısıtmaması sonucu oluşan bir kaynaktır. Başka bir ifadeyle, hava kütlelerinin güneş sayesinde ısınarak yer değiştirmesi olayına Rüzgar denir. Rüzgar, arazilerin topografik özellikleri, coğrafi konum ve havanın heterojen ısınmasından dolayı yöresel farklılıklar gösterir[18].

Ülkemizde rüzgar enerjisine yönelik kayda değer yatırımlar 1998 yılında kurulan Rüzgar Enerjisi Santrali (RES) ile başlamıştır. Bundan yaklaşık 7 yıl sonra 2005 yılında rüzgar enerjisini teşvik etmeye yönelik bir kanuni düzenleme ile yeni rüzgar santrallerinin kurulmasının önü açılmıştır. Bu yatırımların istenilen düzeyde ivme sağlamaması nedeni ile 2010 yılında yatırımcıların rüzgar enerjisine yönlendirilmesini öngören YEK yasası çıkartılmıştır. RES’lerde özellikle 2010 yılından sonra artış Şekil 2.16 verilen grafikte görüleceği gibi çok önemli bir ivme kazanmıştır. [18].



Şekil 2.6 Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kurulu Güçlerinin Yıllar İçerisindeki Değişimi [19]

Şekil 2.6 da Türkiye’deki rüzgar enerjisi santrallerinin kümülatif kurulumunu göstermektedir. 2008 yılında 363,7 MW kurulu güç 2009 yılında %117 lik artış, 2018 yılına kadar gerçekleşen en büyük artış olarak göze çarpmaktadır. Takip eden yıllarda rüzgar enerji santrali kurulu gücü ortalama her yıl %25 artış göstererek 2018 yılında 7369 MW düzeyine gelmiştir. Bu gelişimin ilerleyen yıllarda da devam etmesi öngörülmektedir.

2.2.7 Güneş Enerjisi

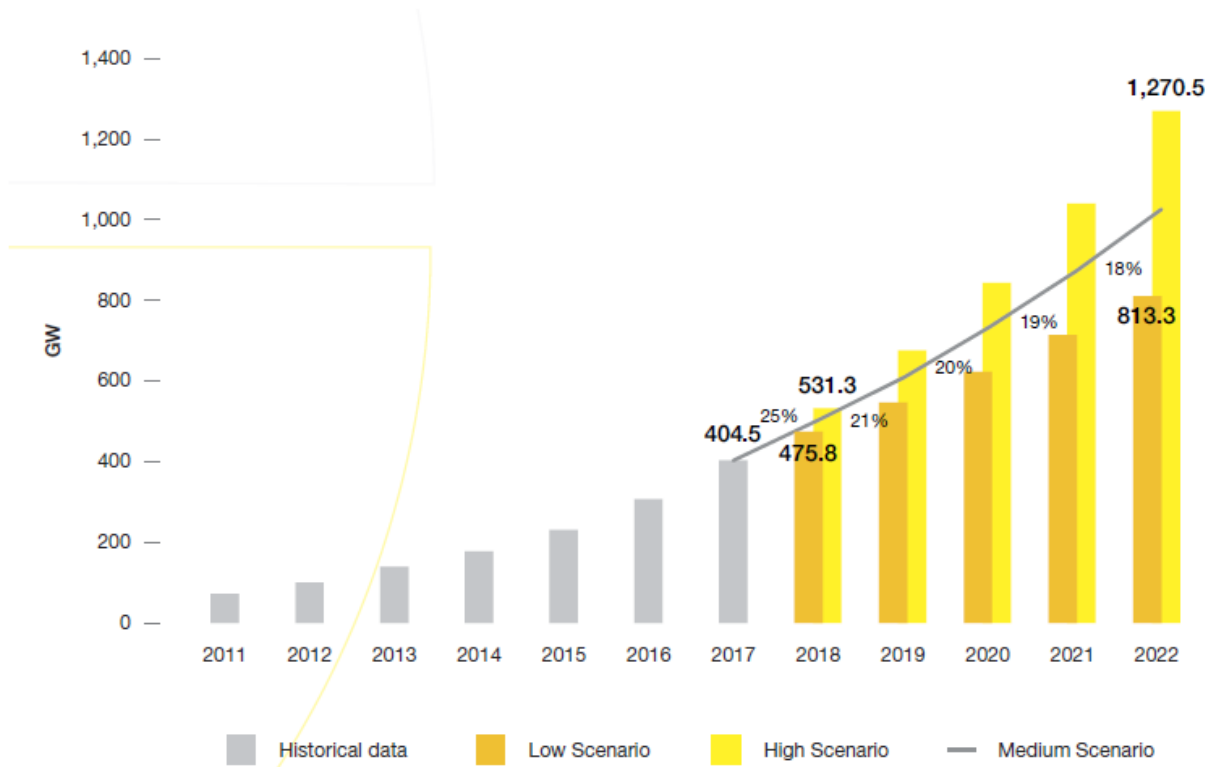
Dünyada mevcut bulunan tüm enerji kaynaklarının temelinde güneş enerjisi yer almaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde çok yaygın olarak kullanılan fosil kökenli

yakıtlar, çok uzun bir dönüşüm süreci boyunca güneşten aldıkları enerjiyi üzerlerinde depolayan canlıların başkalaşıma uğrayarak dönüşüm geçirmeleri sonucu oluşmuştur. Fosil kökenli kaynaklar çok yüksek hızda tüketilmeleri nedeni ile mevcut potansiyelleri ile çok yakın gelecekte tükenenlerdir. Bu nedenle söz konusu bu kaynakların yerini alabilecek alternatif ve çevreye zarar vermeyen başka enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarının arasında ilk sıralarda yer alan kaynaklardan birisi de güneş enerjisidir.

Güneş enerjisi, güneşi oluşturan elementlerin füzyon reaksiyonu ile ortaya çıkardıkları çok büyük miktardaki ışıma enerjisidir. Dünyamıza ulaşan bu enerjinin atmosferin dışındaki değeri 1370 W/m^2 dir, yeryüzüne ulaşan miktarı ise atmosferdeki kırılma, yayılım ve saçılma olaylarından dolayı 1100 W/m^2 değerine düşmektedir[20]. İnsanlığın ihtiyacı, dünyaya ulaşan güneş enerjisinin çok daha azı ile karşılanabilir. Güneş enerjisini kullanmak için çalışmalar 1970'lerden sonra artmış, güneş enerjisi teknolojileri gittikçe gelişim göstermiştir. Bu gelişim günümüzde de hızla devam etmektedir. Güneş enerjisi, temiz olması ve doğaya zarar vermiyor olması dolayısıyla kendini kabul ettirmiş bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisinin ülkemizde alternatif enerji kaynağı olarak kabul edilerek bu kaynak üzerinden çalışmaların başlaması 1960'ların başlarına tarihlenmektedir. Bu tarihten sonra üniversitelerde bilimsel olarak çalışmalar yapılmaya başlanmış ve güneş enerjisi konusundaki ilk ulusal kongre 1975 yılında İzmir'de gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ilk pasif güneş enerjisi uygulaması da Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) bünyesinde 1975 yılında yapılmıştır.

Dünyada ve ülkemizde güneş enerjisinin alternatif bir enerji kaynağı olarak kullanılması ilk yıllarda yüksek kurulum maliyetlerinden dolayı çok cazip olmasa da teknolojik gelişmeler son yıllarda bu maliyeti azaltmış bununla beraber verimi de arttırmıştır. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde dünyada güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme, bireysel kullanımdan güneş tarlalarına kadar ilerlemiş, artık GW lara varan kurulu güç sahip güneş tarlaları işletmeye alınmaya başlanmıştır. Aşağıdaki grafikte 2011 yılından 2017 yılına kadar dünyadaki toplam kurulu GES ve 2022 ye kadar gerçekleşmesi öngörülen kurulu güç senaryosu verilmiştir.



Şekil 2.7 Dünyadaki toplam GES kurulu güç senaryosu[11]

Şekil 2.7 de 2017 yılına kadar güneş enerji santrallerinin kurulu gücü ve 2017-2022 yılları arasındaki kurulu güç projeksiyonu gösterilmiştir. 2011 yılında ki kurulu gücün 2017 yılına kadar yaklaşık 8 katına çıktığı görülmektedir. 2017 yılından sonra beklenen en yüksek, en düşük ve ortalama kurulu güç artışları şekilde farklı renklerle gösterilmiştir.

Güneş enerjisinin yayılması konusunda dalga teoremi ve parçacık teoremi olarak iki temel teorem bulunmaktadır. Parçacık teoremine göre güneş enerjisi foton adı verilen küçük enerji taşıyıcıları aracılığı ile iletilmektedir. Güneşten gelen fotonları yakalayıp taşıdıkları enerjiyi absorbe ederek elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken yapılara güneş hücreleri, başka bir deyişle fotovoltaik paneller denilmektedir. Fotovoltaik paneller, PN jonksiyonuna sahip pek çok yarıiletkenin seri ve paralel olarak birbirlerine bağlanmaları sonucu oluşurlar. Hücre adıda verilen bu yapılar silikon olarak bilenen ve dünyamızda çokça bulunan element temel alınarak üretilir. Hücreler fotonların taşıdığı enerjiyi absorbe etmek üzere bir pozitif ve bir de negatif katmandan oluşurlar. Güneşten gelen fotonlar güneş panelinin üzerinde bulunan bahsettiğimiz bu yapılar tarafından absorbe edildiklerinde negatif yüklü atomlardan bir elektronu serbest hale getirirler ve buda elektrik akımının oluşmasına neden olur. Gerçekleşen bu elektron hareketi DC elektrik akımını meydana getirir. Böylece güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüşür.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin diğer yöntemlerini ise aşağıdaki gibi sıralayabiliriz[8]

- 1) Doğrusal Yoğunlaştırıcılar ile elektrik üretimi
- 2) Noktasal yoğunlaştırıcılar ile elektrik üretimi
- 3) Isıl güneş enerji teknolojisi ile elektrik üretimi
- 4) Parabolik oluklar ile elektrik üretimi
- 5) Parabolik çanak toplaçlar ile elektrik üretimi
- 6) Merkezi alıcılı güneş sistemleri ile elektrik üretimi
- 7) Frensel oluk teknolojisi ile elektrik üretimi
- 8) Basınçlı hava alıcılı kule ile elektrik üretimi
- 9) Güneş bacası ile elektrik üretimi
- 10) Fotovoltaik teknoloji ile elektrik üretimi

Aşağıda fotovoltaik güneş paneller ile yapılmış bir güneş tarlası gösterilmiştir.



Şekil 2.8 FV Güneş Tarlası[21]

2 MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında , bulunduğu bölgede basınç, sıcaklık, nem, rüzgar yönü ve şiddeti, yağmur miktarı ve güneş ışıınım değerlerini ölçen, ölçtüğü bu verileri kablosuz olarak aktaran bir meteoroloji istasyonu tasarlanması amaçlanmıştır. Tasarlanan cihaz söz konusu verileri SD kart üzerinde kaydederken aynı zamanda üzerinde bulunan TFT ekran sayesinde anlık olarak da göstermektedir.

Tez çalışmasında Arduino UNO R3 mikrodnetleyici kartı kullanılmıştır. Bununla beraber meteoroloji istasyonu ölçüm kiti, Sparkfun Weather Shield ve yine Sparkfun Temt 6000 ışık sensörü kullanılmıştır. Verileri anlık görmek için Nxtion NX4827T043 TFT ekran tercih edilmiştir. Devrenin beslenmesi için 12V 1,3 mA aküler kullanılmış, bu akülerin şarj edilmesi için 10W güneş paneli seçilmiştir. Güneş paneli çıkışına gerilimi sabitlemek amacıyla LM2596 ayarlı regüle devresi kullanılmış, aynı devre akünün çıkışına da konarak arduinonun yüksek gerilimlerde zarar görmesi engellenmiştir.

2.1 Materyal

2.1.1 Arduino

Arduino tasarımı 1995 yılında İtalyanın Evrea şehrindeki Interactive Design Institute kurumunda öğretim üyeliği yapan Massimo Banzi tarafından yapılmıştır. Amacı öğrenci projelerinde kullanmak üzere ucuz, kullanımı kolay bir kontrolör kart tasarlamaktır. Benzer düşünceleri olan Malmö Üniversitesinden Davit Cuartielles ile beraber ilk Arduino kartını geliştirmişlerdir[22].

Arduino elektronik uygulamalarımızı geliştirebilmemiz için, genellikle Atmel işlemcilerin kullanıldığı açık kaynaklı esnek bir platformdur. Arduino'nun farklı modelde kartları, birçok işlem yapmaya yarayan eklentileri ve program yazmaya yarayan Arduino IDE bulunur.



Şekil 2.1 Arduino Uno ve Arduino Ide

Arduino işlemcisinin programlanması için kullanılan arayüz programı oldukça basit ve C benzeri bir dil kullanmaktadır. Programın Türkçe dil desteği de bulunmaktadır. Şekil 3.1 de ekran görüntüsü gösterilmiştir. Arduino açık kaynak kodlu bir mikroişlemci kullandığından, herhangi bir proje için gerekli kaynak kodlar, kütüphaneler şeklinde daha önceden hazırlanıp paylaşılmış olabilir. Proje geliştiricileri bu hazır kütüphaneleri kullanarak projelerini kolaylıkla bitirebilirler.

2.1.2 Arduino'nun Avantajları

Arduino kullanımı ve programlanması açısından basit ve açık kaynaklı bir platformdur. Bunun yanında ucuz, kolay erişilebilmesi ve ekstra fonksiyonlarla gelişmeye açık projeler geliştirmemizi sağlar[10]. Ayrıca piyasada satılan temel özellikleri aynı olmak koşuluyla, proje boyutuna, ihtiyaç duyulan giriş ve çıkış sayısına göre tercih edilebilecek oldukça farklı arduino modelleri bulunmaktadır.

2.1.3 Arduino Uygulamaları

Arduino kolay bir şekilde çevresiyle etkileşime girebilen sistemler tasarlanabilir açık kaynaklı bir geliştirme platformudur. Bu yüzden kullanıcı istediği şekilde düzenlemeler yapabilir[12]. Aşağıda arduino'nun sağladığı bazı kolaylıklar sıralanmıştır.

- Arduino kütüphaneleri sayesinde kolaylıkla programlanabilir.
- Analog ve dijital girişleri sayesinde analog ve dijital veriler işlenebilir.
- Sensörlerle çalışabilir olduğundan sensörlerden gelen veriler kullanılabilir.
- Dış dünyaya çıktılar (ses, ışık, hareket, yazı, resim vs.) üretilebilir.
- Kart ile robotik ve elektronik uygulamaları kolayca gerçekleştirilebilir.
- Arduinoda kullanılan programlama dili basit olduğundan, çok sayıda kaynak bulmak mümkündür
- Yazılımları ücretsiz olarak indirilebilir ve Mac OS X, Windows ve Linux desteği bulunmasından dolayı işletim sistemi uyum problemi yaşanmadan uygulama geliştirilebilir.

2.1.4 Arduino Donanım Özellikleri

Arduino çeşitlerine göre farklı donanım özelliklerine sahip olsada temel olarak tüm arduinolar aşağıdaki özelliklere sahiptir[22-23]

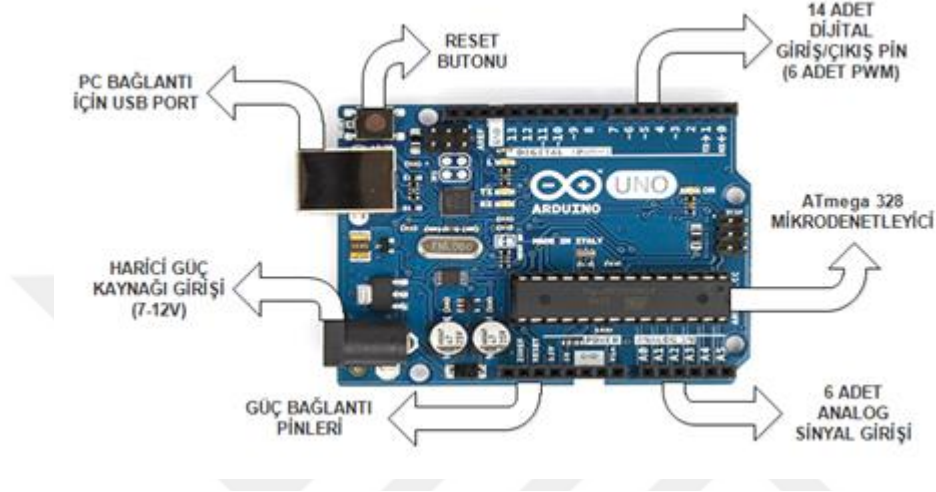
- ATmega mikro işlemci,
- 5 voltluk regüle entegresi,
- 16MHz kristal osilator ya da seramik rezonatör,
- Flash memory,
- SRAM ,
- EEPROM

2.1.5 Arduino Çeşitleri

Teknolojinin gelişmesiyle beraber Arduino çeşitleri de gün geçtikçe artmaktadır, genel olarak Arduino çeşitlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz[10-13].

- Arduino Uno
- Arduino Leonardo
- Arduino Due
- Arduino Yun
- Arduino Tre
- Arduino Micro
- Arduino Robot
- Arduino Espola
- Arduino Mega ADK
- Arduino Ethernet
- Arduino Mega 2560
- Arduino Mini
- LilyPad Arduino USB
- LilyPad Arduino Simple
- LilyPad Arduino SimpleSnap
- LilyPad Arduino
- Arduino Nano
- Arduino Pro Mini

Bu çalışmada sıcaklık, basınç, nem, rüzgar yönü ve şiddeti ve güneş ışınlam, yağış miiktari değerlerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Bu değerleri ölçüm okumak, ve kablosuz iletmek için, basit yapısı, ucuz olması ve yeterli donanım özelliklerine sahip olması dolayısıyla Arduino Uno kullanılması tercih edilmiştir.



Şekil 2.2 Arduino Uno R3[24]

Çalışmada kullanılacak Arduino Uno R3'ün teknik özellikleri aşağıda açıklanmıştır

2.1.5.1 Arduino'da Güç:

Arduino Uno'ya direk bilgisayarın USB girişinden veya uygun çıkış gerilimine sahip bir adaptör üzerinden beslenebilir. Veya direkt olarak Vin (+) ve GND (-) pinlerinden de besleyebilmektedir.

Çalışması için 6-20V arası bir gerilim limit değerleri bulunmaktadır. 7 V altında stabil çalışmaması ve 12 V üzerinde aşırı ısınmalar oluşması sebebiyle 7-12 V aralığı en uygun gerilim aralığı olarak önerilmektedir[25].

- Vin: dışarıdan direkt güç almak için kullanılan pin.
- 5V: 5V çıkış gerilimi sağlar.
- 3V3: Maksimum 50mA çıkış akımı sağlayan 3,3 V gerilim çıkışı
- GND: Şase (-) pinleridir.

2.1.5.2 Arduino'da Giriş/Çıkış(I/O)

Arduino Uno'da 14 adet dijital, 6 adet analog giriş/çıkış pini bulunmaktadır. Tüm pinlerin lojik seviyesi 5V'dur. Her pin maksimum 40mA giriş ve çıkış akımı ile çalışır. Bazı özel pinler aşağıda belirtildiği gibidir:

Seri Haberleşme- 0 (RX) ve 1 (TX): Seri veri alma pini(RX) veri iletme pini(TX). Bu pinler ayrıca bilgisayarla da iletişim sağlayan pinler olduğundan, bilgisayarla iletişim sağlandığı sırada bu pinlerin başka bir iletişim için kullanılmaması gerekir. Aksi halde arduino'ya veri yükleme sırasında hata alınacaktır.

Harici Kesme -2 ve 3: Bu 2 pin yükselen kenar, düşen kenar veya değişiklik kesmesi pinleri olarak kullanılabilir.

PWM pinleri - 3,5,6,9,10 ve 11: 8-bit çözünürlükte PWM pinleridir, yanında sinüs işareti ile gösterilmişlerdir.

SPI- 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK): SPI haberleşmesi için kullanılan pinlerdir.

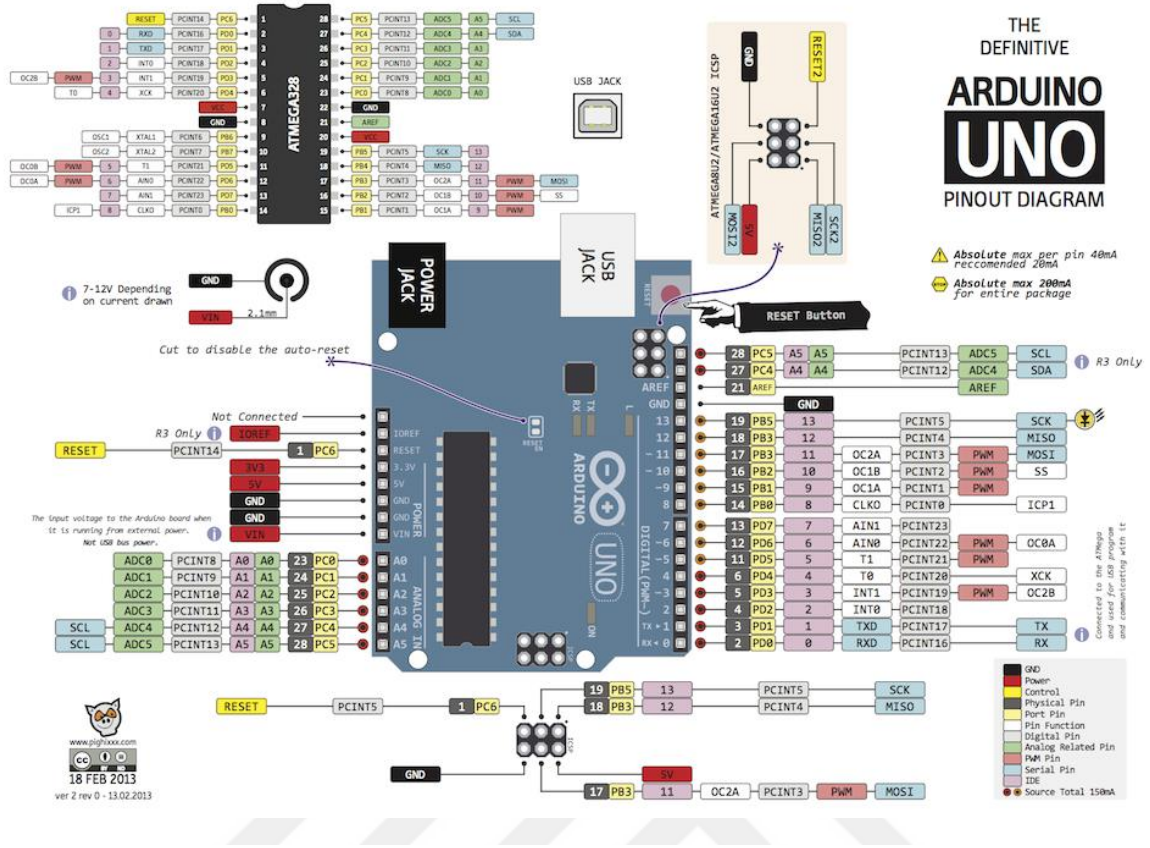
LED- 13: Kart üzerindeki dahili LED 13 numaralı dijital pine bağlıdır.

Analog- A0,A1,A2,A3,A4,A5: 10-bit çözünürlüğe sahip analog giriş pinleri bulunmaktadır. Bu pinler aynı zamanda dijital giriş ve dijital çıkış için de kullanılabilir. Pinlerin çalışma aralığı 0-5V'tur. AREF pini ve analogReference() fonsiyonu sayesinde alt ve üst limit değiştirilebilir.

A4(SDA) pini ve A5(SCL) pini: I2C haberleşmesi için A4 ve A5 pinleri kullanılır.

AREF: Analog girişler için kullanılan ölçüm referansı pinleri.

Reset: Kart üzerindeki reset butonuna basılarak da LOW yapılabilir.



Şekil 2.3 Arduino uno Pinout[26]

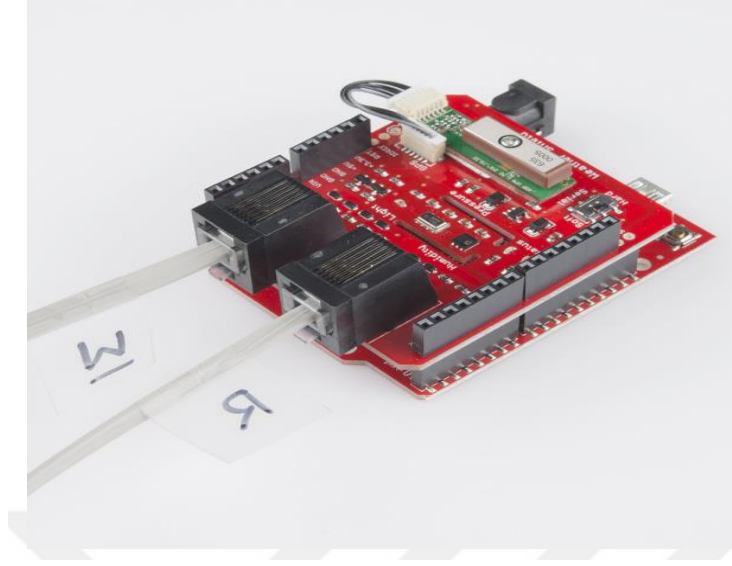
Yukarıda açıkladığımız gibi PWM pinleri 3,5,6,9,10 ve 11 numaralı dijital pinlerdir[26].

2.1.5.3 Arduino Uno'yu Bilgisayara Tanıtma

Arduino ile bilgisayar arasında iletişim sağlamak, yazılan kodları yüklemek için Arduino IDE arayüz programının bilgisayara yüklenmiş olması gerekmektedir. Aşağıdaki adımlar izlenerek arduino ile bilgisayar arasında iletişim sağlanabilir.

- 1) Araçlar>Kart>Arduino Uno ile kullanılan arduino çeşidi belirlenir.
- 2) Araçlar>Port ile Arduino Uno'nun hangi porta bağlı olduğu seçilir.

2.1.6 Sparkfun Hava Kartı



Şekil 2.4 Sparkfun Hava Kartı[27]

Hava kartı barometrik basınç, bağıl nem, ve sıcaklık değerlerini ölçen bir karttır. Üzerinde ayrıca bir adet ışık sensörü mevcuttur. Biz çalışmada bu ışık sensörünü kullanmayıp, haricen TLS2561 ışık sensörü kullanarak güneş ışıınım değerleri ölçülmüştür. Rüzgar hızı / yönü, yağmur göstergesi ve GPS gibi isteğe bağlı sensörlere bağlantılar da vardır. Hava kartı ayrıca arduino uno ile uyumlu olduğundan, bağlı olduğu pinler sayesinde direk olarak arduinonun üzerine yerleştirilerek kullanılabilir. Ayrıca kablolama yapmaya ihtiyacı duymadığından oldukça sade bir kullanım olanağı sağlar. Kart aşağıdaki özelliklere sahiptir[27].

- Kullanılan sensörler HTU21D nem sensörü, MPL3115A2 barometrik basınç sensörü ve ALS-PT 19 ışık sensörü .
- GP-635T kompakt GPS modülü konektörü
- SparkFun hava ölçüm kitleri için isteğe bağlı konektörlere sahiptir
- Hava kartı 3V ile 10V arasında çalışabilir
- $\pm 2\%$ nem hassasiyeti
- $\pm 50\text{Pa}$ basınç hassasiyeti
- $\pm 0.3\text{C}$ sıcaklık doğruluğu

2.1.7 Sparkfun Hava Ölçüm Kiti



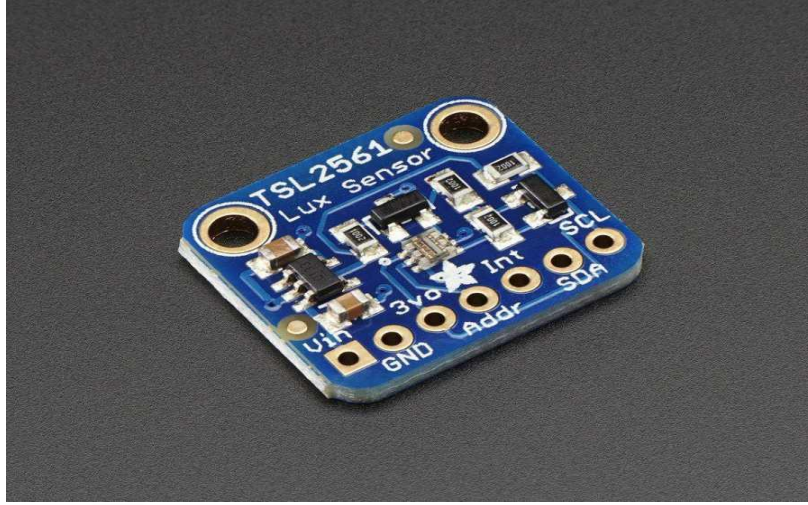
Şekil 2.5 Sparkfun Hava Ölçüm Kiti[28]

Meteoroloji istasyonu tasarlamak için temel ölçüm kitidir. Bununla birlikte, meteorolojik büyüklükleri ölçerken, bazı özel sensörlere ihtiyaç duyulur. Bu kit meteorolojik ölçümün üç temel bileşenini üzerinde barındırır, bunlar; rüzgar hızı, rüzgar yönü ve yağış.

Bu kit içindeki sensörlerin hiçbiri aktif elektronik devre içermez, bunun yerine kapalı manyetik sivri şalterler ve mıknatıslar kullanırlar, böylece herhangi bir ölçüm almak için bir voltaj kaynağına ihtiyaç duymaz. Bunun olumlu yanı, sensörlerin yorumlanmasının kolay olmasıdır.

Yağmur göstergesi, toplanan her 0.011 inç($0.011 \times 2.54 = 0.02794$ cm) yağmur için anlık bir düğme kapanmasını etkinleştiren, kendiliğinden boşalan bir kova tipi yağmur göstergesidir. Anemometre (rüzgar hızı ölçer), sadece her dönme yönünde bir anahtarı kapatarak rüzgar hızını kodlar. 1.492 MPH rüzgar hızı saniyede bir kez bir anahtar kapanmasını sağlar. Son olarak, rüzgar gülü, rüzgar yönünü sensör içindeki dirençlerin kombinasyonu tarafından üretilen bir voltaj olarak bildirir.

2.1.8 TSL2561 Işıık Sensörü



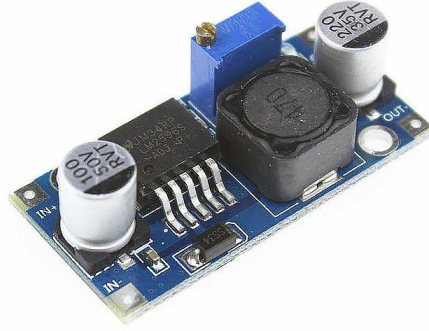
Şekil 2.6 TSL261 Işıık Sensörü

TSL2561 SparkFun Luminosity Sensor Breakout, görünür spektrumun boyunca doğrusal çıkış veren bir ışık sensörüdür. Basit sensörlerin aksine, TSL2561 insan gözünün tepkisini daha iyi yaklaştırmak için hem kızılötesi hem de görünür ışığı ölçer. TSL2561, bir entegrasyon sensörü olduğundan (önceden belirlenmiş bir süre ışığı emer) entegrasyon süresini değiştirerek hem düşük hem de yüksek ışık şiddetini ölçebilir[29].

TSL2561, doğrudan I2C iletişimi yapabilir ve 0.1 - 40k + Lux arasında belirli ışık aralıklarını kolayca yönetebilir. Ek olarak, TSL12561 aynı anda iki fotodiyottan gelen akımları birleştiren iki adet tümleşik analog-dijital dönüştürücüyü (ADC) içerir. Her ölçme işlemi, 3 V'luk bir besleme voltajı ve maksimum 0,6mA'lık bir düşük besleme akımı gerektirir[29].

2.1.9 LM2596 Ayarlanabilir Regüle Modülü

LM2596 Ayarlanabilir DC-DC Çevirici 4V DC - 35V DC arası giriş gerilimlerini 1.23V DC - 30 VDC aralığında regüle edebilen arduino uyumlu bir modüldür. Üzerinde bulunan trimpot aracılığı ile çıkış gerilimi 0-35 V aralığında ayarlanabilir.. Küçük boyutları ile oldukça kullanışlı olan bu modül üzerinde LM2596 regüle entegresi bulundurulur. Devre 3A DC' ye kadar olan akımı taşıyabilir[30].



Şekil 2.7 LM2596 Gerilim Regülatörü[31]

2.1.10 Nextion TFT Ekran

Nextion firması tarafından üretilen bu dokumatik ekran , insan ile bir proses, makine, uygulama veya cihaz arasında kontrol ve görselleştirme arayüzü sağlayan İnsan Makine Arabirimi (HMI) adı verilen TFT yapıllı ekrandır. Bu dokunmatik ekran, uygulamalar açısından incelendiğinde temel olarak tüketici elektroniği alanında yer bulmakta olduğu görülmektedir. Geleneksel LCD ve LED Nixie tüpünü değiştirmek amacıyla geliştirilmiş ve Nextion Editor adı verilen yazılımıyla, kullanıcılara kendi arayüzlerini oluşturma olanağı sağlamaktadır[31].



Şekil 2.8 Nextion TFT ekran

2.1.11 RTC 1302 Gerçek Zaman Saati

DS1302 entegresi saniye, dakika, saat, gün, ay ve yıl bilgisini sürekli olarak içinde tutabilen bir RTC entegresidir.



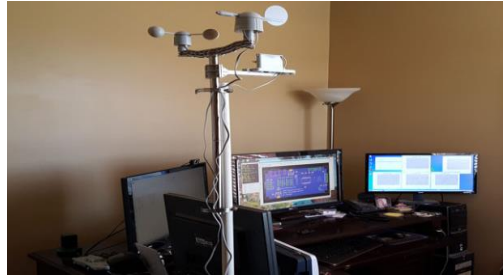
Şekil 2.9 RTC 1302 Gerçek Zaman Saati Modülü

2.1.12 Akü Şarj Regülatörü

Güneş panelinden akü şarj edilirken çıkışındaki dalgalanmalar akü ömrünü etkilemektedir. Bu nedenle güneş panelinin çıkışında gerilimi sabitlemek için bir regülatör ihtiyacı doğmuştur. Kullanılan regülatör akü dolduğunda şarj devresini açmakta ve güneş panelinden aküye akım geçişini engellemektedir.

2.2 Yöntem

Tez çalışmasında Şekil 3.10 de görülen istasyon ve Şekil 3.11 de gösterilen TFT ekranı tasarlanmıştır. Materyal kısmında istasyon ve alıcı devresine ait tüm komponentler tanıtılmıştır. Burada yapım aşamalarından, devrenin çalışma prensibinden ve yazılımdan bahsedilecektir.



Şekil 2.10 Hava İstasyonu

Rüzgar	19	Sıcaklık	28
	km/h		°C
R. Yönü	270	Nem	39
			%
Yagmur	0	Basınc	1012
	mm		hPA
Güneş I.		520	
		W/cm^2	

Şekil 2.11 TFT Ekran

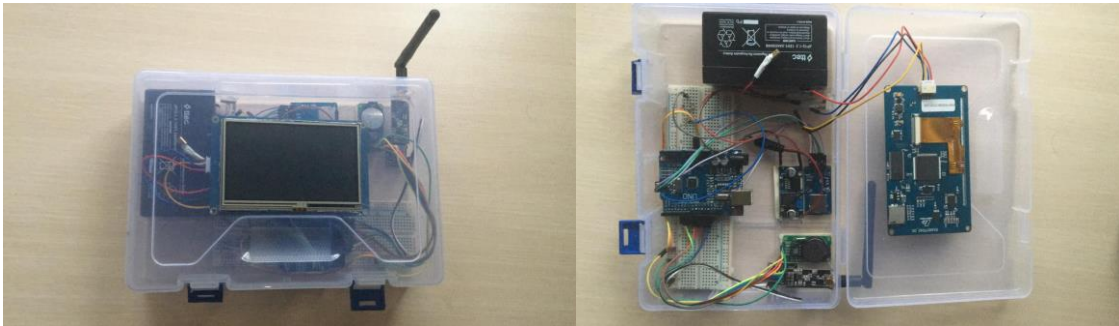
2.2.1 Tasarlanan Sistemin Yapısı ve Çalışma Prensibi

2.2.1.1 Sistemin yapısı

Çalışmada verilerin ölçüldüğü verici istasyon ve ölçülen verilerin TFT ekran üzerinden anlık olarak görüldüğü ve SD karta kaydın alındığı iki ana istasyondan oluşmaktadır. İstasyonlardan biri hava kitinin olduğu ve verilerin sensörlerle ölçüldüğü verici istasyonudur.

Verici istasyonda basınç, sıcaklık, nem güneş ışınımı, rüzgar yönü ve şiddeti, yağmur miktarı verileri ölçülerek NRF24L01 ile kablosuz olarak alıcı istasyona gönderilmektedir. Sensörlerin verileri doğru ölçebilmesi için yapım aşamaları aşağıda verilmiş kafes şeklinde PVC kullanılarak yapılan koruyucu birim içerisine monte edilmiştir. Kafes içerisinde sensörler, akü, akü regüle devresi ve arduino arasında yine bir gerilim regülatörü mevcuttur. Kafesin hemen üzerinde istasyonun ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretmek için bir adet 10 Watt güneş paneli konumlandırılmıştır. Sensörlerin doğru ölçüm yapabilmesi için hava dolaşımının sağlanması gerekmektedir. Bunu sağlamak ve sağlıklı ölçümler yapabilmek için tasarlanan kafesin dört kenarı menfez şeklinde olup, içeriye yağmur suyunun girmesini engelleyebilir durumdadır.

Alıcı İstasyonda bir NRF24L01 sayesinde alınan veriler arduino'da işlenerek TFT ekranda anlık olarak gösterilmektedir. Aynı zamanda SD modülü üzerinden veriler kayıt altına alınmaktadır. Sistemin enerjisi akü üzerinden alınmaktadır. İstasyonda aynı anda SD kart modülü, TFT ekran, NRF24L01 haberleşme modülü akım çektiği için 9V luk piller tercih edilmemiş, Li-Po pil maliyetleri yüksek olduğundan dolayı akü tercih edilmiştir. Bu durum alıcı istasyonun boyutu ve ağırlığında olumsuz etki yaratmasına karşın daha verimli bir çalışma imkanı tanımıştır. Akü ile Arduino Uno'nun beslenmesi için verici istasyonda kullanılan LM2596 ayarlı regüle modülü burada da kullanılmıştır.



Şekil 2.12 Alıcı İstasyon İç ve Dış Görüntüsü

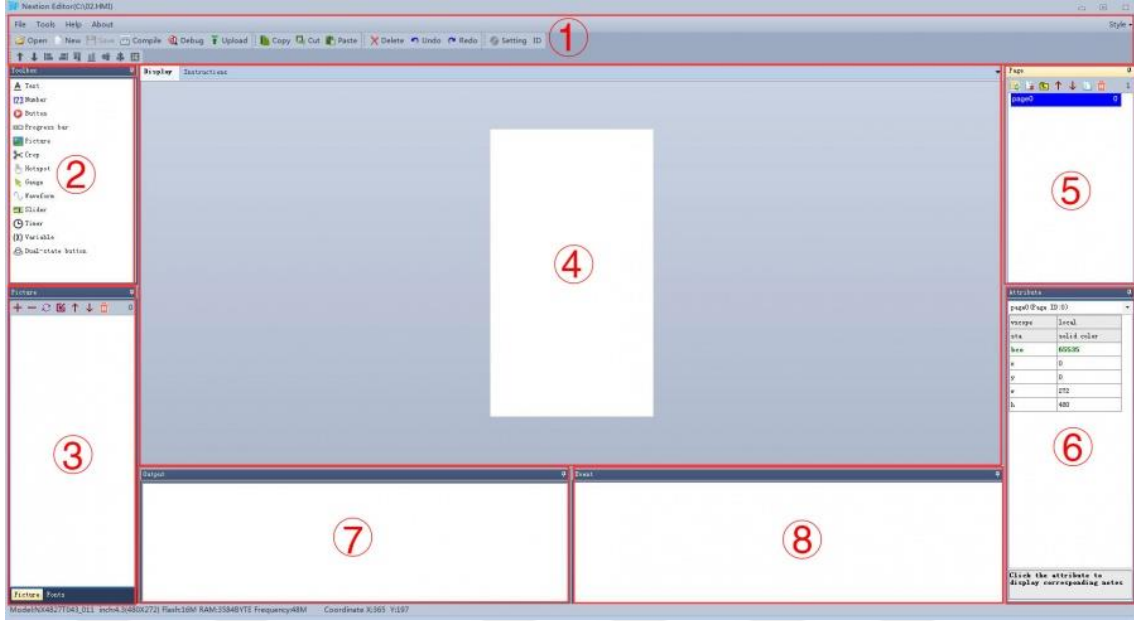
2.2.1.2 Sistemin Çalışması

Arduino teknolojisinin ilerlemesi ve Arduino uyumlu modüllerin üretilmesi bu tür sistemlerin çalışmasını oldukça pratik ve basit hale getirmiştir. Sistemde kullandığımız sensörler istasyon üzerinde bulunan güç düğmesi ile enerjilendiğinde NRF24L01 haberleşme modülü veri akışını anlık olarak sağlamaktadır. SD kart kayıtlarının incelenmesi, ekran tasarımı ve sensörlerin ölçümlerini yapmak için kullandığımız kodlar yazılım başlığında incelenecektir. Sistem enerjilendiğinde, arduino'ya bağlı sensörler ölçüm yapmaya başlar. Basınç, nem, rüzgar yönü ve şiddeti, yağmur miktarı verileri sparkfun hava kartı üzerinden ölçülmektedir. Güneş ışıınımı verisi ise ayrıca sisteme eklenen Tls2561 sensörü ile ölçülmektedir. Ölçülen veriler 1 er saniye aralıklarla RF haberleşme sayesinde alıcı istasyona gönderilmektedir. Kablosuz iletişim mesafesi açık alanda 100 m ye kadar iken, kapalı ortamda 25-30 m civarında iletişim sağlanmaktadır. İstasyonun çalışması bir aküye bağlıdır. Akünün şarj edilmesi bir güneş paneli sayesinde gerçekleşmektedir. Akü tam dolu iken, şarj regülatörü akımı keserek panelden aküye akım akmasını engellemektedir. Bu da aküde ısınmaların oluşmasının önüne geçmektedir.

2.2.1.3 Yazılım

Tez çalışmasında yazılım hazırlanırken Arduino Yazılım Geliştirme Ortamı (IDE) kullanılmıştır. IDE basitleştirilmiş C++ dilinin bir uygulamasıdır. Yazılım için gerekli tüm program, örnek yazılımlar ve modül kütüphanelerine “<https://www.arduino.cc/>” adresinden ulaşmak mümkündür. Tez için geliştirilen yazılım **EK-1**'de verilmiştir. Bu kısımda TFT ekran tasarımı, sensörlerin kalibre edilmesi, birim dönüşümleri için kullanılan formüller, SD kart kayıtlarının incelenmesinden bahsedilecektir.

TFT ekran tasarımı için Nextion Editör kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde editör ekranı gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Nextion Editör[31]

Şekil.13 de verilen ekran bölümlerinin ne için kullanıldığı aşağıda açıklanmıştır.

- 1: Ana Menü: Buradan yeni sayfa açma, kaydetme, derleme, yükleme gibi işlemlerin gerçekleşmesi için ihtiyaç duyulan tüm işlemler yapılabilmektedir.
- 2. Bileşenler: Bu bölümde ekran tasarımı için ihtiyaç duyduğumuz text boxlar, butonlar ve benzeri tüm tasarım gereksinimlerine ulaşmak mümkündür.
- 3. Fotoğraf Kütüphanesi : İhtiyacınız olan fotoğrafların yüklendiği bölüm. Yazı Tipi Kütüphanesi: Yazı tipi editöründen oluşturduğunuz yazı tiplerinin bulunduğu bölüm.
- 4. Ekran Alanı: bu alan tasarımını yaptığımız ekranı göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken şey, kullanılan TFT ekran boyutlarına uygun olarak seçim yapılmasıdır. Örneğin 4.3 inc ekran kullanıyorsa, editör ekranının da 4.3 inc seçilmesi. Ayrıca ekranın dikey yada yatay olarak kullanılması durumu da buradan görülmektedir.
- 5. Çalışma Sayfası Düzenleme ve Oluşturma Alanı
- 6. Nitelik Düzenleme Alanı : Oluşturulan sayfa, resim, buton ve benzeri bileşenlerin düzenlendiği alan.
- 7. Derleyici çıktı penceresi: Eğer hata varsa bu alanda görülecektir.
- 8. Etkinlik Alanı: Bu alana yazılan basit kodlarla ekran simülasyonları gibi bazı ekran tasarımları yapılmaktadır.

Arduino verici istasyonunda kullanılan rüzgar yönü,rüzgar şiddeti, basınç, nem, sıcaklık, yağmur miktarı ve güneş ışıınımı için gerekli kodlar aşağıda gösterilmiştir..

Rüzgar yönünü hesaplama:

```
winddir = get_wind_direction();
```

Rüzgar hızını hesaplama:

```
windspeedmph = get_wind_speed();
```

Ortalama rüzgar hızı hesaplama:

```
windgustmph_10m = 0;
windgustdir_10m = 0;
for(int i = 0; i < 10 ; i++)
{
if(windgust_10m[i] > windgustmph_10m)
{
windgustmph_10m = windgust_10m[i];
windgustdir_10m = windgustdirection_10m[i];
}
}
```

Burada ortalama hesaplanırken Mistura Yöntemi kullanılmıştır. Mistura yöntemi aşağıda gösterilmiştir.

Mistura Yöntemi

```
sum = D = b[1];

for( i from 2 to N)
{
delta = b[i] - D;

if( delta < -180) D = D + delta + 360;
else
if( delta < 180) D = D + delta;
else
D = D + delta - 360;

sum = sum + D;
}
```

```
mean = sum/N;
```

Nem hesaplama:

```
humidity = myHumidity.getRH();
```

Basınç sensöründen sıcaklık hesaplama:

```
tempf = myPressure.readTempF();
```

Yağmur miktarı hesaplama:

```
rainin = 0;  
for(int i = 0 ; i < 60 ; i++)  
    rainin += rainHour[i];
```

Basınc hesaplama:

```
pressure = myPressure.readPressure();
```

Fahrenhajt cinsinden hesaplanan sıcaklığın santigrat dereceye çevrilmesi:

```
temp_c=(tempf-32)/1.8;
```

Güneş ışımasını hesaplama:

```
sensors_event_t event;  
tsl.getEvent(&event);
```

Lux biriminde ölçülen ışık miktarını Watt/metrekareye çevirme:

```
light_lvl=event.light/126,582278;
```

3 BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Kaydedilen Verilerin İncelenmesi

Arduino’da SPI pinleri 11,12 ve 13 numaralı dijital pinlerdir. Bu pinler dışında seri haberleşmen sağlanamaz. Çalışmada kullanılan SD kart modülü ve RF haberleşme modüllerinin ikisi de bu pinlere ihtiyaç duymaktadır. Bu durum çalışmada bazı aksaklıklara sebep olmaktadır; bu iki modül aynı anda çalışırken veri kaydetme işlemi gerçekleşmemektedir. Bu sorunu SD kart modülünün 12 numaralı pinine 1 adet 2.2 K direnç bağlanarak aşılmış ancak sistem zaman zaman kaydetme işlemi yapamamaktadır. Bunun sebebi sistemin ihtiyaç duyduğu gerilimin, kablolu iletişim mesafesine, akünün şarj durumuna göre değişkenlik gösterdiği olarak düşünülmektedir. Bu durumun önüne geçmek için Sd kart modülünün 12 nolu pinine 1K, 2.2K ve 2K olmak üzere 3 farklı direnç bağlanarak çözülmeye çalışılmıştır. Bu dirençler alıcı istasyonda 3 konumlu bir anahtara bağlanarak ihtiyaç duyulan direncin seçilmesi kolay hale getirilmiştir.

Tasarlanan cihaz basınç, sıcaklık, nem, rüzgar yönü ve şiddeti, yağmur miktarı ve güneş ışınlamı değerlerini $\pm\%1-3$ hata oranı ile ölçmektedir. Aşağıda ölçülen ve kaydedilen verilerden örneklem alınarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri ile karşılaştırma yapılmıştır.

Şekil 4.1’de Beykoz Gümüşsuyu mahallesinde 09.06.2019 tarihli cihazın kaydettiği veriler gösterilmiştir. Şekil 4.2’de Meteoroloji Genel Müdürlüğü 09.06.2019 tarihli meteoroloji verileri ile gösterilmiştir. Veriler karşılaştırıldığında yukarıda belirttiğimiz hata oranlarının dışında herhangi bir sapma gözlemlenmemiştir. Saat 15:55 te ölçülen verilerde cihaz rüzgar şiddetini saatte 14 km/saat olarak, nem verisini %66 olarak, sıcaklık verisini 29 derece olarak, basınç verisini 1012 hPa olarak ve güneş ışınlamı şiddetini 520W/cm olarak ölçmüştür. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün internet sitesinde, aynı tarih ve saatte rüzgar şiddeti 13 km/saat, nem %69, sıcaklık 26,4 derece olduğu görülmüş ancak basınç ve güneş ışınlamı değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünün internet sitesinden alınamamış ve karşılaştırma yapılamamıştır.

Benzer örnekler farklı saatlerde de kaydedilmiş, ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün internet sitesindeki veriler ile karşılaştırılmıştır. Basınç verisi bu örnekler içerisinde görüldüğü üzere tutarlı sonuçlar vermektedir. Örneğin 9 haziran 2019 saat 17:50 de

kaydedilen verilerlerde basınç 1013 hPa gösterirken meteoroloji genel müdürlüğünün aynı tarih ve saatte ölçtüğü veri 1011,5 hPa şeklindedir. Bu da ölçülen verilerin %1 lik hata değerinden küçük olduğunu göstermektedir. Güneş ışıınımı değeri Mereoroloji Genel Müdürlüğü'nün online verilerinde yer almadığı için karşılaştırma yapılamamıştır. Ölçüm yaptığımız tarihlerde hava yağışlı olmadığından herhangi bir yağış verisi alınamamıştır. Söz konusu kayıtlar Şekil 4.1'de gösterilmiştir, Şekil 4.2'de ise aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden alınan ve ölçüm yapılan bölgeye en yakın istasyondaki veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat : 09/06/2019 15:55 | winddir=150.000000000 | windspd_kph_avg2m=14.000000000 | humidity=66.000000000 | temp_c=29.000000000 | rainin=0.000000000 | pressure=1012.000000000 | light_lvl=520.0000
 suanki Tarih / Saat : 09/06/2019 16:44 | winddir=135.000000000 | windspd_kph_avg2m=8.000000000 | humidity=71.000000000 | temp_c=27.000000000 | rainin=0.000000000 | pressure=1012.000000000 | light_lvl=520.0000
 suanki Tarih / Saat : 09/06/2019 17:50 | winddir=210.000000000 | windspd_kph_avg2m=33.000000000 | humidity=57.000000000 | temp_c=28.000000000 | rainin=0.000000000 | pressure=1013.000000000 | light_lvl=520.0000
 suanki Tarih / Saat : 09/06/2019 21:50 | winddir=210.000000000 | windspd_kph_avg2m=24.000000000 | humidity=72.000000000 | temp_c=25.000000000 | rainin=0.000000000 | pressure=1012.000000000 | light_lvl=0.000000000

Şekil 3.1 09.06.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

Beykoz İstanbul	veya	İstanbul	Beykoz
Rakım: 5m	Enlem: 41,1417	Boylam: 29,0739	Gün Doğumu: 05:41 Gün Batımı: 20:37
ANLIK DURUM (09 Haziran - 15.55)			
26,4°C	Çok Bulutlu	Yağış 0mm	Nem %69
			Rüzgar 13km/sa
			A. Basınç hPa
			D.İ.Basınç hPa
ANLIK DURUM (09 Haziran - 16.44)			
25,9°C	Çok Bulutlu	Yağış 0mm	Nem %74
			Rüzgar 8km/sa
			A. Basınç hPa
			D.İ.Basınç hPa
ANLIK DURUM (09 Haziran - 17.50)			
26,6°C	Az Bulutlu	Yağış mm	Nem %60
			Rüzgar 33km/sa
			A. Basınç 1011,5hPa
			D.İ.Basınç 1015,6hPa
ANLIK DURUM (09 Haziran - 21.50)			
23,8°C	Parçalı Bulutlu	Yağış mm	Nem %74
			Rüzgar 24km/sa
			A. Basınç 1011hPa
			D.İ.Basınç 1015,2hPa

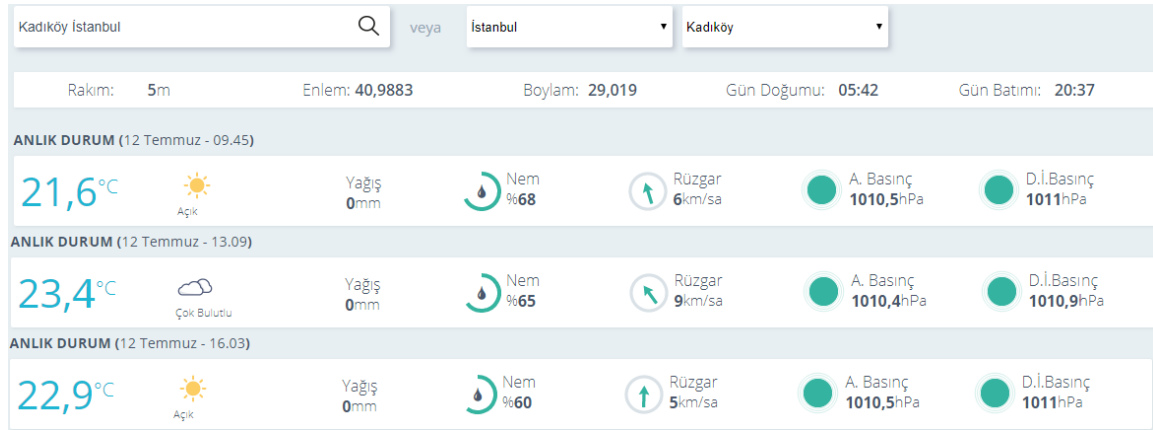
Şekil 3.2 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 09.06.2019 tarihli verileri

İstanbul Kadıköy'de yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verileri ile karşılaştırılmıştır. Söz konusu veriler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Karşılaştırma yapıldığında verilerin tutarlı olduğu görülmektedir.

Şekil 4.3'te 12.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy'de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.4'te aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :12/07/2019 09:45 | winddir=165.0000000000 | windspd_kph_avg2m=5.0000000000 | humidity=65.0000000000 | temp_c=21.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1010.0000000000 | light_lvl=520.0000000000
suanki Tarih / Saat :12/07/2019 13:09 | winddir=145.0000000000 | windspd_kph_avg2m=8.0000000000 | humidity=63.0000000000 | temp_c=22.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1012.0000000000 | light_lvl=520.0000000000
suanki Tarih / Saat :12/07/2019 16:03 | winddir=185.0000000000 | windspd_kph_avg2m=5.0000000000 | humidity=58.0000000000 | temp_c=21.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1010.0000000000 | light_lvl=520.0000000000

Şekil 3.3 12.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

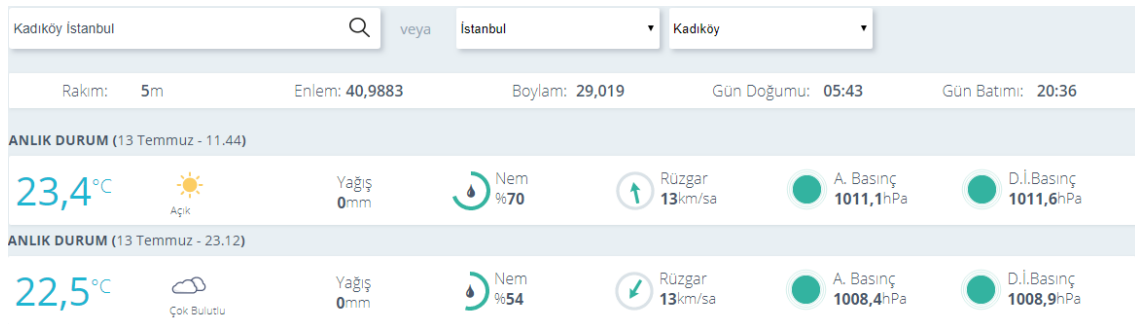


Şekil 3.4 Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 12.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.5'te 13.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy'de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.6 'da aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :13/07/2019 11:44 | winddir=175.0000000000 | windspd_kph_avg2m=14.0000000000 | humidity=68.0000000000 | temp_c=22.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1010.0000000000 | light_lvl=520.0000000000
suanki Tarih / Saat :13/07/2019 23:12 | winddir=55.0000000000 | windspd_kph_avg2m=12.0000000000 | humidity=52.0000000000 | temp_c=20.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1008.0000000000 | light_lvl=0.0000000000

Şekil 3.5 13.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri



Şekil 3.6 Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 13.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.7’de 14.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy’de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.8’de aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :14/07/2019 11:27 | winddir=85.000000000 | windspd_kph_avg2m=7.000000000 | humidity=50.000000000 | temp_c=23.000000000 | rainin=0.000000000 | pressure=1004.000000000 | light_lvl=520.000000000
suanki Tarih / Saat :14/07/2019 22:20 | winddir=315.000000000 | windspd_kph_avg2m=6.000000000 | humidity=79.000000000 | temp_c=18.000000000 | rainin=0.000000000 | pressure=1005.000000000 | light_lvl=0.000000000

Şekil 3.7 14.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

Kadıköy İstanbul

veya

İstanbul

Kadıköy

Rakım: 5m

Enlem: 40,9883

Boylam: 29,019

Gün Doğumu: 05:44

Gün Batımı: 20:36

ANLIK DURUM (14 Temmuz - 11.27)

24,7°C

Açık

Yağış 0mm

Nem %51

Rüzgar 7km/sa

A. Basiç 1004,9hPa

D.İ.Basiç 1005,4hPa

ANLIK DURUM (14 Temmuz - 22.20)

18,5°C

Az Bulutlu

Yağış 2.6mm

Nem %80

Rüzgar 6km/sa

A. Basiç 1005,4hPa

D.İ.Basiç 1005,9hPa

Şekil 3.8 Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 14.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.9’da 15.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy’de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.10’da aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :15/07/2019 11:47 | winddir=135.0000000000 | windspd_kph_avg2m=4.0000000000 | humidity=72.0000000000 | temp_c=20.0000000000 | rainin=1.5000000000 | pressure=1007.0000000000 | light_lvl=10.0000000000
suanki Tarih / Saat :15/07/2019 13:09 | winddir=165.0000000000 | windspd_kph_avg2m=11.0000000000 | humidity=75.0000000000 | temp_c=20.0000000000 | rainin=1.5000000000 | pressure=1008.0000000000 | light_lvl=8.0000000000
suanki Tarih / Saat :15/07/2019 14:20 | winddir=160.0000000000 | windspd_kph_avg2m=8.0000000000 | humidity=77.0000000000 | temp_c=20.0000000000 | rainin=2.1000000000 | pressure=1008.0000000000 | light_lvl=6.0000000000
suanki Tarih / Saat :15/07/2019 16:12 | winddir=70.0000000000 | windspd_kph_avg2m=12.0000000000 | humidity=78.0000000000 | temp_c=19.0000000000 | rainin=16.0000000000 | pressure=1005.0000000000 | light_lvl=5.0000000000
suanki Tarih / Saat :15/07/2019 21:09 | winddir=320.0000000000 | windspd_kph_avg2m=3.0000000000 | humidity=70.0000000000 | temp_c=19.0000000000 | rainin=16.5000000000 | pressure=1008.0000000000 | light_lvl=0.0000000000

Şekil 3.9 15.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

Kadıköy İstanbul	veya	İstanbul	Kadıköy
Rakım: 5m	Enlem: 40,9883	Boylam: 29,019	Gün Doğumu: 05:44 Gün Batımı: 20:35
ANLIK DURUM (15 Temmuz - 11.42)			
21,1°C Açık	Yağış 1.6mm	Nem %72	Rüzgar 4km/sa A. Basiñç 1007,3hPa D.İ.Basiñç 1007,8hPa
ANLIK DURUM (15 Temmuz - 13.09)			
20,6°C Çok Bulutlu	Yağış 1.8mm	Nem %76	Rüzgar 11km/sa A. Basiñç 1008hPa D.İ.Basiñç 1008,5hPa
ANLIK DURUM (15 Temmuz - 14.20)			
20,6°C Açık	Yağış 2.2mm	Nem %78	Rüzgar 8km/sa A. Basiñç 1008,4hPa D.İ.Basiñç 1008,9hPa
ANLIK DURUM (15 Temmuz - 16.12)			
19,7°C Yağışlı	Yağış 16.8mm	Nem %79	Rüzgar 12km/sa A. Basiñç 1008,5hPa D.İ.Basiñç 1009hPa
ANLIK DURUM (15 Temmuz - 21.09)			
20°C Açık	Yağış 16.8mm	Nem %70	Rüzgar 3km/sa A. Basiñç 1008,4hPa D.İ.Basiñç 1008,9hPa

Şekil 3.10 Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 15.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.11’de 16.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy’de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.12’de aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :16/07/2019 09:14 | winddir=186.0000000000 | windspd_kph_avg2m=5.0000000000 | humidity=69.0000000000 | temp_c=21.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1008.0000000000 | light_lvl=520.0000000000
suanki Tarih / Saat :16/07/2019 13:15 | winddir=40.0000000000 | windspd_kph_avg2m=15.0000000000 | humidity=51.0000000000 | temp_c=25.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1007.0000000000 | light_lvl=520.0000000000
suanki Tarih / Saat :16/07/2019 18:21 | winddir=30.0000000000 | windspd_kph_avg2m=24.0000000000 | humidity=50.0000000000 | temp_c=25.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1006.0000000000 | light_lvl=520.0000000000

Şekil 3.11 16.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

Kadıköy İstanbul

veya

İstanbul

Kadıköy

Rakım: 5m

Enlem: 40,9883

Boylam: 29,019

Gün Doğumu: 05:45

Gün Batımı: 20:34

ANLIK DURUM (16 Temmuz - 09:14)

21,6°C

Açık

Yağış
0mm

Nem
%69

Rüzgar
5km/sa

A. Basiñç
1008,9hPa

D.İ.Basiñç
1009,4hPa

ANLIK DURUM (16 Temmuz - 13:15)

25,2°C

Açık

Yağış
0mm

Nem
%56

Rüzgar
15km/sa

A. Basiñç
1007,7hPa

D.İ.Basiñç
1008,2hPa

ANLIK DURUM (16 Temmuz - 18:21)

25,8°C

Açık

Yağış
0mm

Nem
%51

Rüzgar
23km/sa

A. Basiñç
1006,7hPa

D.İ.Basiñç
1007,2hPa

Şekil 3.12 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 16.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.13’te 17.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy’de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.14’te aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :17/07/2019 00:00 | winddir=350.0000000000 | windspd_kph_avg2m=8.0000000000 | humidity=72.0000000000 | temp_c=21.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1008.0000000000 | light_lvl=0.0000000000
suanki Tarih / Saat :17/07/2019 16:50 | winddir=320.0000000000 | windspd_kph_avg2m=25.0000000000 | humidity=57.0000000000 | temp_c=25.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1005.0000000000 | light_lvl=20.0000000000
suanki Tarih / Saat :17/07/2019 20:35 | winddir=310.0000000000 | windspd_kph_avg2m=19.0000000000 | humidity=65.0000000000 | temp_c=23.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1006.0000000000 | light_lvl=0.0000000000

Şekil 3.13 17.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

Kadıköy İstanbul

veya

İstanbul

Kadıköy

Rakım: 5m

Enlem: 40,9883

Boylam: 29,019

Gün Doğumu: 05:46

Gün Batımı: 20:34

ANLIK DURUM (17 Temmuz - 00:00)

21,4°C

Açık

Yağış

0mm

Nem

%73

Rüzgar

8km/sa

A. Basiñç

1007hPa

D.İ.Basiñç

1007,5hPa

ANLIK DURUM (17 Temmuz - 16:50)

26°C

Çok Bulutlu

Yağış

0mm

Nem

%58

Rüzgar

25km/sa

A. Basiñç

1005,9hPa

D.İ.Basiñç

1006,4hPa

ANLIK DURUM (17 Temmuz - 20:35)

23,6°C

Açık

Yağış

0mm

Nem

%65

Rüzgar

19km/sa

A. Basiñç

1006,5hPa

D.İ.Basiñç

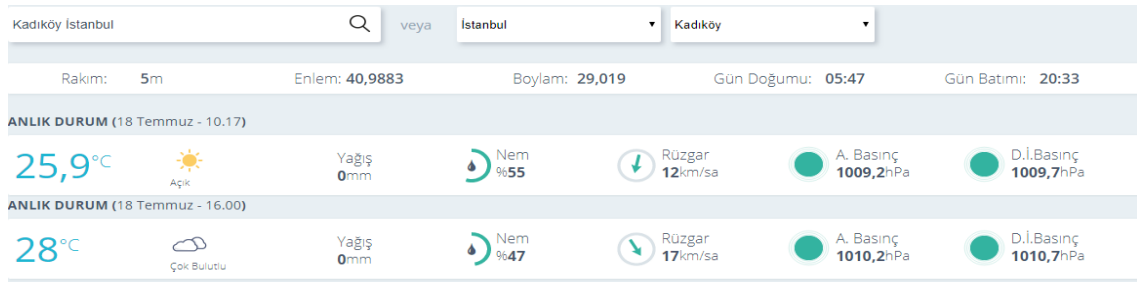
1007hPa

Şekil 3.14 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 17.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.15'te 18.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy'de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.16'da aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :18/07/2019 10:17 | winddir=40.0000000000 | windspd_kph_avg2m=12.0000000000 | humidity=53.0000000000 | temp_c=25.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1009.0000000000 | light_lv=520.0000000000
suanki Tarih / Saat :18/07/2019 16:00 | winddir=310.0000000000 | windspd_kph_avg2m=17.0000000000 | humidity=47.0000000000 | temp_c=27.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1010.0000000000 | light_lv=320.0000000000

Şekil 3.15 18.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

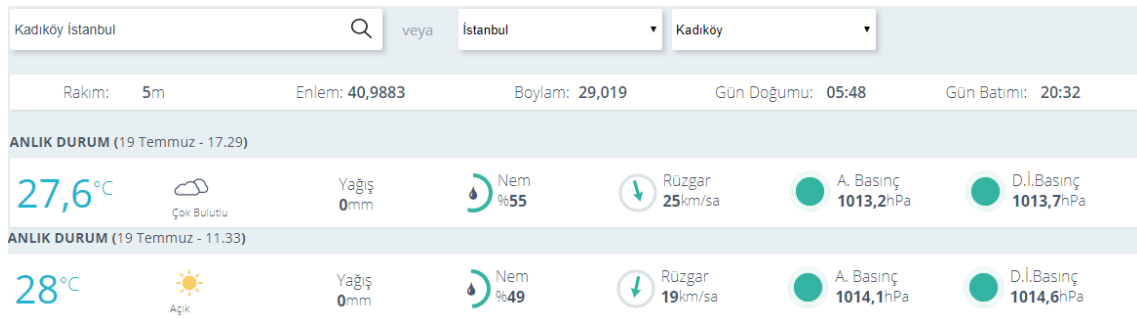


Şekil 3.16 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 18.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.17'de 19.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy'de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.18'de aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :19/07/2019 11:33 | winddir=30.0000000000 | windspd_kph_avg2m=18.0000000000 | humidity=48.0000000000 | temp_c=27.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1014.0000000000 | light_lv=520.0000000000
suanki Tarih / Saat :19/07/2019 17:29 | winddir=310.0000000000 | windspd_kph_avg2m=25.0000000000 | humidity=57.0000000000 | temp_c=27.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1013.0000000000 | light_lv=40.0000000000
suanki Tarih / Saat :19/07/2019 23:18 | winddir=355.0000000000 | windspd_kph_avg2m=14.0000000000 | humidity=65.0000000000 | temp_c=23.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1014.0000000000 | light_lv=0.0000000000

Şekil 3.17 19.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri

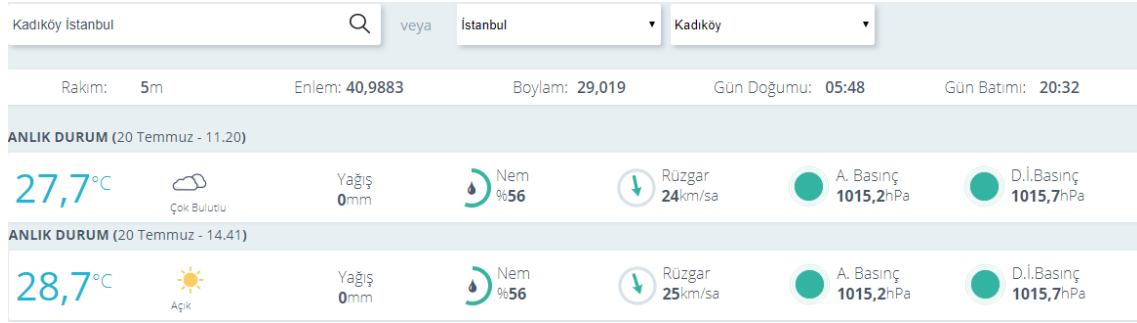


Şekil 3.18 Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 19.07.2019 tarihli verileri

Şekil 4.19’da 20.07.2019 tarihinde İstanbul Kadıköy’de kaydedilen veriler gösterilmiş, Şekil 4.20’de aynı tarih ve saatlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi internet sitesinden alınan veriler gösterilmiştir.

suanki Tarih / Saat :20/07/2019 11:20 | winddir=340.0000000000 | windspd_kph_avg2m=24.0000000000 | humidity=55.0000000000 | temp_c=27.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1015.0000000000 | light_lvl=200.0000000000
suanki Tarih / Saat :20/07/2019 14:41 | winddir=315.0000000000 | windspd_kph_avg2m=25.0000000000 | humidity=57.0000000000 | temp_c=27.0000000000 | rainin=0.0000000000 | pressure=1015.0000000000 | light_lvl=520.0000000000

Şekil 3.19 20.07.2019 Tarihli Ölçülen Hava Durumu Verileri



Şekil 3.20 Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 20.07.2019 tarihli verileri

4 SONUÇ

Gelişen teknoloji ve artan nüfus, tüketimi de beraberinde getirmektedir. Bu durum giderek artan bir enerji ihtiyacı doğurmaktadır. Dünya, fosil yakıtların tükenebilirliği ve çevreye verdikleri zararları nedeniyle yeni kaynak arayışına devam etmektedir. Yenilenebilir ve çevre dostu olan kaynaklar arasında en başta rüzgar ve güneş enerjisi gelmektedir. Gelişen teknoloji bu kaynakların üretimi için oldukça verimli paneller üretmekte ve her geçen gün kurulu güç artmaktadır. Bu durum bireysel kullanıcı sayısındaki artıştan da görülmektedir.

Tez çalışmasındaki cihaz sıcaklık, basınç, nem, rüzgar yönü ve şiddeti, yağmur miktarı ve güneş ışıınım değerleri olmak üzere 7 farklı veri ölçmekte ve SD kart içerisinde düz metin (txt) formatında saklamaktadır. Cihaz ayrıca ihtiyaç duyduğu enerjiyi bir güneş panelinden sağlamakta, aynı zamanda ölçtüğü verileri kablosuz olarak iletmektedir. Alıcı modülünde bulunan TFT ekran üzerinde 1 saniyelik aralıklarla anlık olarak verileri görülebilmektedir.

Tez çalışması sırasında yapılan literatür taramasında çalışmamıza benzer herhangi bir akademik çalışmaya rastlanmamış, ancak piyasada benzer amaçla kullanılan oldukça fazla cihaz olduğu görülmüştür.

Tez çalışmasında kullanılan sensörler modül şeklinde olup, sıcaklık, basınç, nem, aynı modülde bulunan sensörler tarafından ölçülmüş, söz konusu modül üzerinde bulunan konnektörler vasıtasıyla rüzgar yönü ve şiddeti ve yağmur miktarı verileri de aynı modülde işlenmiştir. Modül üzerinde ışık sensörü olmasına karşın referans değerleri bizim ihtiyacımızı karşılamadığından ayrıca TSL2561 ışık sensörü kullanılmıştır. Işık sensörü lux cinsinden ölçtüğü veriler yazılımda Watt/cm² ye çevrilmiş, 0-520 W/cm² aralığında ölçümler yapılmıştır.

Çalışmada enerji ihtiyacı 12 V 1.3mAH aküden sağlanmaktadır. Akü 10W'lık bir güneş paneli üzerinden şarj edilmektedir. Aküden gelen 12 V luk gerilim Arduino ve ona bağlı modüllerde problem yarattığından dolayı çalışma sırasında ekran ve haberleşme modüllerinde arızalarla karşılaşp söz konusu modüller değiştirilmek zorunda kalınmıştır. Bu nedenlerden dolayı akü çıkışına ayarlanabilir regüle devresi konularak Arduino'ya sabit 5V'luk gerilim sağlanmıştır.

İstasyonda ölçtüğümüz verileri SD kart üzerinden txt formatında kaydedilmiştir. Bu ucuz ve hızlı bir çözüm sağlamaktadır. Ayrıca fat 32 dosyalama sistemi kullanıldığı için

veri yazma hızı oldukça yüksektir ve 64 GB'a kadar kart desteği sağlanmaktadır. Tez çalışmasında 4 GB hafızaya sahip bir kart seçilmiştir. Kayıt aralığı 1 dakika alındığından bir günde oluşan dosya boyutu ortalama 30-35 KB arasında olmuştur. Bu kart ile yaklaşık olarak 112 gün kayıt yapılabilir. SD kart cihaz başında telefon veya taşınabilir bilgisayara takılarak veriler alınabilmektedir.

Tez çalışmasında TFT ekran ve ölçüm istasyonu arasında RF haberleşme ile açık alanda 100 metreye kadar, kapalı alanda 35-40 metreye kadar kablosuz olarak iletişim sağlanmakta ve veriler anlık olarak okunabilmektedir. Tez çalışması belirlenen hedefler doğrultusunda söz konusu meteoroloji verilerini ölçmekte, kaydetmekte ve kablosuz olarak iletmektedir.

Tasarlanan cihaz, hazır satılan ürünlere göre yaklaşık %75 daha uygun bir maliyetle üretilmiştir.

Çalışmanın daha ileriye taşınması da mümkündür. Örneğin RF haberleşme yerine wifi üzerinden veri iletme ve bu verileri uzaktan erişimli bilgisayar gibi ikinci bir cihaz üzerinde depolamak gibi alternatif yaklaşımlar düşünülebilir. Bu aynı zamanda kayıt için SD kartın yanında ikinci bir depolama birimi sağlayacağı için veri güvenliği açısından faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR/ REFERENCES

- [1] K.B,Varınca, Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Arastırma, I. Uluslar Arası Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21-23 Haziran, Eskişehir, 2016
- [2] Z, Yılmaz, Türkiye’nin Mevcut Enerji Durumu, cumhuriyet üniversitesi,Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas, 2009.
- [3] Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2007
- [4] Ayhan, D. (2011), Bina Montajlı Güneş-Rüzgar Hibrit Elektrik Güç Sistemlerinin Analizi, Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- [5] Bilgin, M. (2013), Fotovoltaik Panellerin Verimine Panel Yüzey Sıcaklığının Etkisinin İncelenmesi, Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- [6] Kıtırcıoğlu, Y. (2011), Doğu Anadolu Bölgesindeki İklim Değişikliğine Bağlı Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin İncelenmesi, Yüksek lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- [7] Karaca, C. (2012), Güneş ve Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi Sistemi Tasarımı, Yüksek lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- [8] Uçar, M.T. (2017), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar ve Güneş Enerjisinin İncelenmesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Uygulanabilirliğinin Analizi, Yüksek lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye .
- [9] Kumbur, H. Özer, Z. Özsoy, E.D. Avcı, E.D. Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin.
- [10] Yılmaz, M. Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi, Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2),33-54, 2012.
- [11] Global Market Outlook For Solar Power/ 2018-2022,2018.
- [12] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx, 23.04.2019.

- [13] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx, 23.04.2019.
- [14] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/jeo_kullanım_alanlari.aspx, 24.04.2019
- [15] MadenTektik Arama Genel Müdürlüğü,
<http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>, 25.04.2019.
- [16] Habash, R. Güneş Tabanlı Hidrojen ,enerjisi, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2018.
- [17] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/dalga_enerjisi.aspx, 25.04.2019.
- [18] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 26.04.2019
- [19] Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu, 2019.
- [20] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 26.04.2019
- [21] Solar portal,
<http://www.solarportall.com/gunes-tarlalari/>, 26.09.2019
- [22] Erdiñç, F.(2017), Yeni Başlayanlar İçin Arduino,3. Baskı, Pusula, İstanbul.
- [23] Hayal Et ve Yap,
<http://hayaletveyap.com/arduino-nedir/>, 27.04.2019.
- [24] Medium,
<https://medium.com/@mehyalas/arduino-modelleri-ve-%C3%B6zellikleri-8d0c0619c1b8>, 27.04.2019.
- [25] Arduino Uno R3 Datasheet.
https://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1522237550_arduino%20uno%20r3.pdf,
12.05.2019
- [26] Markus Jenkins
<http://marcusjenkins.com/arduino-pinout-diagrams/>, 16.05.2019
- [27] Sparkfun Electronics
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/arduino-weather-shield-hookup-guide-v12/all>,
17.05.2019

[28] Sparkfun Electronics

learn.sparkfun.com/tutorials/weather-meter-hookup-guide/all, 18.05.2019.

[29] Sparkfun Electronics

learn.sparkfun.com/tutorials/tsl2561-luminosity-sensor-hookup-guide/all, 18.05.2019.

[30] Direnç Net

www.direnc.net/lm2596-power-supplay-modul, 18.05.2019

[31] Nextion

https://www.itead.cc/wiki/Nextion_Editor_Quick_Start_Guide, 20.05.2019.



EKLER

EK-1 Tez İçin Geliştirilen Yazılım

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılım

```
#include <SPI.h>

#include <nRF24L01.h>

#include <RF24.h>

#include <Wire.h>

#include "SparkFunMPL3115A2.h"

#include "SparkFun_Si7021_Breakout_Library.h"

#include <Adafruit_Sensor.h>

#include <Adafruit_TSL2561_U.h>

MPL3115A2 myPressure;

Weather myHumidity;

float temperature[7];

RF24 radio(9, 10);

const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;

float light_lvl;

Adafruit_TSL2561_Unified tsl =
Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT, 12345);

// digital I/O pins

const byte WSPEED = 3;

const byte RAIN = 2;

const byte STAT1 = 7;

const byte STAT2 = 8;
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
// analog I/O pins

const byte REFERENCE_3V3 = A3;

const byte BATT = A2;

const byte WDIR = A0;

long lastSecond;

byte seconds;

byte seconds_2m;

byte minutes;

byte minutes_10m;

long lastWindCheck = 0;

volatile long lastWindIRQ = 0;

volatile byte windClicks = 0;

byte windspdavg[120];

#define WIND_DIR_AVG_SIZE 120

int winddiravg[WIND_DIR_AVG_SIZE];

float windgust_10m[10];

int windgustdirection_10m[10];

volatile float rainHour[60];

int winddir = 0;

float windspeedmph = 0;

float windgustmph = 0;

int windgustdir = 0;

float windspdtkph_avg2m=0;

float windspdtkph_avg2m = 0;

int winddir_avg2m = 0;

float windgustmph_10m = 0;
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
int windgustdir_10m = 0;

float humidity = 0;

float temp_c = 0;

float tempf = 0;

float rainin = 0;

volatile float dailyrainin = 0;

//float baromin = 30.03;

float pressure = 0;

//float dewptf;

float batt_lvl = 11.8;

void rainIRQ()
{
    raintime = millis();
    raininterval = raintime - rainlast;
    if (raininterval > 10) {
        dailyrainin += 0.011;
        rainHour[minutes] += 0.011;
        rainlast = raintime; // set up for next event
    }
}

void wspeedIRQ()
{
    if (millis() - lastWindIRQ > 10) {
        lastWindIRQ = millis();
        windClicks++;
    }
}
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(STAT1, OUTPUT);
    pinMode(STAT2, OUTPUT);
    pinMode(WSPPEED, INPUT_PULLUP);
    pinMode(RAIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(REFERENCE_3V3, INPUT);
    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(pipe);
    myPressure.begin();
    myPressure.setModeBarometer();
    myPressure.setOversampleRate(7);
    myPressure.enableEventFlags();
    myHumidity.begin();
    seconds = 0;
    lastSecond = millis();
    attachInterrupt(0, rainIRQ, FALLING);
    attachInterrupt(1, wspeedIRQ, FALLING);
    interrupts();
}

void loop()
{
    if(millis() - lastSecond >= 1000)
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
{  
  
    digitalWrite(STAT1, HIGH); //Blink stat LED  
  
    lastSecond += 1000;  
  
  
    if(++seconds_2m > 119) seconds_2m = 0;  
  
    float currentSpeed = get_wind_speed();  
  
    //float currentSpeed = random(5);  
  
    int currentDirection = get_wind_direction();  
  
    windspdavg[seconds_2m] = (int)currentSpeed;  
  
    winddiravg[seconds_2m] = currentDirection;  
  
    //if(seconds_2m % 10 == 0) displayArrays();  
  
    if(currentSpeed > windgust_10m[minutes_10m])  
    {  
        windgust_10m[minutes_10m] = currentSpeed;  
  
        windgustdirection_10m[minutes_10m] = currentDirection;  
    }  
  
  
    if(currentSpeed > windgustmph)  
    {  
        windgustmph = currentSpeed;  
  
        windgustdir = currentDirection;  
    }  
  
  
    if(++seconds > 59)  
    {  
        seconds = 0
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
        if(++minutes > 59) minutes = 0;

        if(++minutes_10m > 9) minutes_10m = 0;

        rainHour[minutes] = 0;

        windgust_10m[minutes_10m] = 0;

    }

    printWeather();

    digitalWrite(STAT1, LOW);

}

delay(100);

}

void calcWeather()
{
    winddir = get_wind_direction();

    float temp = 0;

    for(int i = 0 ; i < 120 ; i++)

        temp += windspdavg[i];

    temp /= 120.0;

    windspdmph_avg2m = temp;

    long sum = winddiravg[0];

    int D = winddiravg[0];

    for(int i = 1 ; i < WIND_DIR_AVG_SIZE ; i++)

    {

        int delta = winddiravg[i] - D;

        if(delta < -180)

            D += delta + 360;

        else if(delta > 180)
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
D += delta - 360;

    else

        D += delta;

    sum += D;

}

winddir_avg2m = sum / WIND_DIR_AVG_SIZE;

if(winddir_avg2m >= 360) winddir_avg2m -= 360;

if(winddir_avg2m < 0) winddir_avg2m += 360;

windgustmph_10m = 0;

windgustdir_10m = 0;

for(int i = 0; i < 10 ; i++)

{

    if(windgust_10m[i] > windgustmph_10m)

    {

        windgustmph_10m = windgust_10m[i];

        windgustdir_10m = windgustdirection_10m[i];

    }

}

humidity = myHumidity.getRH();

tempf = myPressure.readTempF();

rainin = 0;

for(int i = 0 ; i < 60 ; i++)

    rainin += rainHour[i];

pressure = myPressure.readPressure();
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
batt_lvl = get_battery_level();
}

float get_battery_level()
{
    float operatingVoltage = analogRead(REFERENCE_3V3);
    float rawVoltage = analogRead(BATT);
    operatingVoltage = 3.30 / operatingVoltage;
    rawVoltage = operatingVoltage * rawVoltage;
    rawVoltage *= 4.90;
    return(rawVoltage);
}

float get_wind_speed()
{
    float deltaTime = millis() - lastWindCheck;
    deltaTime /= 1000.0;

    float windSpeed = (float)windClicks / deltaTime;
    windClicks = 0;
    lastWindCheck = millis();
    windSpeed *= 1.492; //4 * 1.492 = 5.968MPH

    Serial.println();
    Serial.print("Windspeed:");
    Serial.println(windSpeed);
    return(windSpeed);
}
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
int get_wind_direction()
{
    unsigned int adc;

    adc = analogRead(WDIR); // get the current reading from the sensor

    if (adc < 380) return (113);
    if (adc < 393) return (68);
    if (adc < 414) return (90);
    if (adc < 456) return (158);
    if (adc < 508) return (135);
    if (adc < 551) return (203);
    if (adc < 615) return (180);
    if (adc < 680) return (23);
    if (adc < 746) return (45);
    if (adc < 801) return (248);
    if (adc < 833) return (225);
    if (adc < 878) return (338);
    if (adc < 913) return (0);
    if (adc < 940) return (293);
    if (adc < 967) return (315);
    if (adc < 990) return (270);

    return (-1); // error, disconnected?
}

void printWeather()
{
    calcWeather(); //Go calc all the various sensors
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
temp_c=(tempf-32)/1.8;
sensors_event_t event;
tsl.getEvent(&event);
if (event.light)
{
    //Serial.print(",light_lvl=");
    //Serial.print(event.light, 2);
}
else
{
    //Serial.println("Sensor overload");
}
light_lvl=event.light/126,582278;
windspdkph_avg2m=windspdmph_avg2m*1,609;
temperature[0] = winddir;
temperature[1] = windspdkph_avg2m;
temperature[2] = humidity;
temperature[3] = temp_c;
temperature[4] = rainin;
temperature[5] = pressure;
temperature[6] = light_lvl;
radio.write(temperature, sizeof(temperature));
}

/*
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
Serial.println();

Serial.print("winddir=");

Serial.print(winddir);

//Serial.print(",windspeedmph=");

//Serial.print(windspeedmph, 1);

//Serial.print(",windgustmph=");

//Serial.print(windgustmph, 1);

//Serial.print("windgustdir=");

//Serial.print(windgustdir);

Serial.print(",windspdmph_avg2m=");

Serial.print(windspdmph_avg2m, 1);

//Serial.print(",winddir_avg2m=");

//Serial.print(winddir_avg2m);

//Serial.print(",windgustmph_10m=");

//Serial.print(windgustmph_10m, 1);

//Serial.print(",windgustdir_10m=");

//Serial.print(windgustdir_10m);

Serial.print(",humidity=");

Serial.print(humidity, 1);

temp_c=(tempf-32)/1.8;

Serial.print(",temp_c=");

Serial.print(temp_c, 1);

//Serial.print(",tempf=");

//Serial.print(tempf, 1);

Serial.print(",rainin=");
```

Tez İçin Geliştirilen Verici Yazılımı Devamı

```
Serial.print(rainin, 2);  
  
//Serial.print(",dailyrainin=");  
  
//Serial.print(dailyrainin, 2);  
  
Serial.print(",pressure=");  
  
Serial.print(pressure, 2);  
  
//Serial.print(",batt_lvl=");  
  
//Serial.print(batt_lvl, 2);  
  
sensors_event_t event;  
tsl.getEvent(&event);  
if (event.light)  
{  
    Serial.print(",light_lvl=");  
    Serial.print(event.light, 2);  
  
}  
else  
{  
  
    Serial.println("Sensor overload");  
}  
  
}*/
```

Tez İçin Geliştirilen Alıcı Yazılımı

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <virtuabotixRTC.h>
float temperature[7];
virtuabotixRTC myRTC(10, 9, 8);
RF24 radio(5, 6);
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;

int CS_PIN = 4;
int sure = 1;
File file;
char buf;

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1, pipe);
  radio.startListening();
  initializeSD();
  myRTC.setDS1302Time(00, 55, 9, 7, 19, 5, 2019);

}

void yazigonder(char adi[],char degerx[])
{
  for(char *dst = degerx, *src = degerx + 2; *dst = *src; src++, dst++);
}
```

```
Serial.print(adi);
Serial.print(".txt=");
Serial.write(0x22);
Serial.print(degerx);
Serial.write(0x22);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
```

```
}
void loop(void)
{
```

Tez İçin Geliştirilen Alıcı Yazılımı Devamı

```
if ( radio.available() )
{
    bool done = false;
    while (!done)
    {
        radio.read(temperature, sizeof(temperature));

        delay(500);
        myRTC.updateTime();
        // Şimdi değerleri okuyalım
        Serial.println();
        Serial.print("winddir=");
        Serial.print(temperature[0]);
```

```

Serial.print(",windspdkph_avg2m=");
Serial.print(temperature[1], 1);
Serial.print(",humidity=");
Serial.print(temperature[2], 1);
Serial.print(",temp_c=");
Serial.print(temperature[3], 1);
Serial.print(",rainin=");
Serial.print(temperature[4], 2);
Serial.print(",pressure=");
Serial.print(temperature[5], 2);
Serial.print(",light_lvl=");
Serial.print(temperature[6], 2);

Serial.print(",suanki Tarih / Saat : ");
Serial.print(myRTC.dayofmonth);
Serial.print("/");
Serial.print(myRTC.month);
Serial.print("/");
Serial.print(myRTC.year);
Serial.print(" ");
Serial.print(myRTC.hours);
Serial.print(":");
Serial.print(myRTC.minutes);
Serial.print(":");
Serial.print(myRTC.seconds);

delay(500);

char cikti_degeri[10];

Serial.write(0xff);

```

Tez İçin Geliştirilen Alıcı Yazılımı Devamı

```
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);

dtostrf(temperature[1], 6, 1, cikti_degeri);
yazigonder("windspeed",cikti_degeri);

dtostrf((int)temperature[0], 6, 0, cikti_degeri);
yazigonder("windir",cikti_degeri);

dtostrf(temperature[2], 6, 1, cikti_degeri);
yazigonder("humidity",cikti_degeri);

dtostrf(temperature[3], 6, 1, cikti_degeri);
yazigonder("temperature",cikti_degeri);

dtostrf(temperature[4], 6, 1, cikti_degeri);
yazigonder("rain",cikti_degeri);

dtostrf(temperature[5], 8, 0, cikti_degeri);
yazigonder("presure",cikti_degeri);

dtostrf(temperature[6], 8, 1, cikti_degeri);
yazigonder("uv",cikti_degeri);

file = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);

file.print(sure, DEC);
file.print(" | winddir=");
file.print((float)temperature[0], DEC);
file.print(" | windspd_kph_avg2m=");
file.print((float)temperature[1], DEC);
file.print(" | humidity=");
```

```
file.print((float)temperature[2], DEC);
file.print(" | temp_c=");
file.print((float)temperature[3], DEC);
file.print(" | rainin=");
file.print((float)temperature[4], DEC);
file.print(" | pressure=");
file.print((float)temperature[5], DEC);
file.print(" | light_lvl=");
file.println((float)temperature[6], DEC);
file.print("suanki Tarih / Saat : ");
file.print(myRTC.dayofmonth);
file.print("/");
file.print(myRTC.month);
```

Tez İçin Geliştirilen Alıcı Yazılımı Devamı

```
file.print("/");
file.print(myRTC.year);
file.print(" ");
file.print(myRTC.hours);
file.print(":");
file.print(myRTC.minutes);
file.print(":");
file.print(myRTC.seconds);
```

```
sure++;
closeFile();
```

```
delay(1000);
}
}
else
```

```

{

Serial.print("No radio available");
}

}

void initializeSD()
{
  Serial.println("SD Kart Hazirlaniyor...");
  pinMode(CS_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(CS_PIN, HIGH);

  if (SD.begin(CS_PIN))
  {
    Serial.println("SD Kart Kullanima Hazir");
  }
  else
  {
    Serial.println("SD Kart Okuma Hatasi");
    return;
  }
}

int createFile(char filename[])
{
  file = SD.open(filename, FILE_WRITE);

```

Tez İçin Geliştirilen Alıcı Yazılımı Devamı

```

if (file)
{
  return 1;
}

```

```
} else
{
    Serial.println("Dosya olusturulamiyor ... ?");
    return 0;
}
}
```

```
void closeFile()
```

```
{
    if (file)
    {
        file.close();
    }
}
```

```
int openFile(char filename[])
```

```
{
    file = SD.open(filename);
    if (file)
    {
        return 1;
    }
    else
    {
        Serial.println("Dosya acilamiyor ?");
        return 0;
    }
}
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nihat ÖZDEMİR
Doğum Yeri ve Tarihi : Hakkari 1987
Yabancı Dili : İngilizce
E-Posta : nihat_ozdmr@hotmail.com

Öğrenim Durumu

Derece	Bölüm	Üniversite/Lise	Mezuniyet Yılı
Lise	Elektrik	Yüksekova Çok Programlı Lisesi	2004
Üniversite	Elektrik Öğretmenliği	Marmara Üniversitesi	2009
Üniversite	Elektrik Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2016

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	Görevi
2010/----	Milli Eğitim Bakanlığı	Teknik Öğretmen