

**RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN UYGUN
ALANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS)
İLE BELİRLENMESİ:
TEKİRDAĞ İLİ ÖRNEĞİ**

Nursedan AKKAYA

Yüksek Lisans Tezi

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İLE BELİRLENMESİ: TEKİRDAĞ
İLİ ÖRNEĞİ**

Nursedan AKKAYA

BIYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. SELÇUK ALBUT

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Selçuk ALBUT danışmanlığında, Nurseda AKKAYA tarafından hazırlanan “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımında Uygun Alanların Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Belirlenmesi : Tekirdağ İli Örneği” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak oy birliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Selçuk ALBUT

İmza :

Üye :

İmza :

Üye :

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İLE BELİRLENMESİ: TEKİRDAĞ İLİ ÖRNEĞİ

Nursedada AKKAYA

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Son zamanlarda nüfusun artışı ile doğru orantılı olarak artış gösteren enerji kullanımı insanları rezervleri tükenen, yenilenemeyen enerji kaynaklarından sınırsız ve kısmen daha temiz olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bu yönlendirmeler sonucunda yine teknolojiye yaşanan gelişmeler sonucunda ortaya çıkan Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilceği yerlerin tespiti daha fazla kolaylaşarak, bu teknolojiler sayesinde kurulacak olan santrallerinin yerlerinin tespiti belli başlı veriler ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi üzerinde durularak, meteorolojiden elde edilen bir yıllık iklim verileri, DEM (yükseklik - eğim haritaları) ve enerji nakil hatlarını gösteren haritalar ile Tekirdağ İli üzerinde kurulabilecek olan Rüzgâr enerji santrallerinin yer tespiti yapılmıştır. Alan tespiti verilerin girilmesi ve koordinat çakıştırmaları ile açık kaynak kodlu QGIS yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler; Rüzgar enerji santrali, Yenilenebilir enerji kaynakları, Coğrafi bilgi sistemleri, Rüzgâr enerjisi, Açık Kaynak Kodlu QGIS Yazılımı.

2019, 59 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

**DETERMINATION OF SUITABLE AREAS FOR WIND POWER PLANTS
WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS): SAMPLE OF
TEKİRDAĞ PROVINCE
Nurseda AKKAYA**

Tekirdağ Namık Kemal Universty
Main Science Division of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Recently, the use of energy, which has increased in direct proportion to the increase in population, has directed people to renewable energy sources, which are depleted, which cannot be renewed, and which are unlimited from non-renewable energy sources. As a result of these advances, it is possible to determine the places where renewable energy sources can be used with the Geographical Information Systems and Remote Sensing which are produced as a result of the developments in technology and the determination of the locations of the power plants that will be established by these technologies can be realized with certain data. In this study, wind energy from renewable energy sources, the annual climate data obtained from meteorology, DEM (elevation - slope maps) and maps showing the power transmission lines and the wind power plants that can be established on the province of Tekirdag were determined. Area determination was done by using open source QGIS software by entering data and coordinate overlaps.

Keywords; Wind power plant, Renewable energy sources, Geographic information systems, Wind energy, Open Source QGIS Software.

2019, 59 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca gerek derslerimde gerekse tezimin tüm aşamasında bana danışmanlık yapan, beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof.Dr. Selçuk ALBUT'a, tez çalışmamın başlangıcında kaynak araştırması ve yol gösterme anlamında gerekli desteği veren Ziraat Yüksek Mühendisi Tamer UYSAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım süresince maddi ve manevi eksikliklerini hissettirmeyen ve bana olan güvenlerini her zaman hissettiğim sevgili annem Zülfiye ve ablam Burcu AKKAYA'ya ayrıca teşekkür ederim.

Mayıs, 2019

Nursedada AKKAYA

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Enerji Kavramı	3
2.2. Enerjinin Önemi	3
2.3. Enerji Kaynakları.....	5
2.3.1. Yenilenemeyen / Fosil enerji kaynakları	6
2.3.1.1. Doğalgaz.....	7
2.3.1.2. Petrol.....	7
2.3.1.3. Kömür	8
2.3.2. Nükleer enerji	9
2.3.3. Yenilenebilir enerji kaynakları	10
2.3.3.1. Rüzgâr enerjisi.....	10
2.3.3.2. Rüzgâr enerjisinin avantaj ve dezavantajları	12
2.3.3.3. Rüzgâr enerjisinin Dünya'daki durumu	15
2.3.3.4. Rüzgâr enerjisinin Türkiye'deki durumu	16
2.3.3.5. Rüzgâr enerji santrali yer seçimi ve kurulum aşamaları.....	17
2.3.3.6. Rüzgâr türbinlerinin yapısı ve sınıflandırılması	20
2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	22
2.4.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin tanımı.....	22
2.4.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin öğeleri.....	25
2.4.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin temel işlevleri	26
2.4.4. Coğrafi bilgi sistemlerinin uygulama alanları	26

3. MATERYAL VE METOD	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Araştırma alanının yeri ve konumu	29
3.1.2. Tekirdağ' da İli'nde rüzgâr santralleri	33
3.1.3. QGIS coğrafi bilgi sistemi yazılımı ve temel fonksiyonları.....	36
3.2. Metod.....	37
3.2.1. QGIS (Quantum GIS) İle Çalışma Alanının topoğrafik özelliklerinin oluşturulması....	37
3.2.2. Rüzgâr enerji santrali kurulumu için gerekli materyallerin toplanması	37
3.2.3. Rüzgâr enerji santrallerinin kurulabileceği yerlerin saptanması	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	39
4.1 Elde Edilen DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) Haritaları	39
4.3. Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulabileceği Yerlerin Saptanması.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
6. KAYNAKÇA.....	44
7. ÖZGEÇMİŞ	49

ÇİZELGE DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Tekirdağ İli Devreye Alınan ve Aktif Çalışan Santraller	34
Çizelge 3.2. Tekirdağ Yapım Aşamasındaki Rüzgâr Enerji Santralleri	35
Çizelge 3.3. Tekirdağ'da Lisansı Alınan Rüzgâr Santralleri	35
Çizelge 3.4. Tekirdağ'da Ön Lisansı Alınan Rüzgâr Santralleri.....	35

ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Araştırma alanının yeri ve konumu	28
Şekil 4.1. Tekirdağ ili yükseklik haritası	37
Şekil 4.2. Tekirdağ ili eğim haritası	38
Şekil 4.3. Tekirdağ Rüzgâr hızı dağılımı.....	38
Şekil 4.4. Tekirdağ ili enerji nakil hattı haritası (TREDAS)	39
Şekil 4.5. Tekirdağ ili rüzgâr enerji santrali kurulabilecek alanlar	40

SİMGELER DİZİNİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model
GIS	: Geographic Information Systems
MTEP	: Ton Eşdeğer Petrol
ÖAKK	: Özgür ve Açık Kaynak Kod
REPA	: Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
WWEA	: Dünya Rüzgâr Enerjisi Birliği

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunda yaşanan hızlı artış, buna paralel gerçekleşen teknolojiye yaşanan gelişmeler, insan gereksinimlerini sağlayabilmek için sınırlı olarak bulunan doğal kaynakların araştırılması ve bunların kullanılması konusunda daha etkin çalışmalar yapılmasına yol açmıştır. Fakat nüfusun hızla artış sağlaması doğal kaynaklarında aynı oranda azalmasına sebep olmuştur. Gerçekleşen bu durumlar sonucunda doğal kaynakların saptanması, kullanılması ve çevre ile ilgili dengelerin sağlanmasında teknolojinin rolü giderek artmaktadır. Teknolojide gerçekleşen gelişmeler sonucunda, tarım ve enerji alanında Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Teknikleri çok fazla kullanılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda önemi ve kullanımı sürekli artış gösteren Özgür ve Açık Kaynak Kod (ÖAKK) yazılımların Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) alanında da kendini göstermesi bu alanda gerekli çalışmaların yapılmasına katkıda bulunmuştur. CBS yazılımların da uygulanmaya başlanılan ortak standartlarda amaç ÖAKK CBS yazılımlarının sayısının artması ve kalitesinin gelişimine katkı sağlamaktır (Karataş ve Kırbaş 2015)

Tekirdağ ilinde bulunan Işıklar Mahallesi'nde 132 dekar alan büyüklüğünde içerisinde 1.753 adet ağaç bulunan ve özellik olarak 10 yaşında örnek meyve (ceviz) üzerinde çalışma yapılmıştır. Çalışma esnasında Özgür Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları (Google Drive, Google Earth, QGIS) kullanılmış olup meyve bahçesine ait engebe endeksi, eğim, görünüm, gölgelendirme ve kabartma haritaları hazırlanmıştır (Danışman 2018).

Zaman ilerledikçe hızla gelişen teknoloji ve makineleşme ile birlikte, enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Enerji ihtiyacının temin edilmesinde yer altı kaynaklarından fosil yakıtlar olarak sınıflandırılan kömür, petrol, doğalgaz gibi yakıtlar kullanılmaktadır. Fakat her gün giderek artan enerji talebine karşılık olarak, kullanılan bu yakıtların yakın gelecekte tükeneceği düşünülmektedir. Ayrıca sanayileşme ile birlikte kullanılan fosil yakıtların çevreye vermiş olduğu zarar gözlemlendiğinde yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının araştırılması ve çalışmalar yapılması zorunlu hale gelmiştir (Özcan 2011).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan Rüzgâr enerjisi kullanımı son zamanlarda hızlı bir şekilde artış göstermeye başlamıştır. Dünyadaki bir çok ülke, yerel olarak kullanılabilen, süreklilik arz eden, hammadde maliyeti bulunmayan, temiz enerji kaynağı olarak görülen, dışa olan bağımlılığı azalttığı düşünülen ayrıca türbin kuruluşunun hızla gerçekleştirilebilmesinin sonucuna Rüzgâr enerjisini tercih etmektedir. Rüzgâr enerjisini yenilenemeyen enerji kaynaklarına alternatif olması ve fosil yakıtlarla rekabet edebilmesi için

dünyada çeşitli teşvikler uygulanmaktadır. Bu teşvikler ile birlikte hem Rüzgâr enerjisine dayanan bir sanayi oluşurken hem de kullanılabilirliği yaygınlaşmaya başlamaktadır (Bayraç 2011).

Tarımsal faaliyetlerde mevcut tarım alanlarının miktarını ve dağılımını belirlemek ülke tarımının daha iyi planlanmasında büyük rol oynamaktadır (Albut ve Sağlam 2004).

Bu çalışmada Tekirdağ İli enerji tüketimleri göz önünde bulundurularak; açık kaynak kodlu coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle Rüzgâr enerjisinin kullanabileceği alanların yerlerinin yer tespiti amaçlanmıştır. Çalışma sırasında iklim verileri, Dem haritaları (eğim - yükseklik verileri), enerji nakil hatlarının konumları göz önünde bulundurularak kolay bir şekilde Rüzgâr enerjisinin efektif olarak kullanılabileceği yerler tespit edilerek haritalandırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Enerji Kavramı

Enerji çevremizde farklı biçimlerde bulunabilmektedir. Bunlar; elektrik enerjisi, nükleer enerji, ısı enerjisi ve kimyasal enerji olarak ifade edilmektedir. Termodinamik kanunlarının ilk sırasında yer alan ve enerjinin korunumu ismi ile de bilinmekte olan yasa doğrultusunda kapalı bir sistem içerisinde enerji miktarı toplamı her zaman aynıdır. Daha anlaşılır bir şekilde ise; enerjinin yoktan var edilmesi ya da var olan bir enerjinin yok edilmesi söz konusu değildir. Ancak enerji yukarıda ifade edilen türleri arasında değişime tabi tutulabilmektedir (Akdağ 2009: 39).

Enerji kavramı, ayrıca enerjinin üretildiği kaynaklara göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmada öncelikle birincil ve ikincil enerji kaynakları kavramları üzerinde durmak gerekir. Birincil enerji kaynakları, odun, kömür, ham petrol, doğal uranyum, doğalgaz, rüzgâr, su, güneş, biyokütle, jeotermal enerji vs. gibi doğal enerji kaynaklarından oluşmaktadır. İkincil enerji kaynakları ise, elektrik ve petrol ürünleri gibi birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesiyle elde edilen enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynakları da kendi içinde yenilenebilir ve yenilenemez (tükenebilir) olarak iki şekilde sınıflandırılır. Yukarıda sayılan birincil enerji kaynaklarından odun, kömür, ham petrol, doğal gaz ve uranyum en yaygın yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Rüzgâr, su (hidrolik), güneş, biyokütle, jeotermal enerjileri ise en yaygın yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Taner 2016).

2.2. Enerjinin Önemi

Bir ülkenin kalkınmışlığını gösteren unsurların başında enerji gereksinimleri gelmektedir. Küreselleşen dünya da ekonomik yapılarda meydana gelen değişim, nüfusta yaşanan hızlı artışlar ve artan ticaret hacimleri doğrultusunda enerji gereksinimde sürekli bir artış yaşanmaktadır. Bugün yedi milyar civarında olan dünya nüfusunun, özellikle Afrika ve Hindistan nüfusundaki artıştan dolayı 2040 yılında dokuz milyar seviyesine çıkması beklenmektedir. Bu ise dünya nüfusunun 2010–2040 yılları arasındaki otuz yıllık süreçte yüzde yirmi beş oranında artması demektir. Toplam hane halkı sayısında yüzde elli oranında artış beklentisi, konut enerji ihtiyacında da artışı beraberinde getirmektedir. Nüfustaki bu artışla birlikte, ekonomik büyümenin gerçekleşmesi dolayısıyla hayat standartlarının yükselmesi, bunun ise daha güvenilir elektrik tedarikine ve sosyal gelişime fırsat yaratacağı

beklenmektedir. Ekonomik büyüme ve yükselen hayat standardı daha fazla enerji ihtiyacı doğuracaktır (EXXONMOBİL 2013).

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak ortaya çıkan çağdaş gereksinimlerin artışı ve iki milyar daha fazla insan için bu gereksinimin karşılanacak olması, elektrik sarfiyatının gittikçe artacağı anlamına gelmektedir. Enerji talebinin 2040 yılında, 2010 yılına kıyasla gelişmekte olan ülkelerde yüzde altmış beş, dünya genelinde ise yüzde otuz beş oranında artması beklenmektedir (EXXONMOBİL 2014).

Diğer yandan fosil kaynakların tükenmesine yönelik bilimsel tahminler, bu kaynakların dünya üzerinde oluşturduğu sera etkisiyle, küresel ısınmaya ve akabinde iklimsel değişikliklere sebep olması, fosil yakıt kullanan enerji santrallerinin meydana getirdiği çevresel kirliliğin insana ve doğaya zarar vermesi, çevre bilincinin artması gibi birçok neden, artan dünya enerji gereksiniminin sağlanması noktasında ülkeleri, yeni kaynak arayışına itmekte, gelecek yıllara ilişkin enerji planlamalarını yaparken, fosil kaynaklara dayalı enerji üretimi payının azaltılmasına yönelik önlemler almaya yöneltmektedir. Enerjiyi güvenilir kaynaklardan en ucuz, kaliteli ve çevreye verilen zararı en aza indirecek şekilde üretebilmek her geçen gün daha çok önem kazanmaktadır. Fosil yakıtlara bağımlılığın yakın gelecekte de devam edecek olması, ancak bu yakıtların uzun vadeli bir çözüm oluşturma noktasında soru işaretleri içermesi, nükleer enerjinin çevresel riskler taşıması, bunun yanında devletlerin yenilenebilir enerji alanında teşvikler sağlamaları, alternatif enerji kaynaklarının her geçen gün öneminin ve değerinin artmasını sağlamaktır. Günümüzde yeşil enerji konusu toplumun birçok kesiminde, bilim insanları ve özellikle devlet teşviklerinin etkisiyle yatırımcılar arasında da tartışılmaya devam etmektedir (Özen, Şaşmaz ve Bahtiyar 2015: 85-93).

Tüm bu nedenler ve gelişmeler doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir, kalıcı ve temiz enerji olması yönüyle önemli fırsatlar sunmaktadır. Birçok ülkede farklı şekilde uygulanan yatırım teşvikleri, büyük bir potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla yaygınlaşmasını sağlamakta dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynakları devletlerin enerji planlamalarının önemli bir unsuru haline gelmektedir (Küleççi 2009: 89-90).

Devletler yenilenebilir enerji yatırımlarını yatırımcıya daha cazip hale getirmek amacıyla, arazi kiralama, ilk yıllardaki yükümlülükleri hafifletme ve üretilen elektriğe alım garantisi vermek gibi teşvik senaryolarıyla yenilenebilir enerji sektörünü ivmelendirmeyi hedeflemektedirler. Özellikle üretilen elektriğe yatırımın ilk yıllarında alım garantisi

uygulanması, yatırımcının projeyi işletme sürecinde karşılaşılabileceği olası riskleri ve belirsizlikleri önemli oranda ortadan kaldırmaktadır (Yılmaz ve Hotunluoğlu 2015: 77-78).

2.3. Enerji Kaynakları

Elde edildiği kaynaklar üzerinden gerçekleştirilen değerlendirmeler neticesinde enerji kaynakları üç başlık içerisinde değerlendirilebilmektedir. Bunlar; fosil enerji kaynakları, nükleer enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Hidrolik, güneş, Rüzgâr vb. kaynaklar yenilenebilir kaynaklar içerisinde yer almakta iken, kömür, doğalgaz ve petrol gibi kaynaklar fosil kaynaklar içerisinde değerlendirilmektedir. Bir diğer gruplandırma çalışması ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak gerçekleştirilmektedir. Gereksinim duyulması durumunda doğrudan kullanılabilmesi mümkün olan kömür, petrol, doğalgaz gibi kaynaklar birincil enerji kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Herhangi bir birincil enerji kaynağının işleme tabi tutulması neticesinde elde edilen elektrik, buhar gazı vb. kaynaklar ise ikincil enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir (Kavak 2005).

Fosil kaynakların (kömür, doğalgaz vb.) kullanılması çevremizi, iklimsel döngümüzü ve canlıların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkiler. Bu tür olumsuzlukları aşmak için yenilenebilir kaynakların kullanımına yönelik talepler artmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar “Doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki kısa süreçte aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” şeklinde tanımlanabilir (Aykal ve ark. 2009). Dünya’nın birincil enerji kaynağı kullanım miktarı 12 milyar TEP’tir. Tüketilen 12 milyar TEP’in yaklaşık 4 milyarı petrol, 3 milyarı doğal gaz, 3,18 milyarı kömür, 622 milyonu nükleer ve 709 milyonu hidroelektrikle karşılanmıştır. Dünya enerji tüketiminin yıllık %1,6 oranında artarak süreceleceği düşünülmektedir (Mutlu 2013).

Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en gelişmiş ve ticaret için en uygun enerji çeşittir (Albostan ve ark. 2009). Çin elektrik üretiminde rüzgârı en çok kullanan ülke konumundadır. Diğer gelişmiş ülkelerin konumları sırasıyla ABD, Almanya ve İspanya’dır (GWEC 2016). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynağı denildiğinde akla ilk hidroelektrik gelmektedir. Ülkemizin hidroelektrikte toplam potansiyeli 433 milyar kWh/yıl düzeyindedir (DSİ 2017).

Elektrik üretiminde doğalgazın oranı %45’e kadar çıkmıştır ancak kullanılan doğalgazın yalnızca %2,4’ünü kendimiz karşılamaktayız. Kendi ürettiğimiz enerjideki artışın enerji ihtiyacımızdan az olmasından dolayı, 1990 yılındaki 30.936 MTEP olan enerji ithalatımız 2010 senesinde 87.409 MTEP’e yükselmiştir. 2017’de toplam enerji ihtiyacımızın

yalnızca %27,6'sı kendi kaynaklarımız tarafından karşılanmıştır. Bu rakamlar birincil enerji talebimizin %8'ini göstermektedir (DEKTMK 2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarından 2030-2050 yıllarına kadar fosil kaynakların yarısının karşılanması konusunda, tüm yetkili birimlerin desteği gerekmektedir (Atagündüz 2001). 2005 yılından sonra artan elektrik enerjisi talebine olan ihtiyacın; hidrolik santraller, termik santraller, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden karşılanması mümkün gözükmemektedir. Bu sebepten ekonomik kalkınmayı sürdürebilmek için gelişmiş birçok ülkenin kullandığı nükleer enerji santrallerine önem vermek gerekmektedir (Koçak ve Altun 2003). Yapılan çalışmalar, fosil kaynakların azalmaya başladığını ve giderek artan enerji ihtiyacına karşılık veremeyeceğini göstermektedir.

Enerji yoğunluğumuz AB ve OECD'nin enerji yoğunluğu değerleri ortalamasının oldukça üstündedir. Enerjide planlanan ve yürütülen çalışmaların sonucu ile 2020'de enerjideki üretim miktarımızın %15 oranında artması beklenmektedir (Mutlu 2013). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının elektrik enerjisi üretimi için yaptığı çalışmalarda 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi oranını %30'a yükseltmeyi hedeflemektedir.

2.3.1. Yenilenemeyen / Fosil Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımına bakıldığında %95'in üzerinde bir oranla karşılanmaktadır. Bu oranlar üzerinden gerçekleştirilen değerlendirmeler neticesinde mevcut doğalgaz, petrol vb. yenilenemeyen enerji kaynaklarının önümüzdeki 50 yıl içerisinde tükeneneğine dair tahminler öne sürülmektedir. Söz konusu durumun her geçen gün daha fazla endişe yaratması nedeni ile özellikle son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik eğilimin arttığı görülmektedir.

Tükenmelerine ek olarak çevreye vermiş oldukları zararların boyutlarının gün geçtikçe artması nedeni ile de, enerji kaynaklarının kullanımı konusunda mutlak çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Öyle ki, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan sere gazı salımı, dünyayı küresel ısınma hadisesi üzerinden tehdit etmektedir. Bu durumda yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenmeden evvel çok daha fazla zarar verebileceği endişesi gün yüzüne çıkmaktadır. Çünkü gerekli enerjinin büyük bir oranının sağlandığı yenilenemez enerji kaynakları, temiz havadan ve durağan iklimden faydalanır (Shyr 2010). Yenilenemeyen enerji kaynaklarından bazıları aşağıda incelenmiştir.

2.3.1.1. Doğalgaz

Yanma sürecinde rahatlıkla ayarlanması mümkün olan ve bu süreçte oldukça verimli bir şekilde kullanılan bir enerji kaynağıdır. Bu özellikleri neticesinde kullanıcılara önemli bir kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Aynı zamanda ekonomik açıdan değerlendirildiğinde de oldukça avantajlıdır. İçeriğinde yer alan karbon oranının düşük olması nedeni ile sere gazı etkisi yaratmakta olan karbondioksit gazı emisyon oranlarına bakıldığında katı yakıtlara kıyasla 1/3, sıvı yakıtlara göre ise 1/2 oranında daha az zararlı olduğu belirlenmektedir. Türkiye'nin doğalgaz kullanımını incelendiğinde ise, diğer enerji kaynaklarına benzer bir şekilde dışa bağımlı bir yapının ortaya çıktığı görülmektedir (Yamak 2006). Üretim alanları incelendiğinde ise Trakya Havzası'nın ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Doğalgaz ihtiyacının önemli bir kısmını Rusya'dan karşılamakta olan Türkiye, özellikle son dönemlerde çok daha yoğun bir şekilde doğalgaz arama faaliyetlerini sürdürmektedir. Genel olarak özellikleri incelendiğinde ise; kullanım sonrasında bedel ödemelerinin yapılması, kullanım için herhangi bir depolama gereksiniminin olmaması, kullanım sonrasında atık ortaya çıkmaması, kullanım için nakliye işlemlerinin yapılmasına gerek kalmaması ve temiz bir kullanıma sahip olması önemli avantajlar olarak değerlendirilmektedir (Garih 2000). Taşıtlarda yakıt olarak da kullanılmaya başlanan doğalgaz sayesinde çevresel olumsuz etkiler bir nebze olsun azaltılmaya çalışılmaktadır. Özellikle İtalya'da çok sayıda taşıtta yakıt olarak doğalgaz tercih edilmektedir.

2.3.1.2. Petrol

Geride bıraktığımız yüzyıl içerisinde yaşamımızın birçok alanında kullandığımız petrol, kullanım yoğunluğu doğrultusunda oldukça stratejik bir kaynak haline gelmiştir. Öyle ki, hiçbir enerji kaynağı petrol kadar yaşamımız içerisinde güçlü bir konumda olmamıştır. Petrol, insanlar tarafından hem enerji gereksinimlerinin karşılanması amacı ile hem de hammadde olarak kullanılmaktadır ve bu yönleri ile henüz petrolün tam ikamesi diyebileceğimiz bir kaynak bulunmamaktadır. Küresel birincil enerji tüketim oranlarına bakıldığında da %40 ile petrol ilk sırada gelmektedir (Külebi 2007). Türkiye'de ise petrol gereksiniminin ise yaklaşık olarak %90'ı ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Hali hazırda ki petrol kaynaklarının ise yaklaşık olarak %95'i Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır. Gereksinimin karşılanmasına yönelik olarak ithal edilen petrol ile ülke sınırları içerisinde çıkarılan petrolün tamamı İzmir-Aliaga, Mersin-Ataş, İzmit-İpraş ve Batman rafinelerinde işlenmektedir. 2004 senesine kadar gerçekleşen ithalat rakamlarına

bakıldığında; TÜPRAŞ kanalı üzerinden 22,3 milyon ton, ATAŞ kanalı üzerinden ise 1,7 milyon ton ham petrol ithalatı gerçekleştirilmiştir.

Enerji ve sanayi hammadde gereksinimlerinin karşılanmasına ek olarak petrol, uluslararası alanda bir bağımsızlık unsuru haline de gelmiş bulunmaktadır. Körfez ve Afganistan krizleri bu fikri savunur niteliktedir. Bu yönü ile birçok ülke tarafından petrol merkezli stratejiler geliştirilmektedir. Zira bir ülkenin bağımsızlığı üzerinde, kendi enerji gereksinimi karşılayabilmesinin oldukça önemli bir etkisi bulunmaktadır. Endüstriyel gelişimin sağlaması noktasında en önemli girdilerin başında enerji kavramı gelmektedir. Doğru yürütülen enerji politikaları ve enerji gereksinimlerinin sorunsuz bir şekilde karşılanması ülkenin refahı ve gelişimi için oldukça önemlidir.

Petrolün ne denli önemli bir enerji kaynağı olduğunun en önemli göstergeleri arasında yer alan 1974 petrol krizi sonrasında birçok ülkenin ekonomisi üzerinde önemli etkiler yaratan fiyat artışları meydana gelmiştir. Fiyat artışlarına paralel olarak ortaya çıkan krizlerle birlikte gelişen toplumsal hareketlilik bir süre sonra, bu hareketliliklerin yaşandığı bölgeleri dış güçlere karşı savunmasız bir hale getirmiştir. Netice itibari ile birçok ülke söz konusu tehditlerle karşı karşıya gelmemek için enerji gereksinimlerinin karşılanmasında bağımsız hale gelebilmek adına stratejiler geliştirmeye çalışmaktadır.

2.3.1.3. Kömür

Enerjinin elde edilmesine yönelik gereksinim duyulan önemli hammaddelerden biri de kömürdür. Dünya genelinde oldukça geniş bir rezerv alanına sahip olan kömür, çok yaygın bir şekilde de kullanılmaktadır. Öyle ki, birincil enerji tüketimi içerisinde ilk sırada kömür gelmektedir (Yamak 2006). Türkiye’de en çok kullanılan fosil enerji kaynağı kömür olarak görülmektedir. Öyle ki, gerçekleşen enerji tüketiminin %24’ü yerli kömür kaynakları üzerinden karşılanmaktadır. Özellikle enerji gereksiniminin karşılanması, çelik ve çimento üretim süreçlerinde kömürden yararlanılmaktadır. Yerli kömür kaynakları içerisinde linyit, taş kömürü ve asfaltit üretimi gerçekleştirilmektedir. Bunlar içerisinde taş kömürü kaynakları 1,3 milyar ton rezerv ile Zonguldak havzasında yoğunlaşmakta, toplam 8,3 milyar ton linyit rezervi ise ülke genelinde dağınık halde bulunmaktadır. Toplam miktarı diğerlerine göre daha sınırlı olan 80 milyon ton Asfaltit rezervleri ise çoğunlukla Güneydoğu Anadolu bölgesinden elde edilmektedir (Türkyılmaz 2011).

2.3.2. Nükleer enerji

Ağır atom çekirdeklerinin parçalanması (filyon) veya hafif atom çekirdeklerinin birleşmesi (füzyon) sırasında, kütleinin bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesi sonucu elde edilen enerjiye nükleer enerji denilir. Filyon işlemi, çok iri bir çekirdeğin daha küçük parçalar halinde parçalanması demektir (Kaymak 2008: 4). Oluşan parçalarda atom çekirdekleridir ve birçoğu ilk çekirdekte ki halinden daha karardır. Birbirine benzeyen çekirdekler değişik tip parçalar üreterek parçalanabilir. Birçok parçalanma sonucu belli sayıda nötron elde edilir. Oluşan nötronlar bir atom yapısına girerek yeni filyon gerçekleşebilir. Parçalanma olayı zincirleme reaksiyonlar biçiminde kontrol edilebilir düzeyde (nükleer santraller ve atom pilleri) birbirini izleyebilirler. Bazı durumlarda ise kontrol dışında oluşarak patlama etkisi yaratabilir (atom bombası denen nükleer silahlar) (Kaya 2012: 72).

Füzyon (birleşme), çok hafif iki atom çekirdeğini birleştirerek ağır bir çekirdek oluşturmak ve ortaya çıkan bağ enerjisini kullanmaktır. Elde edilen ağır atom çekirdeği baştaki hafif çekirdeklerden daha kararlı bir yapıdadır. Nükleer kaynaşma ile çok büyük bir enerji elde edilebilir ancak bu enerjiyi açığa çıkarmak oldukça güçtür. Atom çekirdekleri pozitif yük taşır ve birleştirmeye çalıştığımızda büyük bir kuvvetle birbirlerini iterler. Bu durumda nükleer kaynaşmayı sağlamak için itme kuvvetini yenecek daha güçlü bir enerji vermek gerekir. Bu enerjinin büyüklüğü çekirdeklerin çarpışmasını sağlayacak miktarda olması gerekir. Çarpışmayı sağlayacak enerji 20–30 milyon derecelik bir sıcaklığa eşdeğerdir. Kaynaşma reaksiyonuna girecek maddeyi taşıyacak hiçbir katı bu sıcaklığa dayanım gösteremez. Kaynaşma patlayıcı madde olarak elde edilebilir. Bunu gerçekleştirmek için bir atom bombasını patlatarak hafif atomlara gereken ısı verilebilir. Aslında bu işlem hidrojen bombasının tanımıdır. Kontrollü kaynaşma ise büyük uğraşlara rağmen henüz elde edilememiştir (Üçüncü 2016).

Nükleer enerjinin ülkemizde kullanılmaya başlanması, sanayideki üretim kalitesinin yükselmesini ve yüksek teknolojinin endüstriyel sahaların içerisinde bulunmasında önemli bir rol oynar. Sonuç olarak ülkemizin endüstrideki gelişimi büyük bir adım atmış olacaktır. Rus sermayeli Akkuyu NGS A.Ş. tarafından kurulacak olan Akkuyu nükleer santralinden (4800 MW) üretilen elektrik yurt içinde satılacaktır. Japonya ile Sinop'ta kurulması planlanan 4480 MW kapasiteli ikinci nükleer santral için anlaşma imzalanmıştır. 5000 MW'lık üçüncü nükleer santralimiz için planlama çalışmalarına başlanılmıştır (ETBK 2016: 6-14).

2.3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları;

- 1) Rüzgâr enerjisi,
- 2) Güneş enerjisi,
- 3) Jeotermal enerji,
- 4) Biyokütle enerjisi,
- 5) Biyogaz enerjisi,
- 6) Hidroelektrik enerji,
- 7) Deniz akıntı enerjisi,
- 8) Dalga enerjisi,
- 9) Gel-git enerjisi,

olarak sıralanabilir. Nehir tipi veya rezervuarlı ve yüzey alanı 15 km²'den daha küçük yüzey alana sahip enerji üretim santrali kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları hidroelektrik enerji olarak ifade edilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elde edilmesi için yenilenemeyen enerji kaynaklarının var olması gerekmektedir. Bu amaçla yenilenemeyen enerji kaynaklarının dönüştürülebilmesi için teknolojiye dayanarak rafineriler ve santraller kurmak önem arz etmektedir (Gezer 2006: 13).

2.3.3.1. Rüzgâr enerjisi

En önemli doğal zenginlik kaynaklarından biri olan Rüzgâr enerjisi çok eski tarihlerden beri kullanılmaktadır. Zaman içinde amaçları ve teknolojisi değişiklik göstermiş, kullanımı kesikli bir seyir izlemiştir. Çalışmanın bu bölümünde Rüzgâr enerjisi detaylı olarak incelenecektir.

Yenilenebilir, doğal ve temiz bir güç kaynağı olan güneşin %1-2'si gibi ufak bir kısmı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Güneş enerjisinin ışıması fakat eşit şekillerde her bölgeyi ısıtamaması bazı sıcaklık ve basınç ve nem farklılıklarına neden olarak hava akımı oluşturmaktadır. Bu hava akımı basınç farklılıkları oluşturduklarında rüzgâr ortaya çıkmaktadır. Rüzgâr bölgelerin coğrafi özelliklerine göre zaman ve yöre bakımından değişiklikler arz etmektedir. Dünya Enerji Ajansı tarafından yapılan çalışmada Rüzgâr hızının 5.1 m/s üstünde olması halinde ekonomiklik göstermektedir. Rüzgâr hızının 5.1 m/s üzerinde olan bölgelerde RES uygulaması yapılabilmektedir. Dünya rüzgâr enerjisi teknik potansiyeli

53.000 TWh/yıl olarak verilmiştir. Dünya'da 2016 yılı sonu yıllık RE üretimi 557 TWh/yıl olup toplam enerji üretimi içerisindeki payı % 2,6 kadardır. 2017 yılı sonu işletmede olan RES'lerin Kurulu gücü yaklaşık 300 GW olduğu belirtilmiştir (Akt. Akpınar 2017: 40-41).

İlk insanlarca Rüzgâr enerjisi bilimsel manada açıklanamamış olsa da çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılan ilk enerji kaynaklarından biri olmuştur. Tarihi M.Ö 5000'e kadar uzanmaktadır. Bu dönemlerdeki kullanımı aerodinamik sürüklenme kuvvetine örnek teşkil eden sallarm ve botların nehirlerde yüzdürülmesi amacıyla Rüzgârın itme gücünden yararlanma olarak görülmüştür. Bu şekilde ilk kullanımın izlerini Mısır'a, Nil Nehri'ne uzanmaktadır. Elbette ki Rüzgâr enerjisinin bu amaçla kullanımı daha sonraları uygulanacak olan akış tipi değirmenlere de öncülük etmiştir.

Dairesel hareketli yel değirmenleri ise ilk olarak M.Ö 200 civarında orta ve doğu Asya'da görülmüştür. İran başta olmak üzere Çin, Tibet, Hindistan, Afganistan bu anlamda öne çıkan ülkeler olmuştur. Batı toplumlarının Rüzgâr enerjisiyle tanışmaları haclı seferleri ve kimi ticari ilişkiler sonucu 11. yy da gerçekleşmiştir ki o dönemde yel değirmenlerini doğu toplumlarında oldukça yaygın biçimde kullanılmaktaydılar (Taşgetiren 1998:23). 1300'lere gelindiğinde Hollandalılar Rüzgâr gücünden tahıl öğütme, Fransızlar kuyulardan su çekme amaçlı olarak yararlanmaya başlamıştır. Bu dönemden sonra yel değirmenleri millerin daha iyi aero-dinamik kaldırma kuvveti sağlayabilmesi ve rotor hızının artırılması için aşamalı olarak geliştirilmiştir. 1700'lü yıllar Rüzgâr enerjisinin parladığı dönemlerden biri olmuştur. Sanayi öncesi Avrupa'sında elektrik üretiminde kullanılır olmuş ve tahmini olarak 1500 MW'lık kapasiteye ulaşılmıştır. Bu değerlere tekrar ancak 1980'de ulaşabilmiş olması dikkate değer bir durumdur. Aynı dönemlerde Rüzgâr türbinleri Fransız göçmenlerle Kanada'ya da ulaştırılmıştır. Amerikalılar ise 1800'lerde odundan yapılmış millerle Rüzgâr enerjisini kullanmışlardır. İlk Rüzgâr türbini ise Amerikalı bir bilim adamı ve girişimci tarafında 1888 yılında inşa edilmiştir. Bu ilk Rüzgâr türbini 12 kW kapasiteye sahipti. Danimarkalı bir mucit Poul La Cour ise daha verimli çalışan ve 25 kW kapasiteye sahip bir Rüzgâr türbini yapmayı başardığında takvimler 1888 yılını göstermekteydi. I. Dünya Savaşı sonrasında bu Rüzgâr türbinler Danimarka genelinde yaygınlaşmıştır (Anonim 2019a). Rüzgâr enerjisi sanayi devrimi ve buhar makinelerinin icadıyla bir müddet geri planda kaldıktan sonra 1920'de Fransız bir mucit dikey eksenli rotor tasarımı yapmayı başarmıştır. 1930'larda binlerce 1 ila 3 kW kapasiteli küçük Rüzgâr türbinleri, çiftliklerin aydınlatılması ve radyo setlerinin şarj edilmesi amacıyla Amerika kırsallarına inşa edilmiştir. 1939'da Amerika'nın Vermont şehrinde inşa edilen 53 m çapında, 1,25 MW gücündeki Smith Putnam Rüzgâr türbini için o

dönemin en önemli bilim adamları işbirliği yapmışlardır. Bu Rüzgâr türbini on yıllar sonraki benzerlerinden bile uzun süre faaliyette kalarak insanlık tarihinde teknoloji simgesi olarak kendine yer edinmiştir (Özcan 2009:9). Ayrıca bu yıllarda Rüzgâr türbinlerinin Kanada çiftliklerinde hem kuyulardan su çekme amaçlı hem de elektrik üretme amaçlı olarak yaygın kullanımı da devam etmiştir. Fakat II. Dünya Savaşı sonrası fosil yakıtların fiyatlarının düşmesi sonucu elektrik şebekelerinin kırsala genişletilme imkanı doğmuştur. Bu sebeple Amerika ve Kanada'da Rüzgâr enerjisine talep azalmıştır.

1960 yılına gelindiğinde ilk plastik ve fiberglas millere sahip verimliliği artmış bir Rüzgâr türbini Alman yatırımcı UlrichHuttter tarafından geliştirilmiştir. 1971 yılında ise dünyanın ilk deniz tipi Rüzgâr çiftliği Danimarka'da 5 MW kapasite ile devreye alınmıştır (Anonim 2019a). 1970'lerde etkisini hissettiren petrol krizinin patlak vermesiyle fosil yakıtlara alternatif enerji kaynakları arayışları hız kazanmış ve bu noktada gelişmeye en müsait enerji türü Rüzgâr enerjisi olmuştur. Bu yıllarda Amerika, Almanya, İsveç, Büyük Britanya, Kanada gibi ülkeler Rüzgâr enerjisi teknolojisinin gelişiminin ve maliyet düşüşlerinin tetikleyicisi olan destek programları devreye sokmuşlardır. 1980-1991 periyodunda Kaliforniya eyaletinde kapasitesi 20 ile 350 kWh arasında değişen 17.000 adet yeni Rüzgâr türbini faaliyete geçirilmiştir (Anonim 2019a).

Kaliforniya, Rüzgâr endüstrisi tam bir başarı örneği teşkil etmiştir. Kısacası 1980'li yıllarda Rüzgâr enerjisi yeni materyallerle inşa edilmiş ve daha düşük maliyetli türbinler sayesinde elektrik üretimi için gerçek bir seçenek olarak kendini göstermeye başlamıştır. 1994 yılında ilk ticari Rüzgâr enerji santrali Alberta, Kanada'da hizmete girmiştir, bu bakımdan 1994 yılı da bir başka dönüm noktasını temsil etmektedir (Anonim 2019a).

2.3.3.2. Rüzgâr Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Gelecekte yaşayacağımız enerji sıkıntısına çözüm olabilecek Rüzgâr enerjisinin avantajları olduğu gibi dezavantajları da mevcuttur (Akkaya 2007: 45-46).

- Rüzgâr enerjisi hava kirliliği oluşumunu önler. Rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisi üretimi amacıyla yoğun ve verimli bir şekilde kullanılması nedeniyle, fosil ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanım oranı azalacak ve böylelikle hava kirliliği oluşumu da önlenmiş olacaktır.
- Çabuk kurulur. Rüzgâr enerji santrali, kurulması planlanan bölgede gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra lisans izni alınmasından sonra neredeyse 6 aylık bir sürede kurulur ve üretime başlar.

- Ömrü dolan türbinler kolaylıkla kaldırılabilir ve arazi tekrar kullanılabilir. Rüzgâr enerji santrallerinin kurulumu gibi ömrü dolan türbinlerin kaldırılması da kolaydır. Türbinler kaldırıldıktan sonra da arazi aynı verimliliği ile kullanıma devam edebilir.
- Ömrü dolan türbinler kaldırıldıklarında geri dönüşümü sağlanabilir. Rüzgâr türbinleri elektrik üretimine kapatıldığında sökülebilir ve sökülen türbini hurda değeri söküm maliyetini karşılamaktadır.
- Türbinlerin bakımı kolaydır. Rüzgârdan enerji üreten türbinleri nadir arızalandığı gibi, arızalanması durumunda da bakımı oldukça kolaydır.
- Karbon emisyonu yoktur. Rüzgâr enerjisinin çevre dostu ve temiz oluşun en önemli sebebi, üretim sırasında karbon emisyonu çıkmamasıdır.
- Rüzgâr enerjisi, temiz bir enerjidir. Doğal bir kaynak olan Rüzgârdan enerji sağlanması sırasında atık, çöp ve çevreye zarar veren gaz oluşturmaz.
- Rüzgâr enerjisi bedavadır. Kurulum aşaması dışında hiçbir maliyeti yoktur ve kurulan sistemler en az 50 yıl garanti kapsamında olduğundan santrali oluşturan türbinlerin arızalanması durumunda da maliyeti bulunmaz.
- Enerji talebinin karşılayan kaynaklarda çeşitlilik sağlar. Tüm dünya için enerjiye duyulan talep artarken, enerji kaynak rezervlerinde azalma durumu mevcuttur. Böyle bir durumda ülkeler arasında ülkelerin enerji kaynak rezervi kadar enerji kaynaklarının çeşitliliği de önemlidir. Rüzgâr enerji santrallerinin kurulumu ile bu çeşitlilik sağlanabilir.
- Yerel bir kaynak olduğundan, enerji ithalatını önler. Ülkelerin Rüzgâr enerjisine yönelmesi durumunda gerekli olan enerji sağlanarak günümüzün en önemli problemlerinden biri olan enerjide dışa bağımlılık bir nebze olsa ithalatın azalması ile önlenmiş olur.
- Kırsal bölgede elektrik problemini çözer. Rüzgâr enerjisi, büyük ölçekte ticari amaçlı kurulduğu gibi küçük ölçekte elektrik problemi bulunan bölgelerde (kasaba, köy, tepe, çiftlik gibi) kurulumu halinde elektrik problemini çözer.
- Kurulduğu bölgeye istihdam sağlar. Özellikle büyük ölçekli elektrik üretiminde Rüzgâr enerji santralleri, gerek kurulum gerekse üretim aşamasında geçici ve sürekli istihdam sağlar.

- Fosil yakıtların sebep olduğu fiyat değişikliğini dengeler. Özellikle fosil yakıt kaynaklarının azalması ile yükselen fiyatlar, Rüzgâr enerjisinden sağlanan düşük maliyetli enerji ile dengelenir.
- İklim değişikliği sorununun çözümüdür. Rüzgârın enerjiye dönüşümü sırasında ise doğaya zararlı gazların salınımı söz konusu olmadığından, Rüzgâr enerjisi iklim değişikliğine sebep olmayıp, fosil yakıtlar yerine tercih edilmesi durumunda iklim değişikliği sorununun çözümü niteliğindedir. Başta fosil yakıtlar olmak üzere enerji ihtiyacımızı karşılamak için kullanılan kaynaklarının enerjiye dönüşümü sırasında ortaya çıkan zararlı gazlar küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır.
- Arazi dostudur. Rüzgâr enerji santraline bağlı Rüzgâr türbinlerinin üzerinde bulunduğu arazide tarım yapılabilir.
- Ticari ve ev tipi olmak üzere uygulama esnekliği vardır. Rüzgâr enerjisinin ihtiyaca ve amaca göre büyük ölçekli olan ticari ve daha küçük ölçekli olan ev tipi kullanım seçenekleri mevcuttur.
- Rüzgâr gücünü elektriğe çevirerek verimlilik sağlar. Zaten mevcut olan Rüzgâr, enerjiye çevrilerek verimlilik sağlanır.
- Rüzgâr enerjisinin hammadde ihtiyacı yoktur. Diğer enerji kaynaklarının aksine hammadde ihtiyacı yoktur. Rüzgârın mevcut olduğu her yerde küçük veya büyük ölçekli enerji üretimi sağlanabilir.
- Fosil yakıt tüketimini azaltır. Rüzgârdan enerji üretiminin yaygınlaşması durumunda fosil yakıtlara olan ihtiyaç azalır ve fosil yakıt tüketiminde düşüş yaşanır.
- Giderek ucuzlamaktadır. Kurulum aşaması dışında maliyeti bulunmayan Rüzgâr enerji santrallerinin maliyeti teknolojik ilerlemeler ve bu alanda yapılan çalışmalar sayesinde her geçen gün biraz daha azalmaktadır.
- Rüzgâr enerjisinin olumsuz yönlerini şöyle sıralayabiliriz (Şen 2012: 131):
- TV ve radyo alıcılarında parazit oluşturur. Her zaman olmamakla birlikte Rüzgâr enerji santralleri bulunduğu bölgede radyo, TV ve telefonlarda parazit oluşumuna sebep olabilir.
- Kuş ölümüne sebep olmaktadır. Rüzgâr enerji santralinin bulunduğu bölge üzerinden geç eden kuş sürüleri, enerji üretimi yapan Rüzgâr türbinlerine çarparak ölmektedirler.

- Kurulu olduğu bölgede gürültüye sebep olur. Rüzgâr türbinlerinin, Rüzgârla beraber hızlı bir şekilde dönmesiyle bölgede gürültü duyulur. Gürültü, insanlar üzerinde olumsuz fizyolojik ve psikolojik olarak etkilere sebep olabilir (Toprak 1993: 11). Yapılan ölçümler, Rüzgâr türbinlerinin oluşturduğu sesin, santral içerisinde 43 desibel olarak ölçüldüğünü göstermiştir. Gürültü Yönetmeliği'ne göre ise, kirlilik olarak belirtilen gürültü 80 desibeldir (Çalışma ve Sosyal Bakanlığı, Gürültü Yönetmeliği mad 5).

Rüzgâr enerjisinin olumsuz yönlerinin giderilmesi için ilk olarak; santral kurulmadan önce gerekli araştırmalar titizlikle yapılmalı ve bölgenin Rüzgâr kaynağı doğru belirlenmeli ve türbinler sadece gerçekten verimli olan arazilere kurulmalıdır. Rüzgâr kaynağı doğru belirlendikten sonra, bölgeye kurulan santrale ait türbinlerin, bölge Rüzgâr kapasitesine uygun özellikte olmasına dikkat edilmelidir. Kurulan türbinler doğrudan jeneratöre bağlanarak, oluşabilecek enerji kaybı engellenmelidir.

Türbinler kurulduktan sonra gerekli denetim mekanizması kurulmalı ve türbinlerin kolay denetlenmesi sağlanmalıdır. Rüzgâr türbinleri alanında çalışmalar yapılarak, daha küçük kütleli ve daha ucuz maliyetli Rüzgâr türbinleri üretilmelidir (İTÜ Türkiye'de Enerji ve Geleceği Sempozyumu Bildirisi 2007: 92).

2.3.3.3. Rüzgâr Enerjisinin Dünya'daki Durumu

Dünya Rüzgâr Enerjisi Birliği (WWEA,2017) raporuna göre dünya genelinde rüzgâr enerjisi kapasitesi 2017 yılı ilk yarısı itibari ile 336 Gigawatt'a ulaştı. Sadece 2017 yılının ilk yarısında 17,6 Gigawatt enerji üretimi devreye girdi. Asya ülkeleri rüzgâr enerjisi alanında Avrupa'yı geçti. Çin tek başına 100 Gigawatt seviyelerinde enerji üretimi gerçekleştiriyor. Piyasada yeni sayılan Brezilya, yeni rüzgâr türbinleri bakımından dünyanın üçüncü büyük marketi konumuna geldi. Rüzgâr alanında 5 dünya markası olan, Çin, Amerika, Almanya, İspanya ve Hindistan küresel rüzgâr kapasitesinin 72%'sini paylaşıyorlar.

Son yıllarda rüzgâr enerjisi sanayisi oldukça gelişti. Rüzgâr enerjisi devri ülkeler arasındaki rekabet arttıkça, hem yeni teknolojiler kullanılmaya başlandı hem de rüzgâr santral kurulum maliyetleri oldukça azaldı. Bu gelişmeler rüzgâr enerjisinden elektrik üretme maliyetlerini düşürerek, yenilenebilir enerjiyi, fosil yakıtlarla rekabet edebilir seviyeye çıkardı. Rüzgârdan üretilen elektriğin karbondioksit emisyonu yaşam döngü analizini incelediğimizde, kWh başına doğalgazdan 40 kat daha az ve kömürden ise 80 kat daha az emisyon salgıladığını söyleyebiliriz. Bunlara rağmen, rüzgâr enerjisinin çevreye olan negatif

etkisi ve sosyal etkisi ile ilgili endişeler artıyor. Aslında gerekli önlemler alındığında endişeler ortadan kalkacaktır (Renewables Global Status Report 2018).

2.3.3.4. Rüzgâr Enerjisinin Türkiye’deki Durumu

Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye’deki durumuna bakıldığında oldukça zengin ve çeşitlilik arz eden kaynakların olduğu görülmektedir. Söz konusu enerji kaynaklarının başında ise Rüzgâr enerjisi yer almaktadır. Rüzgâr enerjisi yerli bir kaynak olduğu için, enerji alanında dışa bağımlılığı azaltacaktır. Enerji alanında kendi kendine yetebilen bir ülkenin ekonomisi de katlanarak gelişecektir.

Bu nedenle, Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesi amacı ile enerji atlası hazırlanmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından eşgüdümlü olarak yürütülen çalışmaları doğrultusunda mevcut Rüzgâr enerji kaynaklarının değerlendirilmesi, planlama süreçlerine referansların oluşturulması ve Rüzgâr enerjisi elde etme potansiyeli olan alanların tespit edilmesi amacı ile Türkiye’nin Rüzgâr Atlası hazırlanmıştır. Rüzgâr enerjisi alanında çalışmalar yürütmekte olan firmalar için bu atlas bir kılavuz görevi görmektedir. Söz konusu atlas içerisinde bölgenin arazi durumu, çevre değerlendirmesi, Rüzgâr ölçümleri neticesinde elde edilen veriler detaylı bir şekilde yer almaktadır.

Avrupa ülkeleri ile yapılan mukayeseler neticesinde Türkiye’nin Rüzgâr enerjisi bakımında oldukça geniş bir potansiyele sahip olduğunu ifade etmek mümkündür. Bu potansiyelin ortaya çıkmasında üç tarafının denizle çevrili olması oldukça etkili olmaktadır. Özellikle Marmara ve Ege kıyıları düzenli Rüzgâr olan bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Ülke genelinde mevcut potansiyele dair daha sağlıklı değerlendirmelerin yapılabilmesi adına Türkiye Rüzgâr Enerji Potansiyel Atlası (REPA) 2006 senesinde hazırlanmıştır. Gerçekleştirilen bu hazırlıklar neticesinde yapılacak yatırımlara yö gösterilmektedir. Ülke sınırlarında ortaya çıkan ortalama yıllık değerlere bakıldığında kıyı şeritlerinin, dağ tepelerinde ya da açık alanların yakınlarında yer almaktadır. Bu alanlar içerisinde özellikle açık alan yakınları olarak ifade edilen bölgelerde yüksek Rüzgâr enerjisi potansiyeline sahip alan batı kıyı şeridi, Marmara kıyı şeridi ve Antakya’da belirli bir bölge olarak ön plana çıkmaktadır. Türkiye’nin orta kesimlerinde ise orta şiddetli Rüzgâr potansiyeline sahip geniş alanlar yer almaktadır (Terzi 2014).

2.3.3.5. Rüzgâr Enerji Santrali Yer Seçimi ve Kurulum Aşamaları

Teknolojide yaşanan gelişmeler ve dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmasının bir sonucu olarak enerji gereksinimleri sürekli bir artış göstermektedir. Enerji gereksiniminin karşılanmasına yönelik olarak kullanılmakta olan fosil kaynaklar ise tüketim oranlarının artmasına paralel olarak hızla tükenmektedir. Bu alanda yapılan araştırmalar neticesinde ilerleyen yıllarda birçok fosil kaynağın tükeneceği ve enerji gereksinimlerini karşılamada yetersiz kalacağı belirlenmektedir (Sangeeta ve ark. 2014). Oldukça yoğun bir şekilde fosil kaynakların kullanılması öte yanda küresel ısınma ve buna bağlı olarak iklim değişimlerine ve birtakım çevresel tahribatlara neden olmaktadır (Broecker 1975). Bu durumun gün geçtikçe fark edilmeye başlaması ile birlikte insanlar, fosil kaynaklarının tükenmesini beklemeden alternatif enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar yapmaya başlamıştır (Hamilton 1975). Fosil yakıt orijinli problemlerden biri olan sera gazı emisyonlarından (Emanuel ve ark. 1980) ve diğer çevresel değişimlerden korunmak için gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, çevreye az zarar vermesi ve diğer enerji kaynaklarına göre daha ucuz olması sebebiyle, rüzgâr gücü ile çalışan enerji yatırımlarını desteklemektedirler. Son 15 yılda rüzgâr türbinleri ile elektrik üretiminde muazzam gelişmeler sağlanmıştır.

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, sürdürülebilir kalkınma için gerekli olan enerji kaynaklarının (hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle, dalga ve gel-git gibi) çeşitlilik bakımından tamamına sahip olmasına karşın, bu kaynaklar miktar bakımından yeterli değildir. Bu nedenle enerji ithalatçısı bir ülke konumunda olan Türkiye'nin enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanması için, birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi ülkemizin de temiz ve dışa bağımlı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi önem kazanmıştır. Türkiye Rüzgâr Atlası'na göre, rüzgâr hızı farklılık göstermesine karşın bütün bölgelerimiz geniş yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir (Çalışkan 2011).

Danimarka, ABD ve Almanya gibi gelişmiş ülkeler rüzgâr gücünden elektrik üretiminde öncü olmuş ve günümüze kadar epey yol almışlardır. Buna karşılık Avrupa'da rüzgâr gücü bakımından yüksek potansiyele sahip ikinci ülke olan Türkiye'de (166 TWh/yıl), bu alandaki yatırımlar oldukça yeni sayılır. Türkiye'de rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi çalışmaları 1986 yılında Çeşme (İzmir)'de başlamış ve 1998 yılında üretime geçmiştir. Son 10 yılda ise rüzgâr potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz olan Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz (İzmir, Bozcaada, Bandırma, Balıkesir, Osmaniye, Manisa, Hatay ve Mersin)'de rüzgâr enerji santralleri (RES) kurularak enerji üretimine başlanmıştır (Çalışkan

2011). Yapılan yeni sözleşmeler ile Türkiye’de açılacak santrallerle beraber 2023 yılının sonuna kadar hedeflenen toplam enerji üretim miktarı 10 GW’dır (Anonim 2015). Türkiye’nin batı kesimlerinde enerji üretmekte olan rüzgâr türbinlerine ek olarak yapım aşamasında olan ve başvurusu yapılmış birçok proje bulunmaktadır. Bu gelişimlere paralel olarak Türkiye, 2020 yılında enerji ihtiyacının %10’nu rüzgâr enerjisinden karşılamayı hedeflemektedir (Çalışkan 2011).

Günümüzde çoğunlukla birden çok rüzgâr türbini içeren ve şebeke ile bağlantısı olan rüzgâr çiftlikleri şeklinde kurulan RES’lerin kurulma aşamaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Öztürk 2013: 243):

- 1) Rüzgâr olan arazinin belirlenmesi,
- 2) Rüzgâr ölçümlerinin yapılması,
- 3) Verilerin uygun şekilde analiz edilmesi,
- 4) Arazi potansiyelinin çalışılması,
- 5) Uygun santral kapasitesinin belirlenmesi,
- 6) Santral projesinin hazırlanması,
- 7) İlgili kurumlardan izin alınması,
- 8) Proje kredisinin temin edilmesi,
- 9) Zemin çalışmalarının yapılması,
- 10) Elektrik iletim hatlarının çekilmesi,
- 11) Deneme üretimi yapılması,
- 12) Asıl üretim aşamasına geçilmesi ve
- 13) Üretilen elektriğin satışa çıkarılmasıdır.

RES kurulacak arazinin özellikleri şu şekilde olmalıdır (Öztürk 2013: 245):

İç bölgelerde,

- 1) Elektrik iletim hatlarına en fazla 5 km uzaklıktaki yerler,
- 2) Kanal etkisi olabilen vadiler,
- 3) Ulaşımı kolay olan tepe yerler,
- 4) İç göllerin kıyıları,

- 5) Rüzgâr hızı yüksek düz tarım alanları,
- 6) İç bölgelere bakan dağ yamaçları,
- 7) Çorak ve düz araziler.
- 8) Rüzgâr erozyonu olan verimsiz tepeler,
- 9) Sit alanları ve
- 10) Ormanlık alanlar.

Kıyı şeritlerinde,

- 1) İçerilere doğru uzanan ovalar,
- 2) Ulaşımı kolay tepelik yerler,
- 3) Enerji iletim hatlarına yakın tepe ve ovalar,
- 4) Kanal etkisi kuvvetli vadiler,
- 5) Sahile dik ovalar,
- 6) Sit alanları ve
- 7) Ormanlık alanlar.

RES için yer seçimine ilişkin kriterler aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Öztürk 2013: 244):

- 1) Ortalama rüzgâr hızı,
- 2) İletim şebekesine yakınlık,
- 3) Çevredeki tarımsal yaşam,
- 4) Yatırım maliyeti,
- 5) Müşteri faktörü,
- 6) Çevresel etkileşim,
- 7) Gürültü,
- 8) Sosyoekonomik durum ve
- 9) Bakım onarım giderleri.

RES kurulacak bölgelerde dikkate alınması gereken kriterler aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Öztürk 2013: 245):

- 1) Ulaşım kolaylığı,
- 2) Ulusal şebekeye bağlanma kolaylığı,
- 3) Arazinin yol ve diğer çalışmalar için işlenme kolaylığı,
- 4) Arazinin eğimi,
- 5) Arazinin büyüklüğü,
- 6) Arazinin kullanılış şekli ve
- 7) Arazinin bitki örtüsü,

2.3.3.6. Rüzgâr Türbinlerinin Yapısı ve Sınıflandırılması

Rüzgâr enerjisi elde edebilmek amacı ile kullanılmakta olan Rüzgâr türbinleri tarafından Rüzgârda bulunan kinetik enerji öncelikle mekanik enerjiye dönüştürülmekte daha sonrasında ise elektrik enerjisi elde edilmektedir (Kültür 2004: 23). Bu türbinler aerodinamik yapıları sayesinde Rüzgârın sürüklenme ve kaldırma kuvveti aracılığı ile harekete geçmektedir. Bu türbinler yapısal olarak Rüzgârların esme yönlerine dik tasarlanarak sürüklenme kuvvetini ve kaldırma kuvvetini işler hale getirmektedir (Şen 2012).

Kullanılmakta olan Rüzgâr türbinlerinin önemli bir kısmı 4m/s'den başlayan bir Rüzgâr enerjisine ulaşmaktadır. Söz konusu değerler, enerji üretimine geçiş hızı (cut-in) olarak adlandırılmaktadır. Bu değerın üzerine çıkan Rüzgâr hızı ile birlikte üretilen enerji miktarında da artış sağlanmaktadır. Fakat söz konusu artışa yönelik olarak belirlenmekte olan üst sınır, türbinlerin stabilitesi açısından önem arz etmektedir. Mevcut türbinlerde müsaade edilen üst Rüzgâr hızı 25 m/s'dir. Bu hızın üzerindeki Rüzgârlardan enerji üretimi gerçekleşmez (Peker 2001).

Türbin ana bileşenleri ve çalışma sistemi aşağıda kısaca incelenmiştir. Türbinler yatay ve dikey eksenli olarak iki çeşittir. Ancak yaygın olarak kullanılan türbin çeşidi yatay eksenli türbindir. Kullanılmakta olan yatay eksenlere sahip türbinler "HorizontalAxisWindTurbine" (HAWTs) şeklinde ifade edilmektedir ve bu türbinlerin temel özelliklere yere paralel bir hareket sistemine sahip olmalarıdır. Bu tür türbinlerde pervaneler yardımcı motorlar aracılığı ile Rüzgârın esiş yönüne göre konumlandırılabilir. Söz konusu sistemlerin çalışmasında bir verim elde edebilmek adına yaklaşık olarak deniz seviyesinden 80 metre yüksek yerlere kurulması gerekmektedir.

Rüzgâr türbinleri enerji üretim potansiyellerinin artırılması adına kulelerin üzerine oturtulmaktadır. Öyle ki, kulelerin yüksekliklerin 30 metre ve daha fazla olması durumunda

pervanelerin daha hızlı dönmesi ve daha az türbülansa sahip Rüzgârların kullanılması mümkün olmaktadır. Türbinlerde yer alan ve dönebilen kanatlar sayesinde Rüzgâr yakalanmaktadır. Genellikle bir rotor için şaftların üzerine iki ya da üç tane kanat takılmaktadır. Bu sistemlerde kullanılmakta olan kanatların çalışma prensipleri, uçaklarda kullanılmakta olan kanatlara benzerlik göstermektedir. Rüzgârın ortaya çıkması ile birlikte aşağıda yer alan kanadın uç noktasında düşük basınçlı bir hava paketi meydana gelmektedir. Oluşan düşük basınçlı hava paketi, üst kısımda yer alan kanadı kendisine doğru çekmektedir. Bu hareketle birlikte rotorda dönmeye başlamaktadır. Bu durum sistem içerisinde kaldırma olarak adlandırılmaktadır. Burada ortaya çıkan kaldırma kuvveti, panellerin ön kısmından çarpan Rüzgârın kuvvetinden çok daha fazladır. Bu durum ise sistem içerisinde sürüklenme olarak ifade edilmektedir. Sürüklenme ve kaldırma kuvvetleri bir araya geldiğinde rotor bir pervane gibi harekete geçmektedir. Sisteme entegre edilmiş olan jeneratör ise dönen şaft ile birlikte çalışmaya başlayarak elektrik üretimi gerçekleştirilir (Akgün 2010).

Jeneratör (Üreteç): Sistemde kullanılmakta olan jeneratörlerin çalışma prensipleri oldukça basittir. Bu jeneratörler elektromanyetik indüksiyon sistemleri ile elektrik üretimini gerçekleştirirler. Bu sistemin oyuncak arabalarda yer alan elektrik motoruna benzetilmesi mümkündür. Sistemin içerisinde yer alan mıknatısların orta bölümünde ince tellerin sarıldığı bir kısım bulunmaktadır. Bu sarım kısmı, pervanede yer alan şaftın harekete geçmesi ile birlikte mıknatısların orta bölümünde dönmeye başlamakta ve bu duruma bağlı olarak ise alternatif akım meydana gelmektedir.

Pervane Kanatları: Rüzgâr gücü ile birlikte pervaneler hareket etmeye başlamaktadır. Pervanelerin dönmesi neticesinde Rüzgâr var olan kinetik enerji kullanılabilir hale gelmektedir. Söz konusu pervanelerin tasarımı Rüzgâr ile paralel hareket edebilecek şekilde gerçekleştirilmiştir.

Şaft: Pervanelerin harekete geçmesi ile birlikte bağlantılı olan şaftlar da harekete geçmektedir. Şaftın harekete geçmesi ise motorun hareketini sağlar ve motor sisteminin çıkış aşamasında elektrik enerjisi elde edilir.

Rüzgâr enerjisi ile birlikte dönmeye başlayan pervanelerin hareketinin şaftı tetiklemesi ile birlikte Rüzgârdaki enerji üreteçlere aktarılmaktadır. Sistemde yer alan dişli kutu, pervane ve şaft arasındaki tetikleme mekanizmasını hızlandırıp, daha hızlı bir iletimin üretece aktarılmasını sağlamaktadır. Jeneratörde ise dönme hareketi ile ortaya çıkan enerji elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bu sistemlerin birçoğunda fren mekanizmaları da

bulunmaktadır. Bu mekanizmaların kullanılmasının temel nedeni olası sorunların ortaya çıkması ve üst sınırlara ulaşılması durumunda pervanelerin hızının düşürülmesi ya da durdurulmasıdır. Kuleler sayesinde ise pervaneler daha yüksek bir konumda güvenle çalışmaktadır. Sisteme dahil edilen elektrik donanımları aracılı ilse elde edilen elektrik enerjisi ilgili merkezlere aktarılmaktadır (Zander 2009: 15).

Bu sistemlerin çalışma prensiplerinin daha iyi anlaşılması için öncelikle aerodinamik kuvvet kavramları olan sürüklenme ve kaldırma kavramlarının anlaşılması gerekmektedir. Cisim üzerinde akış yönüne paralel bir şekilde ortaya çıkan kuvvet sürüklenme kuvveti olarak ifade edilmektedir. Öyle ki hava akışının plaka üzerine dik bir şekilde gelmesi maksimum sürüklenme kuvvetinin ortaya çıkmasına neden olmakta iken plakaya paralel bir şekilde gelen hava akımı ise minimum sürüklenme kuvvetinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Türbin Maliyetleri ve Ömrü: Türbinin imalat ve yerleştirme maliyetinin tüm yatırım maliyetinde yaklaşık %75'lik bir payı vardır. Türbin imalat maliyetinin içerisinde de kule %23, rotor %22,2 ve redüktör (dişli kutusu) %13 pay tutar. Bu üçlü toplam türbin maliyetinin %61'ine karşılık gelmektedir. Diğer parçalardan jeneratör %3,5, güç dönüştürücü %5 pay sahibidir (Directorate Generale for Research Sustainable Energy System 2015: 9-10).

Rüzgâr enerjisinden faydalanılacak bölgeye en az iki üç türbinin 100-200 metre ara ile yerleştirilmesi ile ortaya Rüzgâr çiftlikleri çıkar. Son yıllarda türbin büyüklükleri gittikçe artmaktadır (Elkins 2008: 29). Türbin büyüklüklerinin günümüzde giderek artıyor olmasının sebeplerinden bir tanesi de kısıtlı olan alanların daha verimli şekilde kullanılması isteğidir (Herbert ve ark. 2007: 1117). 5 MW'lık türbinlerin rotor çapları 120 metrenin üzerindedir (Directorate Generale for Research Sustainable Energy System 2015: 10).

2.4. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

2.4.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tanımı

Ortak amaçlar ve etkileşim içerisinde olan faaliyetlerin ve varlıkların meydana getirdiği gruplar bir sistem olarak ifade edilmektedir. Bu doğrultuda bilgi sistemleri ile karar alma sistemleri kapsamında birtakım alt sistemlerin varlığında bahsetmek de mümkün olmaktadır. Bütünsel bir ifadeyi oluşturan düzenekler belirli bir hiyerarşik sistem içerisinde çalışmaktadır. Ortaya çıkan alt sistemlerdeki temel amaç, çözüm süreçlerinde karşılaşılmakta olan sorunların üstesinden gelmek, çevre kaynaklı sorunlara yönelik daha esnek bir yapıya kavuşmak, çözüm süreçlerinin daha gerçekçi bir anlayış içerisinde sürdürülmesini sağlamaktadır (Göker 2002: 2). Bilgilerin elde edilmesine yönelik olarak, veri tabanları daha

önceden hazırlanmış olan anlık bir kullanım anlayışına sahip sistemler, bilgi sistemleri olarak değerlendirilmektedir (Yılmaz 2004: 42). Bu sistemlerin çalışabilmesi için bilgi toplama işlemlerinin yapılması, bilgilerin depolanması, üretim işlemlerinin gerçekleştirilmesi, dağıtım kanallarının oluşturulması ve kullanılabilir hale gelmesi için dönüştürme sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda organizasyonların idari fonksiyonlarının desteklenmesine yönelik olarak bilgiye rahatlıkla ulaşım, daha verimli bilgi kullanımının sağlanmasına yönelik geliştirilen sistemler olarak değerlendirilmektedir.

Karar mekanizmalarının işletilmesine adına bilgi üretimi için gerçekleştirilen bir bilgi sistemi, belirli veriler üzerinden gerçekleştirilen işlemlerden oluşmaktadır. Oluşturulan bir bilgi sisteminin sahip olması gereken işlevler ise; ölçme, tanımlama, genişletme, öngörü, denetim ve karar verme süreçlerine katkı verecek niteliklere sahip olması gerekmektedir. Bu sistem içerisinde gözlem süreçlerinden analiz neticelerinin sunulmasına kadar devam eden bir işlem akışı meydana gelmektedir. Bu yönde geliştirilen bir sistem doğrultusunda amaçlanmakta olan planlama, araştırma ve idare fonksiyonlarında kullanıcıların karar mekanizması üzerindeki hakimiyetlerini arttırmak sureti ile ideal kararın alınmasına katkı sağlanmaktadır. Bu süreç içerisinde mevcut bulunan bilgilerin düzenli olarak güncellenmesi oldukça önemlidir. Bu duruma paralel olarak sistem içerisinde bilgilerin bir veri tabanında depolanabilmesi gerekmektedir. İlerleyen süreçte bilgiye erişebilmek, bilgi ile ilgili talepleri alabilmek, bilginin geri dönüşünü sağlamak ve çevre ile etkileşim sağlanması yer almaktadır. Neticesi sistemlerin çevreden gelen iletileri toplayabilmesi ve iletileri yeniden çevresine aktarabilmesi gerekmektedir. Bu neden sistem içerisinde programlar, programların yönetilmesi, veri işleme süreçleri ve veri tabanları bütünsel bir anlam ifade etmektedir (Yomralıoğlu 2000: 13; Göker 2000: 2).

Küresel ölçekte coğrafi bilgi sistemlerinin kullanıldığı birçok uygulama bulunmaktadır. Bilgi sistemlerin, genel olarak grafik yorumlara, özel olarak ise coğrafi unsurlara dayandırıldığı bir özelliği bulunmaktadır (Aksoylu, 1997:49). Birbirinden farklı ve karmaşıklık içeren sorunların analiz edilmesine yönelik olarak kullanılacak en etkili yöntemler içerisinde gösterilmekte olan coğrafi bilgi sistemleri, süre içerisinde problemlerin tespit edilmesi, ideal çözüm alternatiflerinin planlanması, çözüme yönelik bilgilerin üretilmesi ve karar mekanizmalarının oluşturulması basamaklarında oluşturulan veri tabanları üzerinden, yersel bir merkez üzerinde kullanımın sağlanmasına, verilerin analiz edilmesi ve yatırım kararları aşamasında modellemelerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Kent planlarının gerçekleştirilmesi aşamasında ya da çeşitli yatırım kararlarının alınmasından evvel birçok

unsurun göz önünde bulundurulması gerekliliği düşünüldüğünde coğrafi bilgi sistemleri oldukça önemli katkılar sağlamaktadır.

İngilizce “Geographical Information Systems” (GIS) kavramının karşılığı Türkçede Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olarak ifade edilmektedir. Söz konusu sistemlerinin farklı alanlarda kullanıcılarının olması sebebiyle kavramın farklı yaklaşımlar neticesinde gerçekleştirilen tanımlamaları bulunmaktadır. Özellikle ilgi alanlarında yer ile ilgili bilgiler yer alan ve çalışma sınırlarının yer ile ilişkilendirmesi mümkün olan bireyler, kurumlar ve kuruluşlar tarafından öne sürülen yeni arayışlar ve gelişmelerde meydana hızlı değişimler sistemin tanımlanmasının önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Bu alanda araştırmalar yapmakta olan bazı uzmanlara göre CBS, içeriğinde yer bilgilerinin yer aldığı tüm sistemleri kapsayan ve kapsamında coğrafi bilgilerin değerlendirilmesine olanak sağlayan bilimsel bir kavram olarak ifade edilmektedir. Bir başka grup tarafından ise; yer bilgilerinin dijitalleştirilmesine olanak sağlayan bilgisayar donanımlarının kullanıldığı bir araç olarak değerlendirilmektedir. Bir diğer yaklaşım doğrultusunda ise çeşitli organizasyonlara yer bilgileri ile ilgili destek sağlayan veri tabanı üzerinden çalışan yönetim sistemleri olarak ifade edilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri yeni bir bilim alanından ziyade, verilerin yönetilmesi adına gereksinim duyulan bir bilimsel bilgi tabanının geliştirilmesini sağlayan teknolojiyi oluşturmaktadır (Genç 2010: 11-12). Önemli ölçüde yer bilgilerinin işlenmesi, haritaların oluşturulması, modellemelerin gerçekleştirilmesi, analiz süreçlerinin yönetilmesi ve harita bilgileri üzerinden referans aracılığı ile bağlantıların oluşmasını sağlayan sistemler olarak ifade edilmektedir (Antenucci, Brown ve ark 1991).

Coğrafi Bilgi Sistemleri grafiklerle ya da grafikler olmadan ifade edilmekte olan bilgiler ile bağlantılı diğer verilerin, belirli bir sistem dahilinde sınıflandırmalarının gerçekleştirilmesi, düzenleme işlemlerinin yapılması, bilgilerin depolanması, korunması ve sistem içerisinde yer alan bilgilerin belirli amaçlara yönelik olarak değerlendirilmesi neticesinde ayrıntılı bilgilere ulaşılmasını sağlamaktadır (Çelik ve Şeker 1997).

Sertel ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada; uydu görüntüleri, sayısal yükseklik modelinden üretilen eğim ve bakı gibi topoğrafik parametreler ve toprak özelliklerinin CBS’ne entegrasyonu neticesinde bağıcılık için uygun olan alanlar belirlenmiş, mevcut bakı alanlarının bu kapsamda olup olmadığı incelenmiş ve yeni bakı alanları için alternatif yerler belirlenmiştir. Ayrıca, uydu görüntüleri kullanılarak Tekirdağ ili Merkez ve Şarköy ilçeleri

için oluşturulan bağ alanlarının mekânsal dağılımlarını gösteren tematik haritaların ileriye yönelik oluşturulabilecek Ulusal Bağcılık İzleme Sistemi için uydu görüntülerinin kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

2.4.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Öğeleri

CBS'nin temel işlevlerini yerine getirebilmesi için donanım, yazılım, veri, personel ve yöntem öğelerinin bir arada olması gerekmektedir. Genç (2010: 13), CBS'nin bileşenlerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır:

- 1) Donanım; coğrafi bilgi sistemlerinin işletilmesini sağlayan bilgisayarlar ile bilgisayarlara bağlı olarak kullanılmakta olan yan ürünlerin tamamıdır.
- 2) Yazılım: Elde edilen coğrafi bilgilerin saklanması, analiz süreçlerine tabi tutulması ve görüntülenmesi amacı ile geliştirilen araçlardır. Anahtar yazılımları meydana getiren bileşenler ise;
 - Yer bilgilerinin sisteme girilmesi ve işleme tabi tutulması için araçlar,
 - Veri tabanlarına yönelik yönetim sistemi,
 - Coğrafi bilgiler ışığında değerlendirmelerin, analiz işlemlerinin ve modellemelerin yapılmasına katkı sağlayacak araçlar,
 - Kullanılmakta olan araçlara yönelik kolay erişimin sağlanması adına geliştirilen kullanıcı ara yüzü şeklindedir.
- 3) Veriler; Coğrafi Bilgi Sistemlerinin en önemli bileşenleri veriler oluşturmaktadır. Geliştirilen bu sistemlerin amaçların odak noktasında veri toplama işlemlerinin yapılması, verilerin yönetilmesi ve işlenmesi ve sunumunun gerçekleştirilmesi yer almaktadır.
- 4) Personel: Geliştirilen sistemlerin idaresini gerçekleştirecek, uygulama aşamasına yönelik planlamalar yapacak bireylerdir. Bu grup içerisinde; sistem içerisinde yer alan bilgileri kullanmakta olan karar vericiler, bilgi erişimi adına veri işleme süreçlerini yürütmekte olan operatörler ve verileri toplayarak sistemlerin devamlılığını sağlamakta olanlar yer almaktadır.
- 5) Yöntemler: Başarı seviyesi yüksek bir Coğrafi Bilgi Sistemi için ideal planların ve belirlenen iş kurallarının olması gerekmektedir.

2.4.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel İşlevleri

Bir coğrafi bilgi sisteminin belirli bir sistem içerisinde çalışabilmesi adına temel fonksiyon sağlanması gerekmektedir (Genç 2010: 13). Bunlar;

- 1) Veri Toplama: Toplanmakta olan verilerin CBS sisteme eklenmesinden evvel dijital formatlara dönüştürülmesi gerekmektedir. Söz konusu dönüştürme işlemleri özellikle boyutları büyük projelerde tarama yöntemlerinin kullanıldığı programlar tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Küçük boyutlu projelerde ise genellikle masa tipi yöntemler üzerinden sayısallaştırma işlemleri yapılmaktadır.
- 2) Veri Yöntemi: Boyutları küçük CBS projelerinde yer bilgilerinin belirli sınırlar içerisinde basit dosyalar üzerinden depolanması mümkündür. Fakat proje boyutlarının büyümesi ile birlikte veri hacimlerinde meydana gelen genişlemeler ve kapsam artışlarına paralel olarak çok sayıda veri grubunun kullanılması halinde Veri Tabanlı Yönetim Sistemlerinin kullanılması daha etkili bir yönetimin gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır.
- 3) Veri İşlem: Kimi özel projeler için kullanılmakta olan veri çeşitlerinin sistemin geneline uyumlu bir hale getirilmesi için birbirilerine benzer olabilmeleri adına dönüştürülmesi ve irdeleme işlemlerine tabi tutulması gerekebilmektedir. Örnek vermek gerekirse yer ile ilişkilendirilmekte olan verilerin birbirinden farklı ölçeklere sahip olması söz konusu olabilmektedir.
- 4) Veri Sunumu: Coğrafi bilgi sistemlerinin en önemli işlemleri arasında görsel işlemler yer almaktadır. Öyle ki, yer bilgilerinin doğru ve kolay algılanabilir bir hale gelmesi için toplanmakta olan verilerin görsel bir ifadeye dönüştürülmesi gerekmektedir. İşlemler neticesinde oluşturulan haritalar ve grafiklere sunuma uygun bir şekilde görsel hale getirilmektedir. Bu sayede verilerin daha rahat değerlendirilmesi mümkün hale gelmektedir.

2.4.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Uygulama Alanları

1980'lere gelindiğinde coğrafi bilgi teknolojilerinde önemli gelişmeler sağlanmış ve bu gelişmeler neticesinde birçok kurum ve kuruluş oldukça güvenli, etkin ve üretken bir yapı içerisinde söz konusu teknolojileri kullanmaya başlamıştır. Geliştirilen sistemler, bilgisayar teknolojilerinde yaşanan gelişmelere paralel olarak çok daha yoğun bir şekilde tercih edilir hale gelmektedir. Küresel ölçekte devlet yönetimleri, alt yapı geliştirme kuruluşları ve özel firmalar coğrafi bilgilerin toplanması, depolanması, değerlendirilmesi ve analiz edilmesi

amacı ile coğrafi bilgi sistemlerine gereksinim duymaktadır. Söz konusu sistemlerin coğrafi bilgilerin yoğun olduğu tüm alanlarda değerlendirilebilmesi mümkündür. Bu sistemlerde tasarlanmakta olan veri tabanları ve sistem içerisinde kullanılmakta olan veriler, konulara göre değişim içerisinde olabilmektedir. Ancak belirli bir standardın sağlanması durumunda bilgi sistemlerin bütünsel bir yapıya kavuşturulması mümkündür. Bu doğrultuda söz konusu sistemlerden yararlanılan dokuz temel uygulama ortaya çıkmaktadır (Hanigan 1990).

- 1) Tesis ve Demirbaş Envanteri: Kadastro parselleri, orman amenajmanı ve alt yapı ağlarının yönetilmesi gibi, elde edilen kaynakların doğru kullanımı adına yeryüzü üzerinden ve altında dağınık halde bulunan nesnelere yönele konumlandırmaların, sayımların ve dağılım analizlerinin gerçekleştirilmesi.
- 2) Coğrafi Verilerin Toplanması ve Üretilmesi: Mühendislik, sayısal verilerle haritaların oluşturulması, arazilerin ölçülmesi, dijital kontrollerin gerçekleştirilmesi, kültür öğelerinin ve fiziksel unsurların uzaktan algılanmasına benzer uzaysal veri tabanlarının oluşturulması ve bunların varlıklarının sürdürülmesine yönelik olarak coğrafi verilerin toplama işlemlerinin yapılması.
- 3) Haritaların ve Planların Basılması: Planimetrik, topografik, tematik, hava ve deniz haritaları ile bunların dışında kalan kartografik unsurların tek başlarına dağıtılması ya da basımı gerçekleştirilmiş basılı ya da dijital dokümanlar kapsamında bulunmasını sağlamak amacı ile üretilmesi gibi baskı kalitesi içerisinde haritaların ve planların üretilmesini sağlamak maksadı ile gerçekleştirilen uygulamalar.
- 4) Kaynakların Tahsis Edilmesi: Belirli bölgelere yönelik planların yapılması, öğrencilerin konumlandırılması, hizmet ağlarının dağıtımlarının gerçekleştirilmesi, pazarlama hedeflerinin oluşturulması ve satış işlemleri gibi doğal ve insan yapısı içerisinde yer alan mevcut kaynakların sosyolojik, siyasi ve iktisadi sınırlar içerisinde tahsis edilmesi adına konum, sayı, kalite ve hareketlerin analiz süreçlerine dahil edilmesi maksadı ile gerçekleştirilen uygulamalar.
- 5) Tesis Konumlarının Planlanması: Tehlike atık aktarım noktalarının belirlenmesi, sosyal kapsamlı alanlara yönelik yer seçimlerinin yapılmasına yönelik olarak gerçekleştirilen uygulamalardır.
- 6) Yeraltına ve Yerüstüne Yönelik Değerlendirmeler: Mevcut doğal kaynaklara yönelik saptamaların gerçekleştirilmesi, muhafaza edilmesi, ideal kullanıma tabi tutulması ve her iki alanda bulunan olgulara yönelik gerçekleştirilen analizlerdir

- 7) Güzergah ve Akış Optimizasyonu: Ulaşım ağlarına yönelik analizlerin gerçekleştirilmesi, eğitim kurumlarının servis güzergahlarının planlanması, tedarik zincirlerine yönelik güzergah ve zaman planlamalarının gerçekleştirilmesi gibi insan, mal ve hizmet akışlarına yönelik etkinlik sağlayan uygulamalardır.
- 8) Güzergahların seçilmesi ve Denizcilik: Ani müdahalelerde bulunacak olan hizmet araçlarına yönelik görev güzergahlarının oluşturulması, taşımacılık alanında tehlikeli atıkların nakil süreçlerini yürütmekte olan araçların, ticari ulaşım araçlarının güzergahlarının planlanması adına geliştirilen uygulamalar.
- 9) İzleme ve Gözleme: Bulunulan çevreye yönelik analizlerin gerçekleştirilmesi, trafikte yaşanan kazaların, yürütülmekte olan reklam süreçlerinin, suç unsurlarının gözlemlenmesi ile birlikte düzeltmeye yönelik önlemlerin hazırlanması amacı ile belirli vakaların kaydedilmesi ve analiz edilmesine yönelik olarak geliştirilen uygulamalardır.

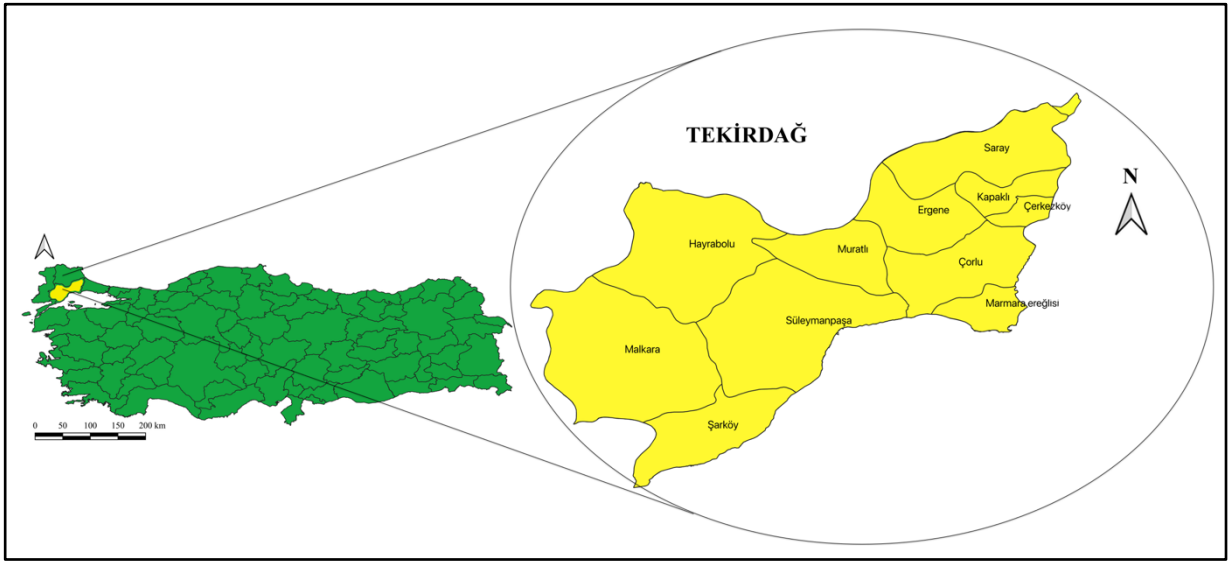
3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarından, güneş, rüzgâr ve biokütle enerjilerinin Tekirdağ ili potansiyelini uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla belirlemek amacıyla kullanılan materyal ve yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının yeri ve konumu

Türkiye'nin, tamamı Avrupa Kıtası'nda bulunan 3 ilinden biri olan Tekirdağ, Marmara Denizi'nin kuzeybatısında az engebeli, zengin alüvyonlarla kaplı topraklar üzerinde bulunmaktadır. Tekirdağ ili, 26°43' - 28°08' doğu boylamları, 40°36' - 41°31' kuzey enlemleri koordinatları üzerinde bulunmaktadır. Doğusunda İstanbul, batısında Edirne ve Çanakkale, güneyinde Marmara Denizi ve kuzeyinde Kırklareli ve kısa bir kıyıyla Karadeniz ile çevrilidir.



Şekil 3.1. Araştırma alanının yeri ve konumu

Tekirdağ, konum olarak Türkiye'nin kuzeybatısında yer almaktadır. Tekirdağ iline bağlı ilçeler ise; Çorlu, Kapaklı, Çerkezköy, Saray, Hayrabolu, Muratlı, Malkara, Marmara Ereğlisi, Şarköy ve Ergene'dir. Ülke sınırları içerisindeki konumuna bakıldığında Tekirdağ, oldukça elverişli bir konuma sahiptir. Öyle ki, İstanbul, Kırklareli, Edirne ve Çanakkale ile komşu olmasının yanında hem Marmara Denizine hem de Karadeniz'e sınırı bulunmaktadır. Bu durum Tekirdağ'ı ulaşım ve ticaret gibi birçok alanda avantajlı konuma getirmektedir. İl genelinde Akdeniz iklimine benzer özelliklerin öne çıkmasına karşılık, iç kesimlerine doğru ilerledikçe karasal iklim özelliklerinin varlığına rastlanılmaktadır. Karadeniz sınırlarında ise

Karedeniz iklimine dair unsurların varlığı dikkat çekmektedir. Kuzeyden esen soğuk Rüzgârlar ise il genelinde sıcaklıkların düşmesine neden olmaktadır.

Tarımsal açıdan değerlendirildiğinde ise yüzölçümüne kıyaslandığında oldukça geniş tarım alanlarının olduğu görülmektedir. Zira yüzölçümünün yaklaşık olarak %80'i tarıma elverişli geniş alanlardan oluşmaktadır ve bu alanlarda iklim özelliklerine bağlı olarak oldukça çeşitli ürün yetiştirilmesi sağlanmaktadır. Tarım faaliyetleri kapsamında yer alan ürünlerin başında; ayçiçeği, soğan, buğday, karpuz, üzüm ve kiraz gelmektedir. Topografik koşullara bağlı olarak ise göl ve akarsu oluşumlarına rastlanılmamaktadır. Fakat özellikle tarım alanlarındaki su gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik olarak göletlerden, barajlardan ve yer altı sularından yararlanılmaktadır. Turizm açısından değerlendirildiğinde ise, İstanbul'a oldukça yakın mesafede olmasından dolayı safiye yeri özelliği taşımaktadır. Ancak yapılaşmanın plansız bir şekilde gelişmesi nedeni ile çok düzenli bir şehir planının olduğunu ifade etmek ne yazık ki mümkün değildir. 1970'li yıllarda ekonomisinin önemli bir kısmını tarım faaliyetleri oluşturmaktadır. Ancak özellikle bu tarihten sonra sanayileşme oranı hızlı bir şekilde artmıştır. İl geneline bakıldığında özellikle il merkezi ile Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinde sanayi alanlarının daha yoğun olduğu görülmektedir. Toplam 5 adet Ticaret ve Sanayi Odası'nın bulunduğu Tekirdağ'da 11 adet organize sanayi bölgesi bulunmakta iken, 1 adet ise Avrupa Serbest Bölgesi yer almaktadır (Albayrak ve ark. 2013).

Jeolojik açıdan ise Tekirdağ fazlası ile genç kabul edilmektedir. Tekirdağ mevcut görüntüsüne IV. Zamanda ulaşmıştır. İl I. zamanda ise tamamen denizlerle kaplı olarak bulunmaktadır. Ege, Marmara ve Karadeniz havzalarının alçalmasına karşılık Anadolu ve Trakya havzalarında yükselme meydana gelmiştir. İl genelinde toprak yapısına bakıldığında ise kil içeren ve çimento haline gelmiş grelerden oluştuğu görülmektedir (Görür ve Okay 1996).

Karlıova'dan başlamak üzere ortalama 1.200 km boyunda 100-15.000 m genişliğinde birçok fay hattından meydana gelen Kuzey Anadolu Fay hattının sonlarına yakın bir konumda bulunan Tekirdağ, deprem riski taşıyan fay hatlarına oldukça yakındır. Bunlar; Saroz-Gaziköy fay hattı ile Marmara Denizi'nde yer alan çukur alanlarında yakınlarında bulunan fay parçalarıdır.18.04.1996 senesinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" doğrultusunda Şarköy Mürete ve Barbaros 1. Derece deprem bölgesi içerisinde gösterilmektedir (Özdoğan 1993: 56-57).

Konumu itibari ile Balkan yarımadasının güneydoğu kısmında bulunan Trakya bölgesinde farklı morfolojik üniteler bulunmaktadır. Söz konusu morfolojik üniteler arasında dağlık olanları; kuzey bölümünde yer alan Yıldız Dağlık alanı ile güney bölümünde yer alan Işık ve Kuru dağlık alanlarıdır. Söz konusu dağlık alanların arasında yer alan Ergene ırmağının uzantıları ile yarılmış olan sert ve hafif eğimli penneplen araziler ve kısmen orta alanlarda yüksek tepeliklerden ve yamaçlardan oluşan bölümler yer almaktadır.

Tekirdağ'ın 12 km güneyinde ki Kumbağ'dan başlayarak Gelibolu kıstağına kadar sıralı bir şekilde uzanmakta olan Tekir Dağları ise, ilin en önemli yükseltilerini meydana getirmektedir. İlin en yüksek noktası ise Işık Dağı'dır. Doğu yakasında yükseltinin daha düşük olduğu Tekirdağ'da dalgalı düzlüklerde yükseltileri fazla olmayan sırtlar bulunmaktadır. Bu alanlardan biri Çorlu civarlarında bulunmaktadır ve doğu-batı yönünde uzanan bir yapıya sahiptir. Bu sırtlar Ergene havzasını sınırlandırmakta ve doğuda Istranca, batıda ise Tekirdağ eteklerine kavuşmaktadır. Çerkezköy'den başlayan Yıldız Dağları (Istrancalar) kuzeye doğru yükselen bir yapıya sahiptir (Anonim 2019b)

İlin iç kısımlarına doğru bulunan akarsuların geniş tabanlara sahip vadileri kapsamakta olan, verimliliği yüksek ovalar bulunmaktadır. Bu ovaların en önemlileri; Hayrabolu ve Çene nehirlerinin alüvyon yatakları boyunca uzanmakta olan Hayrabolu ve Çene Ovalarıdır. Bu ovalar, Marmara Denizi kıyıları boyunca uzanmakta olan akarsuların getirmiş oldukları materyallerden meydana gelen kıyı birikintilerinden meydana gelmektedir (Anonim 2019b)

Ergene havzası içerisinde bulunan Tekirdağ, yağılar bakımından jeolojik yapının da yetersizliğinin bir sonucu olarak seyrek ve az sayıda akarsu ağına sahip olmaktadır. Yağış miktarlarının düzensizliğinin bir sonucu olarak akarsuların debileri ve rejimleri de düzensiz bir yapıya sahiptir. Bölgede bulunan akarsuların önemli bir kısmı yaz aylarında kurumakta, kış aylarında ise yağışlara ve kar erimelerine bağlı olarak dolmakta hatta kimi zaman taşkınlar meydana gelmektedir. Bu akarsular; Marmara Denizi'ne, Karadeniz'e ve Saroz Körfezine dökülmektedir.

Tekirdağ'ın güney sınırı boyunca 133 km uzunluğunda Marmara Denizi'ne kıyısı bulunmaktadır. Diğer yakasında ise Karadeniz ile bağlantı halinde bulunan 2.5 km'lik bir sahil şeridi bulunmaktadır. Marmara denizi ile bağlantılarına bakıldığında genellikle dar ve küçük kıyı ovaları haricinde yüksek kıyıların bulunduğu görülmektedir. Söz konusu sahil şeridinde doğal bir liman özelliğine sahip tek yer Marmara Ereğlisi'dir. Bir yarımada olma özelliğine sahip olan Marmara Ereğlisi 1.600 m çapında yarım daire şeklinde doğal bir liman

olarak öne çıkmaktadır. Yapısal özellikleri itibari ile doğal limanın ağız kısmı poyraza açık iken, diğer tüm Rüzgârlara kapalıdır. Bölgeden geçmekte olan ya da bu bölgede bulunan birçok tekne, batı Rüzgârlarından ve şiddetli lodoslardan korunabilmek adına bu limana sığınmaktadır. Karadeniz kıyısının yapısı incelendiğinde ise yüksek ve dik falezlerin olduğu görülmektedir (Darkot ve Tuncel 1981).

İklim özelliklerine yönelik gerçekleştirilen incelemeler neticesinde ise il genelinde ki ortalama değerler doğrultusunda bölgenin ılıman ve yarı nemli olarak nitelendirilmesi mümkündür. İlin iç kesimlerine doğru hareket edildiğinde yükseklik farkları ve denizden uzaklaşmanın etkisi ile sıcaklık değerlerinde ve yağış rejimlerinde ufak da olsa değişimler olabilmektedir. İlin özellikle Marmara Denizi'ne kıyısı olan alanlarında Akdeniz İklimine benzer bir şekilde yaz ayları sıcak ve kurak geçmekte iken, kış aylarında ılıman ve yağışlı bir iklime rastlanılmaktadır. Bu alanda ki yaz aylarında ki kuraklık ise, bölgede Karadeniz ikliminin de özelliklerinin bulunması nedeni ile etkisi bir nebze olsun azalmaktadır. İç kesimlerde ise Akdeniz ve Karadeniz ikliminin etkilerine karşılık genel olarak karasal iklim özelliklerine daha yakın bir tablo ortaya çıkmaktadır (Akova 2002: 50).

İlin kuzey kısmından Saray'a doğru uzanmakta olan Istranca kütesinin kuzey yakasında daha çok yağışın olması nedeni ile kayın ormanları çok daha yoğun olarak bulunmaktadır. Söz konusu alan içerisinde ormanların genel örtüsü ise orman güllerinden meydana gelmektedir. Daha güneye doğru hareket edildiğinde ise yağış miktarlarının azalmasının bir sonucu olarak kayın ağaçları yerlerini meşe ve gürgen ağaçlarına bırakmaktadır. Ergene'ye doğru gidildiğinde ise görülmekte olan küçük ağaç toplulukları Trakya bölgesinin iç kesimlerinin step alanı olarak değerlendirilemeyeceğini kanıtlamaktadır. Günümüzde bu alanların step arazisi olarak görülmesinin temel nedeni tarım alanlarının genişletilmesi amacı ile var olan ormanların tahrip edilmesidir. Söz konusu iç kesimlerde bulunan taban arazilerinde ve vadi alanlarında kavak ve söğüt ağaçları yaygın olarak bulunmaktadır. İlin güneyinde yer alan Ganos dağlarının kuzey yamaçlarında ise orman altı üstü oldukça yoğun olmakla birlikte, gürgen meşe, ıhlamur ağaçları ormanları meydana getirmektedir (Darkot ve Tuncel 1981). Bu dağların güney yamaçlarında yağış oranlarının daha az olması nedeni ile ise maki örtüsü ve kuru ormanlar bulunmaktadır. Bölgede yer alan bir diğer dağ grubu olan Kuru dağlarında ise meşe ve kızılçam ormanları ile maki topluluklarının yoğun bir şekilde bulunduğu görülmektedir.

Sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan değerlendirildiğinde ise Tekirdağ, Avrupa ile bağlantı noktası olmasının da doğal bir sonucu olarak devamlı bir gelişim süreci içerisinde.

Bu gelişme paralel olarak fiziksel gelişim ve nüfus artışı da devam etmektedir (Özyavuz 2011: 65-73). Nüfus dağılımı incelendiğinde il geneline eşit olarak gerçekleşen bir dağılımın olmadığı görülmektedir. Nüfusun önemli bir kısmı Çerkezköy, Çorlu ve Lüleburgaz hattı üzerinde yoğunlaşmıştır (Trakya Sosyal Yapı Analizi 2012). Öyle ki özellikle Tekirdağ'ın merkez ilçesi olan Süleymanpaşa'nın kıyı şeridinin yapılaşmaya açılması ile birlikte yerleşim alanları hızla bir şekilde gelişmeye başlamıştır. Bu gelişim ile birlikte yeni yerleşim merkezleri ortaya çıkmaya başlamış ve bu bölgelerde nüfusta hızlı artışlar meydana gelmeye başlamıştır. Bu süreç içerisinde gelişim aşamasında olan Süleymanpaşa'nın daha eski yerleşim yerleri olarak bilinmekte olan kent merkezi içerisindeki sahasını meydana getiren Ertuğrul, Yavuz, Eskicami, Ortacami, Turgut, Zafer ve Hürriyet mahalleleri yerleşim alanları olarak tercih edilmeye başlanmış ve bu mahallelerde hızlı nüfus artışları yaşanmıştır. 1970'li yıllar içerisinde ortaya çıkan bu gelişmeler şehir merkezinin bu yönde gelişim göstermesine neden olmuştur.

3.1.2. Tekirdağ'da İlinde Rüzgâr Santralleri

Rüzgâr santrallerinin kurulabilmesi adına belirli bir potansiyele sahip iller içerisinde Tekirdağ'da bulunmaktadır. Ülke sınırları içerisinde yaz ve kış mevsimlerinde ortaya çıkan basınç sistemleri ve basınç sistemlerine bağlı olarak gelişen Rüzgârların yönlerinde meydana gelen değişimler Tekirdağ üzerinde de etkili olmaktadır. Bölgede kış mevsiminde alçak basınç etkisi görülmektedir. Alçak basınç ve yerel akımların bölge içerisinde sıklıkla yer değiştirmesi Tekirdağ genelinde kuvvetli yağışlara neden olabilmektedir. Türkiye genelinde olduğu gibi Tekirdağ'da da tropik basınç merkezlerinin yaratmış olduğu etkiye bağlı olarak yaz aylarında kurak dönemler yaşanmaktadır. Fakat bu süreçte Asor yüksek basınç alanından Basra alçak basınç alanına doğru ortaya çıkan akımlar yaz mevsiminde dahi serin ve yağışlı havaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Basınç değerlerine yönelik yapılan incelemeler neticesinde Tekirdağ'da Temmuz ayı basınç ortalamalarının 1012 milibar olduğu görülmekte iken, yıllık basınç ortalaması ise 1015,7 milibar olarak belirlenmektedir. Basınç değerlerinin mevsimlere bağlı olarak değişkenlik göstermesi Rüzgâr yönlerinin de kimi zaman değişmesine yol açmaktadır. Tekirdağ'da poyrazın hakim Rüzgâr olmasına karşılık en şiddetli Rüzgâr ise yıldız olarak belirlenmektedir. Kış mevsimine gelindiğinde ise özellikle Balkanlardan giriş yapmakta olan soğuk hava dalgaları bölgede yoğun kar yağışlarının yaşanmasına neden olmaktadır. Bu dönem içerisinde poyraz ve yıldız Rüzgârlarının etkili olduğu görülmektedir. Lodos Rüzgârı ise Orta Akdeniz üzerinden gelen sıcak hava dalgaları ile birlikte etkili olabilmektedir. Özellikle bölgenin kıyı şeridinde lodos sıklıkla etkili

olmaktadır. Ancak kısa süreli olarak etkili olan lodos yağışları da beraberinde getirmektedir. İlkbahar mevsimine gelindiğinde ise hızı düşmeye başlamakta olan Rüzgârlar yaz mevsiminde yeniden hızlanmaya başlamaktadır. Rüzgârların esme şiddetlerine yönelik olarak gerçekleştirilen incelemeler neticesinde Rüzgârların %81'inin hızının 6m/sn'yi geçmediği görülmektedir. 12 m/sn seviyesine çıkabilen Rüzgârların oranı is yaklaşık olarak %17 olarak belirlenmektedir. Söz konusu oranlara bakıldığında Rüzgârların canlı yaşamı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığını ifade etmek mümkün olmaktadır. (Anonim 2018).

İl genelinde kurulmuş olan elektrik santrallerinin toplam gücü 1.589 MW olarak belirlenmektedir. Söz konusu elektrik üretim gücüne 34 adet elektrik enerji santralinden ulaşılmaktadır. Yıllık enerji üretimi ise ortalama olarak 8.194 GW olarak gerçekleşmektedir. Ulaşılan bu elektrik gücü doğalgaz ve Rüzgâr enerjilerinin kullanıldığı tesislerden elde edilmektedir.

Rüzgâr santralleri içerisinde güncel durumda devreye alınan ve aktif biçimde çalışan santraller aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1 Tekirdağ İli Devreye Alınan ve Aktif Çalışan Santraller

Santralin İsmi	Firma	Kurulu Güç
Balabanlı Rüzgâr Santrali	Borusan EnBW Enerji	61 MW
Tekirdağ Kıyıköy RES	Beşiktepe Üretim	44 MW
Sarıkaya RES	Demirer Enerji	29 MW
Barbaros Rüzgâr Santrali	Türkerler Holding	12 MW
Saray RES	Saray Alüminyum	4,00 MW
Garanti İplik RES	Garanti İplik	2,50 MW
DerbyRüzgâr Enerjisi Santrali	-----	0,80 MW

Çizelge 3.2 Tekirdağ Yapım Aşamasındaki Rüzgâr Enerji Santralleri

Santralin İsmi	Firma	Kurulu Güç
Bozkır ve Dores Enerji Rüzgâr Santrali	---	20 MW
İmparator Konfeksiyon Tekirdağ RES	İmparator Konfeksiyon	3,00 MW
Asa Kaynak Çerkezköy Rüzgâr Santrali	Asa Kaynak	2,40 MW
Vatan Kablo Tekirdağ Rüzgâr Santrali	Vatan Kablo	2,35 MW
Saray Lisanssız RES	Saray Alüminyum	2,35 MW
Boen Alüminyum Çerkezköy RES	Boen Alüminyum	2,30 MW
Kapaklı Belediyesi Rüzgâr Enerji Santrali	Kapaklı Belediyesi	1,00 MW
Kapaklı Belediyesi Rüzgâr Türbini	Kapaklı Belediyesi	1,00 MW
Damla RES	PRC Enerji	0,80 MW
Arteks Tekstil RES	Arteks Tekstil	0,80 MW
Erkoç Elektrik RES	Erkoç Elektrik	0,80 MW

Çizelge 3.3 Tekirdağ'da Lisansı Alınan Rüzgâr Santralleri

Santralin İsmi	Firma	Kurulu Güç
Karatepe Rüzgâr Santrali	Tepe Enerji Santrali	13 MW
Korudağı Rüzgâr Tesisi	Sone Enerji Yatırım Üretim	3,00 MW
Korudağı Rüzgâr Santrali	Demir RES Mühendislik	3,00 MW

Çizelge 3.4. Tekirdağ'da Ön Lisansı Alınan Rüzgâr Santralleri

Santralin İsmi	Firma	Kurulu Güç
Kaktüs RES (ön lisans alındı)	Borusan EnBW Enerji	50 MW
Buket RES (ön lisans alındı)	Borusan EnBW Enerji	11 MW

3.1.3. QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı ve Temel Fonksiyonları

QGIS, açık kaynak kodlu bir CBS yazılımıdır. QGIS kullanılarak kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektörün ihtiyaçları doğrultusunda, kullanıcıya özgü yazılımlar geliştirilebilmektedir. Özellikle son yıllarda dünyada sıklıkla kullanılan bir yazılım haline gelmiştir. Açık kaynak kodlu yazılımlar çoğu zaman performans olarak soru işaretleri yaratsa da QGIS çalışma şekli ve iç yüzü ile başarılı bir yazılımdır.

QGIS şu anki 1.7.3 Wroclaw sürümü ile kullanıcılara istediklerini verebilme noktasında oldukça stabil bir yapıdadır ve aşağıda belirtilen yeteneklere sahiptir:

- Linux ve Windows işletim sistemleri üzerinde çalışabilme,
- Esri Shape, Map Info Tab ve diğer birçok dosya türünü destekleme,
- Postgis aracılığıyla Postgre SQL veritabanında konumsal veri tutabilme,
- Öznitelik tabloları oluşturma ve sorgulama,
- Vektörel düzenleme,
- Koordinat sistemi tanımlama ve EPSG (European Petroleum Survey Group) tarafından tanımlı birçok koordinat sistemi,
- Objeleri etiketleme,
- Raster verileri sayısallaştırma,
- WMS ve WFS katmanlarıyla çalışabilme,
- Geniş eklenti desteği,
- Analiz yapabilme

Görüldüğü üzere birçok fonksiyonu bulunan QGIS yazılımı, maliyet olarak oldukça önemli maliyetlere sahip olan diğer ticari CBS yazılımlarının sahip olduğu pek çok yeteneğe sahiptir.

3.2. Metod

3.2.1. QGIS (Quantum GIS) İle Çalışma Alanının topoğrafik özelliklerinin oluşturulması

Açık kaynak kodlu CBS yazılımı olan QGIS kullanılarak çalışma alanının eğim, engebe endeksi, gölgelendirme, görünüm ve kabartma haritaları oluşturularak çalışma alanının topoğrafik özellikleri çıkartılmıştır. Bu haritaların oluşturulmasında 5 metre çözünürlükteki Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritası kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında Tekirdağ ilini kapsayan vektörel özellikli haritalar temel alınarak QGIS 3.4 yazılımı yardımıyla topoğrafik haritalardan eğim verileri sınıflandırılarak ortaya konulmuştur.

3.2.2. Rüzgâr Enerji Santrali Kurulumu İçin Gerekli Materyallerin Toplanması

Rüzgâr enerji santrallerinin kurulumunda çevresel faktörler gözletilmektedir. Bunların başlıcaları ve çalışmada esas alınan parametreler aşağıda sıralanmıştır:

- Bölgeye ait Rüzgâr Hızı verileri,
- Enerji Nakil Hattı Yakınlığı,
- Yükselti ve Eğim Değerleri.

Rüzgâr elektrik santrallerinin yerlerinin tespit edilmesinde öncelikle santralin kurulacağı bölgeye ait rüzgâr potansiyelinin belirlenmesi fazlasıyla önem arz etmektedir. Kurulan santralin gerekli verimi sağlayabilmesi için 7 m/s üzeri Rüzgâr hızı olması öngörülmektedir (REPA 2006).

Çalışma için Rüzgâr hızı verilerine rakamsal olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Tekirdağ ili iklim verileri (2015-2016 yılı için) kullanılarak ulaşılmıştır.

Eğim ve engebeli olan bölgeler ise Rüzgâr enerjisinin istikrarlı Rüzgâr rejimine engel olmaktadır. Çalışma sırasında DEM verileri kullanılarak Tekirdağ ili için eğim haritası oluşturulmuştur.

DEM verileri ağırlıklı olarak '.img, .tiff' formatları başta olmak üzere pek çok şekilde oluşturulabilmektedir.

Ayrıca Raster veri formatında Mekansal Veritabanları içerisinde de depolanabilmekte ve mevcutta bulunan CBS verilerine kolaylıkla entegre edilebilmektedir. Enerji Nakil Hatlarına olan uzaklık TREDAS verileri kullanılarak saptanmıştır.

3.2.3. Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulabileceği Yerlerin Saptanması

Tekirdağ ili için gösterilmiş olan enerji nakil hatları haritasına göre DWG formatında bulunan veri QGIS yardımı ile Shape formatına dönüştürülerek koordinat tanımlaması yapıldı.

Meteorolojiden alınmış olan iklim verilerinden aylık ortalama Rüzgâr hızı saptanarak toplam ortalama değerler çıkarıldı ve istasyon nokta geometrisinde oluşturulup değerler programa girildi. Daha sonra Interpolasyon yöntemi ile Rüzgâr hızının dağılım haritası oluşturuldu.

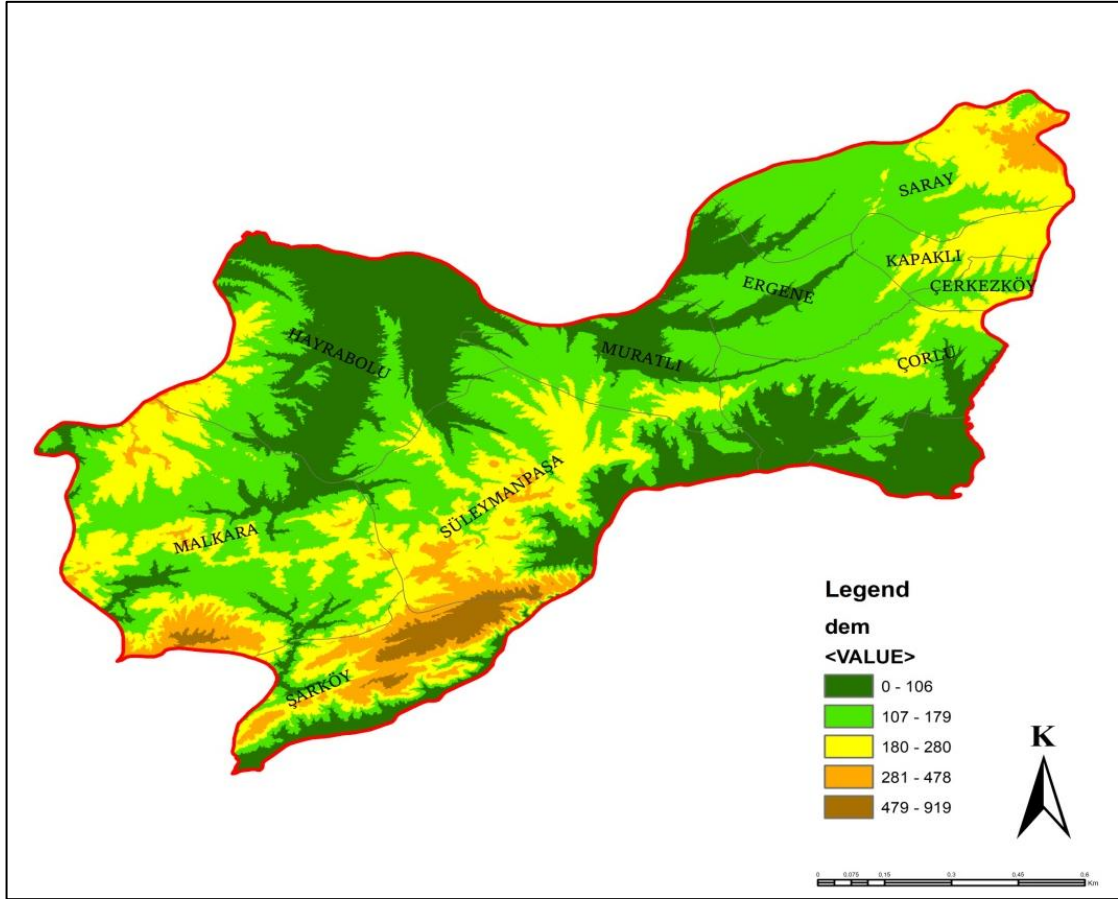
DEM verilerinden yararlanılarak QGIS programında eğim analizi ile Tekirdağ İli için yükseklik ve eğim haritaları oluşturulmuştur (Danışman 2018).

Uygunluk analizi için ağırlıklı toplam kaplama yapıldı ve hesaplama için birkaç ağırlıklı raster katmanı kullanılmıştır. GIS Bindirme analizi için Booleen mantığı (uygunluk haritası oluşturmak için girdi katmanlarında koşullu ifadeler kullanılması) kullanılmıştır. Daha sonra puanlama sistemi ile Rüzgâr enerjisi kurulum alanları için gerekli olan enerji nakil hatlarına yakınlık, yükseltisi fazla olan yerler ve eğim değerleri düz ve düze yakın olan yerlere 10 puan verilerek uygun yer hesaplaması yapıldı. Sonuç olarak QGIS Programında weighted sum raster analizi ile birlikte Raster formatlı verilere çakıştırılarak uygun alan seçimi yapılmıştır.

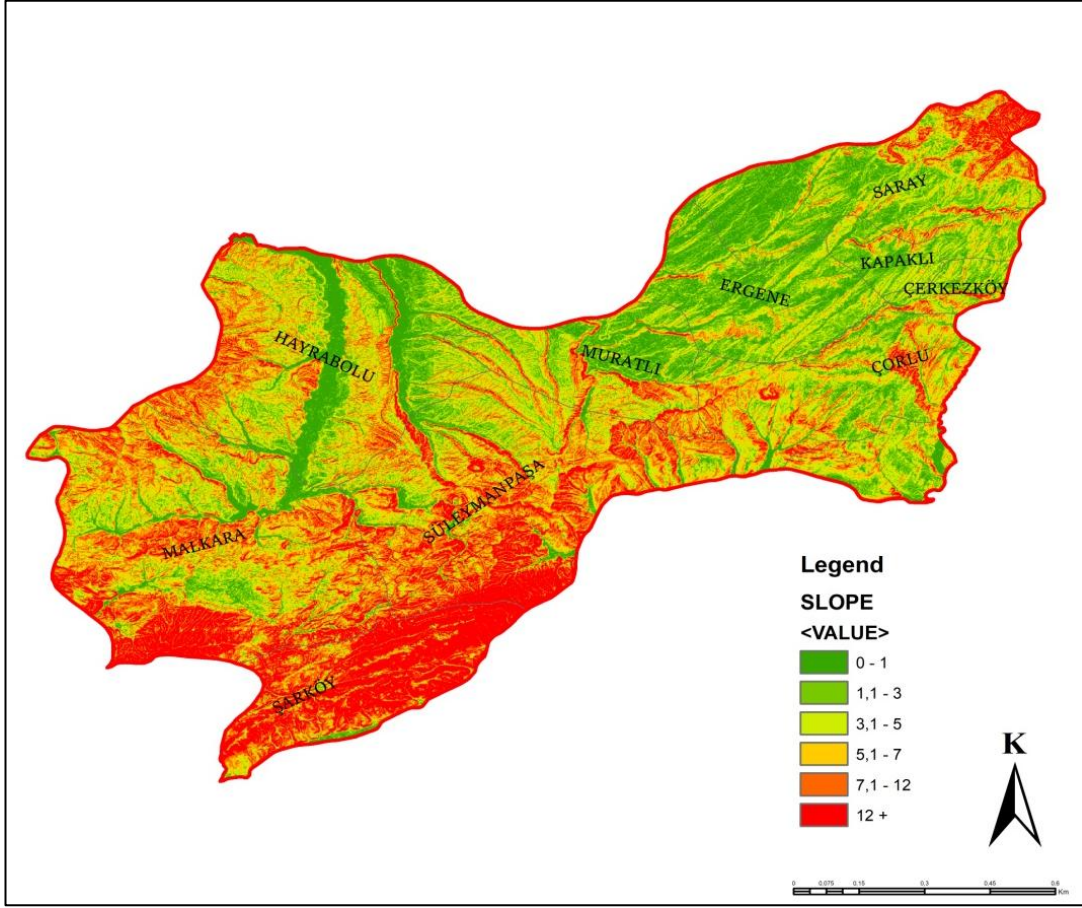
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Elde Edilen DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) Haritaları

QGIS özgür yazılımı ile Sayısal yükseklik verisi (DEM) ve vektöre bazlı haritaların birlikte işlenmesi ile Tekirdağ iline ait yükselti ve eğim haritaları oluşturulup değerlendirilmiştir (Şekil 4.1. ve Şekil 4.2).



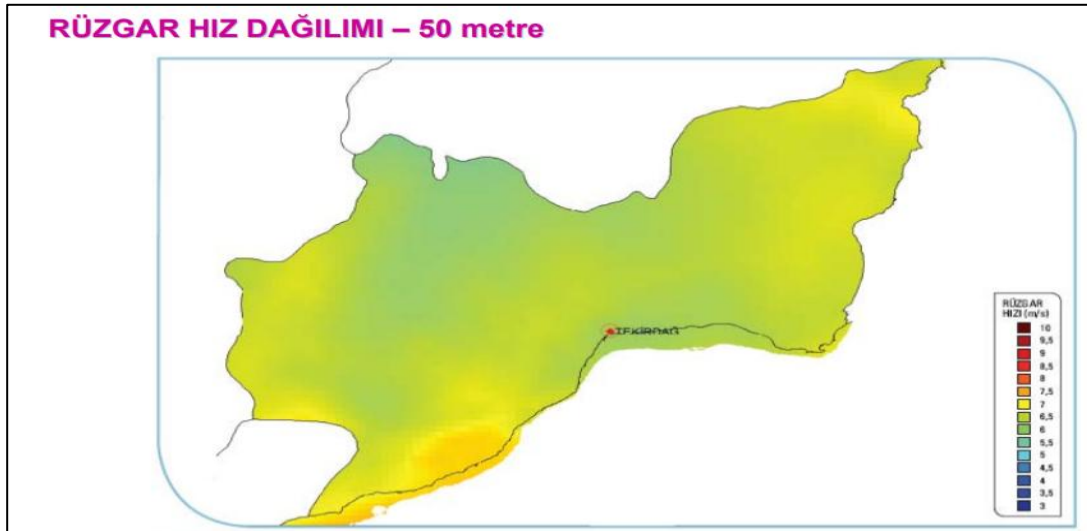
Şekil 4.1. Tekirdağ ili yükseklik haritası



Şekil 4.2. Tekirdağ ili eğim haritası

4.2. Rüzgâr Enerji Santrali Kurulumu İçin Gerekli Materyallerin Toplanması

Tekirdağ İli Rüzgâr Hızı potansiyeli şekil 4.3’de gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Tekirdağ Rüzgâr hızı dağılımı

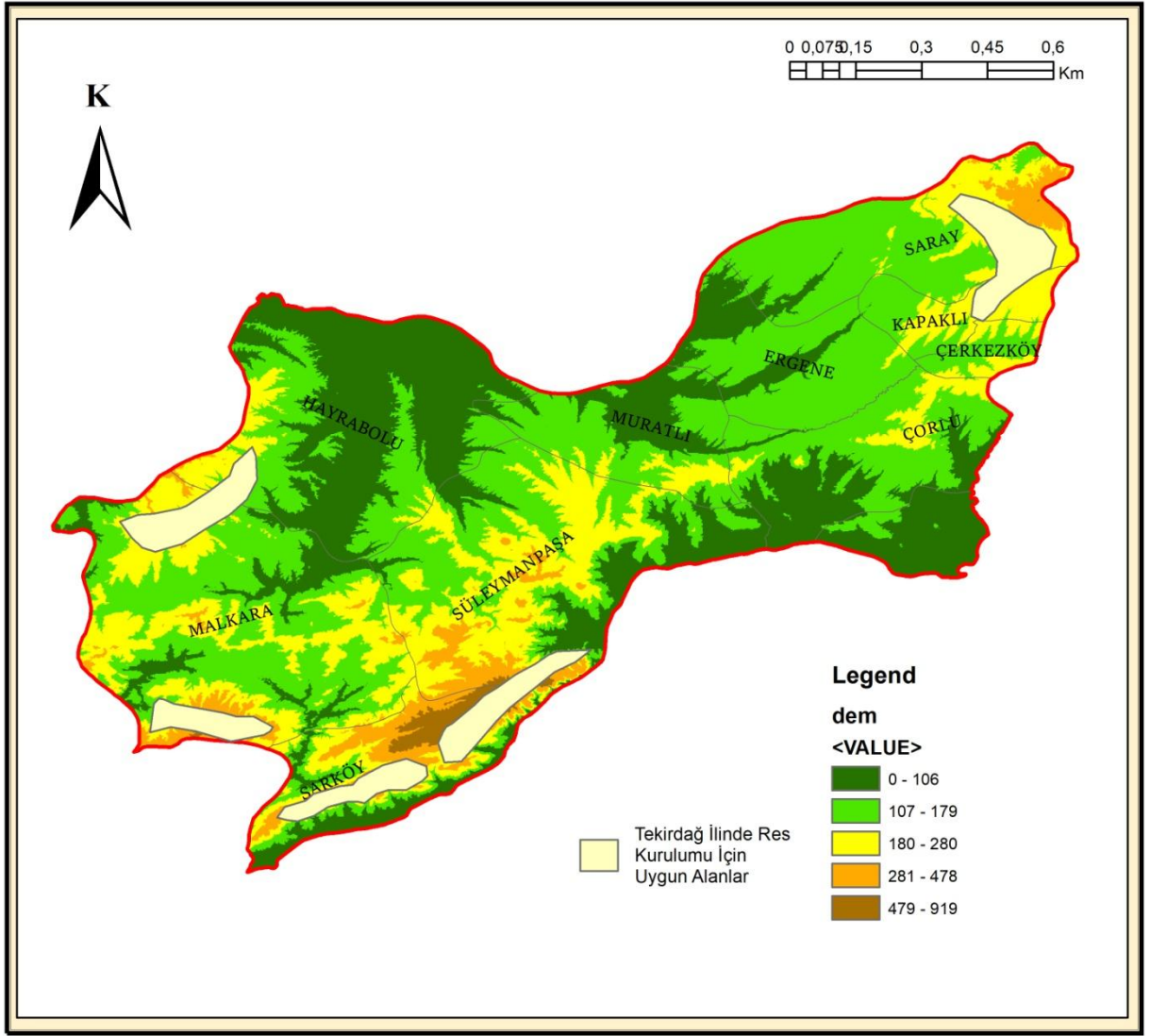
Enerji Nakil Hatlarına olan uzaklık TREDAS verileri kullanılarak saptanmıştır. Tekirdağ İli için mevcut enerji nakil hattı Şekil 4.4’de gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Tekirdağ ili enerji nakil hattı haritası (TREDAS)

4.3. Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulabileceği Yerlerin Saptanması

Tekirdağ ili için meteorolojiden alınmış olan iklim verilerinden, enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan Rüzgâr hızının dağılım haritası hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar QGIS yazılımı ile işlenerek Tekirdağ ilinde Rüzgâr enerji santralleri kurulabilecek alanlar belirlenmiş ve Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Tekirdağ ili Rüzgâr enerji santrali kurulabilecek alanlar

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma ile günümüzde kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve gerekli olarak görülen Rüzgâr enerjisinin aynı şekilde teknolojiye ki gelişmeler ile birlikte kullanımı kaçınılmaz olan coğrafi bilgi sistemlerinin entegre edilerek santral kurulabilecek olan alanların yer tespitleri bir kaç veri kullanılarak yapılmıştır.

Tüm bu çalışmalar ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı ile çalışma yapılan bölgede yenilenebilir enerji kaynaklarının etkili bir biçimde kullanımına örnek teşkil etmiştir.

Coğrafi bilgi sistemleri özellikle açık kaynak kodlu yazılımlar üzerinde bilgileri güncelleyerek, hiçbir maddi kaynağa gerek duymadan benzer yenilenebilir enerji sistemlerinin de kullanım alanlarının kolay bir şekilde yer tespitlerinin yapılabilceği gösterilmiştir.

Sonuç olarak; Saray ve Kapaklı İlçelerinin 41°24'39.40" K , 28 °02'42" D, Şarköy İlçesinin 40° 39'51.24" K , 27° 11' 05.61" D Süleymanpaşa Merkez İlçesinin 40°49'18.81" K, 26° 56' 39.86" D, Malkara İlçesinin 40° 45'53.91" K, 26° 51' 18.49" D, Hayrabolu İlçesinin 41° 7' 24.03" K, 26° 56' 39.86" D enlem ve boylamlarında QGIS ile yapılan çalışmalar sonucunda Rüzgâr enerji santrali kurulabileceği tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarından en fazla tercih edilen rüzgar enerjisi santrallerinin belirli bir bölgede kurulumu gerçekleştirilmeden önce; yapılacak olan çalışmaların kolay bir şekilde ve hiç bir maliyet olmadan yapılabilir olduğu gösterilerek, bu ve buna benzer çalışmalara öncülük edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Akdağ S.A. ve Dinler, A. (2009). A new method to estimate Weibull parameters for wind energy applications, *Energy Conversion and Management*, 50: 1761-1766.
- Akkaya S. (2007). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi ve Bir Rüzgâr Enerjisi Uygulaması” Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- Akpınar A. (2016). Güney Batı Karadeniz kıyıları boyunca Rüzgâr güç potansiyelinin değerlendirilmesi. *Sakarya University Journal of Science*, 20(3), 573-589.
- Aksoylu S. (1997). Yasal Olmayan Konut Stokunun Yapım ve Dönüşüm Sürecinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi, Araştırma Projesi Raporu, Anadolu Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi.
- Albayrak Ö., Tohumcu, K.S., Ayhan, Y., Gül, B., Bülbül, C. ve Akdemir, E. (2013). Tekirdağ İl Çevre Durum Raporu.
- Albostan A., Çekiç, Y. ve Eren, L. (2009). Rüzgâr Enerjisinin Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliğine Etkisi. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 24(4), 641-649.
- Albut S Sağlam M (2004). “Determination of Land Distribution and Spectral Characteristics of The Vineyard Crop Grown in Tekirdağ Region by Using Digital Satellite Data.” *AGRO-ENVIRON 2004, Role of Multi-purpose Agriculture in Sustaining Global Environment*, 63 – 70, Udine, Italy.
- Anonim (2018). Tekirdağ Coğrafi Verileri <http://www.tekirdag.bel.tr/tekirdag/cografya>
Erişim Tarihi: 05.11.2018
- Anonim (2019a). Rüzgar Enerjisi Tarihi Gelişimi www.centreforenergy.com Erişim Tarihi: 21.01.2019
- Anonim (2019b). Tekirdağ Coğrafi Durumu <http://www.tekirdag.gov.tr/cografya-durumu>
(erişim tarihi: 02.01.2019)
- Küleççi Ö. C. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91.
- Antenucci J.C., Brown, K., Crowell, L.P., Kevany, J.M., Archer, H. (1991). *Geographic Information Systems*. Van Nostrand Reinhold, New York
- Atagündüz G., (2001). Dünya İklim Modelleri ve İklim Değişim Hızını Yavaşlatacak Bazı Tedbirler, *Türkiye 3. Enerji Sempozyumu*, Ankara, 47-49
- Aykal F.D., Gümüş, B. ve Akça, Y.B. (2009). Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir ve etkin enerji kullanımının yapılarda uygulanması, *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Diyarbakır, 78-83.

- Bayraç H.N., (2011). Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Uludağ Journal of Economy and Society Cilt/Vol. XXX, Sayı/No. 1, 2011, pp. 37-57
- Çakır M.T. (2010). Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyeli ve AB ülkeleri içindeki yeri. Politeknik Dergisi, 13(4), 287-293.
- Çalışkan M. (2011). Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar. Rüzgâr Enerjisi ve Santralleri Semineri, 1-33.
- Çelik R.N. ve Şeker, D.Z. (1997). PS ve GIS İntegrasyonu. İstanbul: Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Sunulan Bildiri, 26-28 Eylül 1996, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Danışman A. (2018). Özgür Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Yazılımları ile Meyve Bahçeleri İçin Veritabanı Oluşturulması: Tekirdağ - Işıklar Bölgesi Örneği, Tekirdağ.
- DEKTMK. (2018) Birincil Enerji Kaynakları Üretimi, DEKMK.
- Directorate Generale for Research Sustainable Energy System, (2015). Report on the Green Paper on Energy-Four Years of European Initiatives, Bruxelles, European Commission
- DSİ (2017). DSİ, Edüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Su Kaynakları Geliştirilmesi ve Yönetimi, Ankara.
- Emanuel W.R., Olson J.S. ve Killough G.G. (1980). Expanded Use of Fossil-Fuels By The United-States and The Global Carbon-Dioxide Problem. Journal of Environmental Management, 10: 37-49.
- EXXONMOBIL (2014). The Outlook for Energy: A view to 2040, Exxon Mobil, Texas, United States of America.
- Garih Ü. (2000). Türkiye Sorunlarına Çözüm Önerileri, İstanbul Hayat Yayınları.
- Genç S. (2010). Alışveriş Merkezleri İçin Uygun Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılması: İstanbul Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gezer E H. (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Göker Ç. (2000). Belediyelerde Kent Bilgi Sistemi ve Olabilirlik Etüdü. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- GWEC (2016). Global Wind Energy Council, Global Wind Statistics.
- Hamilton A. (1975). We Still Have Renewable Energy-Sources That We Do Not Exploit. Science forum 8: 13-15.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016). Strateji Geliştirme Başkanlığı, Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Sayı 14.

- Kaya İ. S. (2012). Uluslararası Enerji Politikalarına Bir Bakış: Türkiye Örneği, Çağ Üniversitesi Uluslararası Enerji Hukuku Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Mersin, 270-275.
- Kaymak Ö. (2008). Nükleer Enerji. Yıldız Teknik Üniversitesi Alan Eğitiminde Araştırma Projesi, 1-15
- Hanigan F. L. (1990). GIS Marketing in the 1990's. GIS-FORUM, Arkansas.
- Herbert G. J., Iniyar, S., Sreevalsan, E. ve Rajapandian, S. (2007). A review of wind energy technologies. Renewable and sustainable energy Reviews, 11(6), 1117-1145.
- İTÜ (2007). Türkiye'de Enerji ve Geleceği İTÜ Görüşü, İstanbul.
- Karadağ İ. H. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgâr Enerjisinin Önemi ve Rüzgâr Türbini Tasarımı.
- Karataş İ. ve Kırbaş İ. (2015). Özgür ve Açık Kaynak Kod Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi
- Kavak K. (2005). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayide Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, DPT Uzmanlık Tezleri, Ankara.
- Koçak S., ve Altun, A.H. (2003). Enerji İhtiyacımız ve Nükleer Enerji, TMMOB Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Kayseri.
- Külebi A. (2007). Türkiye'nin enerji sorunları ve nükleer gereklilik. Bilgi Yayınevi.
- Mutlu E. (2013). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Ekonomisi ve Ankara İline Ait SWOT Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özcan H. H. (2009). Rüzgâr enerjisi yatırımları ve Isparta ilinde kurulabilecek Rüzgâr enerjisi santralinin ekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Özcan İ., (2011). Isparta İlinde Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Bir Rüzgâr Santrali Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Özen A., Şaşmaz, M. Ü. ve Bahtiyar, E. (2015). Türkiye'de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 2015(1), 85-93.
- Öztürk H. H. (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Özyavuz M. (2011). Tekirdağ kent merkezinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ile incelenmesi.

- Darkot B. ve Tuncel, M. (1981). Marmara Bölgesi Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Yayını, İstanbul.
- Peker Z. (2001). Rüzgâr Enerjisinin Çevresel Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasında Planlamanın Rolü, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, II. Çevre ve Enerji Kongresi, İstanbul.
- Akova B. S. (2002). Ergene Havzasının Coğrafi Potansiyeli, İstanbul: Çantay Kitapevi.
- Pjevcevic D. (2012). DEA Window Analysis for Measuring Port Efficiencies in Serbia”, Promet-TrafficveTransportation, 24(1), 63-72. REN (2018). Renewables Global Status Report, 2018, <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>
- Sangeeta Moka S., Pande M., Rani M., Gakhar R., Sharma M., Rani J. ve Bhaskarwar A.N. (2014). Alternative Fuels: An Overview of Current Trends and Scope for Future. Renewable ve Sustainable Energy Reviews, 32: 697-712.
- Sertel E, Özelkan E, Sağlam M, Gündüz A, Eker D Z, Albut S, Boz Y (2011). Tekirdağ İli Bağ Alanlarının Mekansal Dağılımlarının Topografik Parametreler ile Olan İlişkinin CBS Kullanılarak belirlenmesi. Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2011/3 Özel Sayı, syf.92-105.
- Shyr W. (2010). İnteragting Laboratory Activity İnto a Junior High School Classroom, İEEE Transactions On Education. 53: 32-36.
- Şahin M K. (2010). Trabzon Bölgesi Brüt Hidroelektrik Enerji Potansiyel Analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Şen F. ve Gökdemir, A. (2013) Muğla İlinde Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliğinin Araştırılması, ULIBTK’13 19. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi 9-12 Eylül 2013, Samsun.
- Taner A.C. (2016). Nükleer Enerji Santralleri, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geleceği ve Enerji Kaynak Çeşitliliği, <https://www.fmo.org.tr/>
- Taşgetiren S. (1998). Rüzgâr Enerjisi. Ekoloji, 8(29), 25-30.
- Terzi İ. (2014). Tokat İli Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat. The World Wind Energy (2017). WWEA Half-year Report, <http://wwindea.org/>
- Toprak Z. (1993). Çevre Yönetimi ve Politikası, Anadolu Matbaacılık, İzmir.
- Türkyılmaz O. (2011). Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, TIMS “The Third International Matematich and Science Study.

- Üçüncü M.M. (2016). Enerji kaynaklarımız ışığında hidroelektrik santrallerin türkiye ekonomisindeki yeri ve Trabzon örneği, Yüksek Lisans Tezi, Avrasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Varınca K.B. ve Gönüllü, M.T. (2006). Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, Eskişehir, 1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi.
- Yamak T. (2006). Türkiye’nin Alternatif Enerji Kaynakları, Potansiyeli ve Ekonomik Analizleri. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yılmaz G. (2004). Kentsel Planlamada Bilginin Temsil Problemi:Coğrafi Bilgi Sistemleri İçin Teorik Bir Çerçeve. Ankara: 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Sunulan Bildiri.
- Yılmaz O., ve Hotunluoğlu, H. (2015). Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(2), 74-97.
- Görür N., ve Okay, A.I. (1996). A fore-arc origin for the Thrace Basin, NW Turkey: Geol. Rundsch, 85, 662-668.
- Özdoğan S. (1993). Türkiye’nin deprem bölgeleri. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 2, 53-68
- Yomralıoğlu T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 1. Trabzon. http://cografyaharita.com/haritalarim/5_tekirdag_ili_mulki_idare_haritas%C4%B1.png <http://ruzgarenerjisibirli.org.tr> (erişim tarihi, 10.11.2018).

7. ÖZGEÇMİŞ

Bilecik'in Yenipazar ilçesinde 1993 yılında doğmuştur. İlkokul ve Lise eğitimini Denizli'nin Buldan ilçesinde tamamlamıştır. 2011 yılında başlamış olduğu Namık Kemal Üniversite Ziraat Fakültesi'nden 2015 yılında Biyosistem Mühendisi ünvanı ile mezun olmuştur. 2015 yılında Biyosistem Mühendisliği Arazi ve Su Kaynakları Ana Bilim Dalı altında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Çalışma hayatına özel sektörde devam etmektedir.