

**İÇ ANADOLU BÖLGESİ'NDE KULLANILMAYAN  
RÜZGAR ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ  
VE MODELLENMESİ**

**INVESTIGATION AND MODELING OF UNUSED WIND  
ENERGY POTENTIAL IN CENTRAL ANATOLIA  
REGION**

**EKİM KÜLÜM**

**PROF. DR. AYNUR ERAY**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitimi – Öğretim ve Sınav Yönetmeliği

Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

EKİM KÜLÜM'ün hazırladığı “İç Anadolu Bölgesi'nde Kullanılmayan Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi ve Modellenmesi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER ANABİLİM DALI'NDA YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA

Başkan



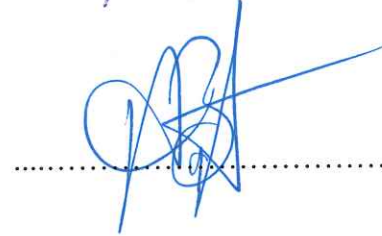
Prof. Dr. Aynur ERAY

Danışman



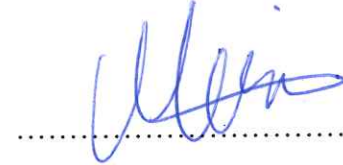
Doç. Dr. Akın BACIOĞLU

Üye



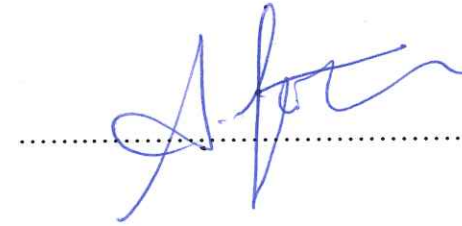
Doç. Dr. Merih Aydınalp KÖKSAL

Üye



Doç. Dr. Ufuk ŞAHİN

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak ..... / ..... /..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı bu tez çalışmada,

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

beyan ederim.

18./10./2019

**EKİM KÜLÜM**



## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarda kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullanıldığı ve istenildiğinde suretleri Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ..... ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

18/10/2019

EKİM KÜLÜM



## ÖZET

### İÇ ANADOLU BÖLGESİ'NDE KULLANILMAYAN RÜZGAR ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ

**Ekim KÜLÜM**

**Yüksek Lisans, Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aynur ERAY  
Eylül 2019, 145 Sayfa**

Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde kalan kullanılmamış rüzgâr enerji potansiyeli belirlenmiş ve modelleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışma gerçekleştirilirken Windographer programından sağlanan uzun süreli “long-term” veriler aynı programda analiz edilmiş ve sonuçlar WindFarmer programına uyum sağlayacak şekilde çevrildikten sonra WAsP Map Tool kullanılarak proje sahaları için haritalar oluşturulmuştur. Elde edilen harita ve veriler WindFarmer programına entegre edilmiş ve rüzgâr enerjisi analizi gerçekleştirilmiştir. Proje sahaları seçilirken tasarlanacak rüzgâr enerji sahalarının, maksimum kapasitede olması planlanmıştır. Google Earth programı ile şehir sınırları baz alınarak Vaisala Oyj. Firmasının sağlamış olduğu harita ile rüzgâr enerjisi kaynak alanları tespit edilmiştir. Belirlenen alanlar “multi-criteria” yöntemi ile incelenerek, rüzgâr enerji santral sahası olabilmesi için hem teknik açıdan ve hem de mevzuat açısından uygunluğu araştırılmıştır. Teknik incelemelerde; rüzgâr hızı, saha eğimi, elektriksel bağlantı noktalarına uzaklık, bölgede kurulu radar sistemlerine olan uzaklık, sahaların yüksekliği ve havaalanlarına olan mesafeler değerlendirilmiştir. Mevzuat açısından değerlendirme yapılırken ise Türkiye’de rüzgâr enerjisi yatırımı ile ilgili kanun, yönetmelik ve tebliğler incelenmiştir. Yüksek enerji üretimi amaçlanarak belirlenen kriterlerle, 61 tane saha tespit edilmiştir. Bu sahalar içinde, belirlenen kriterlere uygun olan ve en yüksek rüzgâr hızına sahip 5 saha için WindFarmer programı ile modellenmiştir. Seçilen bu 5 saha için toplam 536

türbin konuşlandırması yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilerek bu sahalar için uygulanabilir rüzgâr enerjisi kapasitesi 402MW olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgâr Enerjisi, Rüzgâr Hızı Haritası, İç Anadolu Bölgesi Rüzgâr Hızı Haritası, Rüzgâr Enerjisi Analizi, Enerji Analizi,

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION AND MODELING OF UNUSED WIND ENERGY POTENTIAL IN CENTRAL ANATOLIA REGION**

**Ekim KÜLÜM**

**Degree of Master of Clean Renewable Energies,  
Supervisor: Prof. Dr. Aynur ERAY  
September 2019, 145 pages**

In this study, the unused wind energy potential in Central Anatolia Region was determined and modelling studies have been done. During the study, long term data were obtained from Windographer program and analyzed in the same program. After the results were translated to fit the WindFarmer program, maps were created for the project sites using WAsP Map Tool. The obtained maps and data were integrated into the WindFarmer program and wind energy analyzes were performed. When selecting the project sites, the wind energy fields to be designed are planned to have maximum capacity. Wind energy source areas were determined by using the map provided by Vaisala Oyj. Company with Google Earth program. The identified areas were examined by “multi-criteria” method and their suitability in terms of both technical and legislative aspects was investigated in order to become a wind power plant area. In the technical aspect, wind velocity, field slope, distance to electrical connection points, distance to radar systems installed in the region, height of the sites and distances to airports were evaluated. In assessing terms of legislation related to wind energy investment in Turkey, laws, regulations and communiqués were examined

61 sites were determined with the criteria determined for high energy production. Within these sites, the WindFarmer program was modeled for 5 sites with the highest wind speed, which correspond to the specified criteria. A total of 536 turbine deployments were made for these 5 sites. The results of the analysis were evaluated and the applicable wind energy capacity for these sites was calculated as 402MW.

**Keywords:** Wind Energy, Wind Speed Map, Central Anatolia Region Wind Speed Map, Wind Energy Analysis, Energy Analysis,



## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, sadece bilimsel anlamda değil sahip olduğu eşsiz bilgisiyle hayatıma yön veren, gerektiğinde tatil günlerini benimle çalışarak geçiren, desteğini benden esirgemeyerek her zaman yanımda olduğunu hissettiren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Aynur ERAY'a,

Tez çalışmalarım esnasında tecrübelerini paylaşan ve birçok konuda yardımcı olan Göksan GÜL'e

Bu çalışmada kullanılan WindFarmer programının alımına olanak sağlayan ve 2014 yılında tamamlanan 013 D04 812 001 nolu proje desteği için Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne

Hayatım boyunca her koşulda bana destek veren ve sabır gösteren, önceliklerini her zaman benim önceliklerime göre değiştiren ve bunun karşılığını hiçbir zaman tam olarak ödeyemeyeceğim, bugünlere gelmemde en büyük katkıları olan, bu hayatta hiçbir şeye asla değişmeyeceğim canım aileme,

Sonsuz Teşekkürler...

Ekim KÜLÜM  
Eylül 2019, Ankara

# İÇİNDEKİLER

ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL KESİM .....	11
2.1. Temel Kavramlar .....	11
2.2. Rüzgâr Santrali Kurulum Süreci.....	16
2.2.1. Rüzgâr Enerji Santralleri İçin Tasarımından İşletmeye Durum Değerlendirme (Due Diligence) Süreci .....	17
3. METODOLOJİ VE YÖNTEMLER .....	23
3.1. Google Earth Programı.....	27
3.2. Windographer Yazılımı .....	30
3.3. WAsP ve WindFarmer Yazılımı.....	36
3.4. Ekonomik Analiz.....	40
4. ANALİZ VE MODELLEME ÇALIŞMALARI .....	45
4.1. İç Anadolu Bölgesinde Uygun Saha Seçimi ve Kriterlerin Uygulanması.....	45
4.2. Uygun Görülen Sahaların Meteorolojik, Windographer, WindFarmer ve Ekonomik Analizleri ve Sonuçları .....	72
5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ ve ÖNERİLER .....	88
6. KAYNAKLAR .....	92
EKLER.....	97
EK1. Vaisala OYJ Firması Tarafından Hazırlanan Rüzgâr Hızı Haritası İçin Elektronik Ortamda Alınan İzin.....	97
EK2. Rüzgâr Enerji Santrali Yatırımı Aşamasında Uygulanması Zorunlu Kanun, Yönetmelik ve Tebliğler [38].....	102
EK3. Türkiye’de Bulunan Korunan Alanlar .....	104
EK4. WindFarmer Kullanımı .....	106
EK5. WindFarmer Sonuç Göstergeleri ve Analiz Ayarları .....	114
EK6. Seçilen Bölgelerin Vaisala Rüzgâr Haritası.....	115

EK7. İncelenen Sahaların 12*24 Maris Şeklinde Saatlik Bazda Aylık Enerji Üretimleri .....	142
ÖZGEÇMİŞ .....	145

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Ölçüm Belirsizliğine Dair Korelasyon Katsayıları[32].....	13
Çizelge 2.2.	IEC Standartlarına Göre Türbin Sınıfları[38].....	18
Çizelge 3.1.	İncelenen Sahalar İçin Oluşturulan Kriter Tablosu.....	24
Çizelge 3.2.	WindoGrapher İle Yapılan Analiz Sonuçları.....	33
Çizelge 3.3.	MERRA Veri Bilgisi Gösterimi .....	34
Çizelge 3.4.	12*24 Matris MERRA Verilerinin Bir Bölümünün Gösterimi.....	36
Çizelge 3.5.	WindFarmer’da Kullanılan Generic Türbin Özellikleri.....	38
Çizelge 3.6.	Rüzgâr Hızına Bağlı Güç Eğrisi Değer Tablosu.....	39
Çizelge 3.7.	Maliyet Kalemlerinin Oransal Gösterimi ve Referans Fiyatlandırma[52] .....	40
Çizelge 3.8.	Rüzgâr Enerjisinden Üretilen Elektrik Alım Fiyatı (YEKDEM Kapsamı) .....	43
Çizelge 4.1.	Çalışılan Sahaların İllere Göre Dağılımı.....	45
Çizelge 4.2.	Kırşehir İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Alanlar .....	47
Çizelge 4.3.	Yozgat İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Alanlar.....	49
Çizelge 4.4.	Karaman İli Sınırları İçerisinde tespit edilen alanlar .....	51
Çizelge 4.5.	Sivas İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar.....	53
Çizelge 4.6.	Kayseri İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar .....	55
Çizelge 4.7.	Kırıkkale İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar .....	57
Çizelge 4.8.	Aksaray İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar .....	59
Çizelge 4.9.	Niğde İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar .....	60
Çizelge 4.10.	Ankara İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar .....	62
Çizelge 4.11.	Çankırı İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar.....	64
Çizelge 4.12.	Konya İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar.....	66
Çizelge 4.13.	Nevşehir İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar .....	68
Çizelge 4.14.	Eskişehir İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar.....	70
Çizelge 4.15.	Seçilen Sahaların Meteorolojik Analiz Sonuçları .....	73
Çizelge 4.16.	Tez Kapsamında Seçilen Sahaların Analiz Ayarları ve Analiz Sonuçları .....	79
Çizelge 4.17.	Sahaların P50 ve P90 Olasılık Değerlerinin Karşılaştırılması .....	82
Çizelge 4.18.	Sahaların Belirsizlik Değerleri .....	83
Çizelge 4.19.	5 Sahanın Ekonomik Analiz Sonuçları.....	84
Çizelge 4.20.	5 Sahanın Kredi Kullanımı Olmadan IRR Hesaplaması .....	86
Çizelge 4.21.	5 Sahanın Türbin Maliyetlerinin %30 Kredi İle Karşılandığı IRR Oranı.....	87

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü[9] .....	2
Şekil 1.2.	Bölgeler Bazlı Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü [15] .....	4
Şekil 1.3.	Vaisala OYJ. Firması Tarafından Oluşturulan Türkiye Rüzgâr Hızı Haritası.....	6
Şekil 1.4.	Soğuk iklimlerde Ölçüm Bilgisi Sağlayan Triton/SodarWind Profiler[23].....	8
Şekil 1.5.	DeWind Şirketi Tarafından İnşa Edilen Yüksek Rakımlı Bölgede Kurulan Rüzgâr Türbini Görünümü[23] .....	9
Şekil 2.1.	Enerji Üretimi Olasılık Dağılımı[35] .....	16
Şekil 2.2.	Hava Yoğunluğu, Rüzgâr Hızı ve Aeodinamik Güç Etkisi İlişkisi [41] .....	21
Şekil 3.1.	Çalışma akış şeması .....	26
Şekil 3.2.	İç Anadolu Bölgesinin Şehir Sınırları İle Birlikte Gösterimi.....	27
Şekil 3.3.	Korunan Alan, Trafo Merkezi ve Meteoroloji Radarı Örnek Gösterimi.....	29
Şekil 3.4.	Seçilen 61 Sahanın Google Earth Gösterimi.....	30
Şekil 3.5.	WindoGrapher Ana Giriş Ekranı .....	31
Şekil 3.6.	WindoGrapher Veri İndirme Ekranı.....	32
Şekil 3.7.	Vaisala Rüzgâr Hızı Haritası İçeriği 2km Noktasal Rüzgâr Hızı Gösterimi .....	35
Şekil 3.8.	WASP Harita Oluşturma Ekranı Örneği.....	37
	.....	46
Şekil 4.1.	a) Kırşehir Sahası Genel Görünümü b) Kırşehir Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	46
Şekil 4.2.	a) Yozgat Sahası Genel Görünümü b)Yozgat Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	48
Şekil 4.3.	a) Karaman Sahası Genel Görünümü b)Karaman Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	50
Şekil 4.4.	a) Sivas Sahası Genel Görünümü b)Sivas Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	52
Şekil 4.5.	a) Kayseri Sahası Genel Görünümü b) Kayseri Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	54
Şekil 4.6.	a) Kırıkkale Sahası Genel Görünümü b)Kırıkkale Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	56
Şekil 4.7.	a) Aksaray Sahası Genel Görünümü b) Aksaray Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	58
Şekil 4.8.	a) Niğde Sahası Genel Görünümü b) Niğde Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	60
Şekil 4.9.	a) Ankara Sahası Genel Görünümü b) Ankara Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	61
Şekil 4.10.	a) Çankırı Sahası Genel Görünümü b) Çankırı Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	63
Şekil 4.11.	a) Konya Sahası Genel Görünümü b) Konya Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	65
Şekil 4.12.	a) Nevşehir Sahası Genel Görünümü b) Nevşehir Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	67
Şekil 4.13.	a) Eskişehir Sahası Genel Görünümü b) Eskişehir Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü.....	69
Şekil 4.14.	Çalışılan Sahaların Rüzgâr Yön Gülleri.....	76
Şekil 4.15.	Çalışılan Sahaların Aylık Rüzgâr Hızı Ortalamaları.....	77

Şekil 4.16.	Sahaların Kapasite Faktörüne Göre Sıralanması .....	81
Şekil 4.17.	Saha Kapasitesi – Türbin Sayısı – Enerji Üretimi Karşılaştırılması .....	81
Şekil 5.1.	Türkiye Kapasite Raporu Haritası [57].....	89
Şekil EK1	WindFarmer Program Giriş Ekranı ve Örnek Penceler .....	107
Şekil EK2	WindFarmer Programı İçerisinde Yer Alan WindStudio Çalışma Sayfası .....	108
Şekil EK3.	a) WindFarmer Programı Türbin Özellikleri Penceresi b) Türbin Studio Bölmesi .	109
Şekil EK4.	WindFarmer Kontrol Paneli.....	112
Şekil EK5.	WindFarmer Denetim Çubuğu .....	113
Şekil Ek6.	Kırşehir için seçilen dört sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası .....	116
Şekil Ek7.	Yozgat için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası .....	119
Şekil Ek8.	Karaman için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası .....	122
Şekil Ek9.	Sivas için seçilen sekiz sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası.....	125
Şekil Ek10.	Kayseri için seçilen dört sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası .....	128
Şekil Ek11.	Kırıkkale için seçilen altı sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası.....	130
Şekil EK12.	Aksaray için seçilen iki sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası .....	131
Şekil Ek13.	Niğde için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası.....	133
Şekil Ek14.	Ankara için seçilen üç sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası .....	135
Şekil Ek15.	Çankırı için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası.....	137
Şekil Ek16.	Konya için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası.....	139
Şekil Ek17.	Nevşehir için seçilen iki sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası .....	140
Şekil Ek18.	Eskişehir için seçilen üç sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası.....	141

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

P	Güç
d	Hava Yoğunluğu
V	Rüzgâr Hızı
Cp	Güç Faktörü
A	Türbinin Tarama Alanı
t	Yıllık Saat Miktarı [2]
f(v)	Rüzgâr Hız Dağılımı
P(v)	Güç Eğrisi Fonksiyonu
V <sub>i</sub>	Minimum Rüzgâr Hızı
V <sub>o</sub>	Maksimum Rüzgâr Hızı
S	Rüzgâr Artış Değeri
Δz	Yükseklik Farkı
V(z)	Türbin Hub Yüksekliğindeki Rüzgâr Hızı
V(z <sub>r</sub> )	Ölçüm Noktasındaki Rüzgâr Hızı
Z	Yükseklik
Z <sub>r</sub>	Ölçüm Noktası Yüksekliği
Z <sub>0</sub>	Pürüzlülük Uzunluğu
S	Rüzgâr Artış Değeri
UNWSV	Rüzgâr Hızı Değişkenliği
UAWSV	Yıllık Rüzgâr Hızı Değişkenliği Belirsizliği
N	Yıl Sayısı
UTOT	Toplam Belirsizlik
UHP	Tarihsel Dönem Belirsizliği
UFP	Gelecek Periyot Belirsizliği
P	Hava Basıncı
R	Gaz Sabiti
T	Sıcaklık
PVC	Sistemin Ömrü Boyunca Yatırımın Şimdiki Zaman Değeri
I	Türbin Fiyatı ile Bağlantı Gideri Toplamı
B	Yıllık İşletme Bakım Gideri
İ	Enflasyon Oranı
R	Faiz Oranı
T <sub>ö</sub>	Türbin Ömrü
H	Hurda Bedeli
T	Projenin Ekonomik Ömrü
CF	Projeden Sağlanacak Yıllık Kazanç

## Kısaltmalar

BP	İngiliz Petrol (British Petrol)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz (Liquified Natural Gas)
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
EPDK	Enerji Piyasası Denetleme Kurulu
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
WAsP	Rüzgâr Atlası Analizi ve Uygulaması Programı (Wind Atlas
Analysis and Application Program)	
MERRA	Modern Dönem Retrospektif - Analizi (Modern Era Retrospective
- Analysis)	
VOR	VHF Çok Yönlü Radyon Aralığı (VHF Omnidirectional Radio Range)
VHF	Çok Yüksek Frekans (Very High Frequency)
DME	Mesafe Ölçme Ekipmanı (Distance-measuring Equipment)
NDB	Yönü Olmayan İşaret (Non-Directional Beacon)
SODAR	Sonik Algılama ve Menzil Tayini (Sonic Detection and Ranging)
RADAR	Radyon ile Tespit Etme ve Menzil Tayini (Radio Detection and
Ranging)	
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
IEC	Uluslararası Elektroteknik Örgütü (International Electrotechnical
Comoission)	
CFD	Hesaplama Akışkanlar Dinamiği (Computational Fluid Dynamics)
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirme
ICAO	Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation
Organization)	
SRTM	Mekik Radar Topografya Görevi (Shuttle Radar Topography
Mission)	
DTM	Dijital Arazi Modeli (Digital Terrain Model)
ZVI	Görsel Etki Bölgesi (Zone of Visual Influence)
UTM	Birleşik Tehdit Yönetimi (Unified Threat Management)
WGS	Dünya Jeodezik Yönetimi (World Geodetic System)
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
IRR	İç Kârlılık Oranı (Internal Rate of Return)
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Değerlendirme Mekanizması
Mtep	Milyon Ton Eşdeğer Petrol (Million Ton Equivalent of Petroleum)



# 1. GİRİŞ

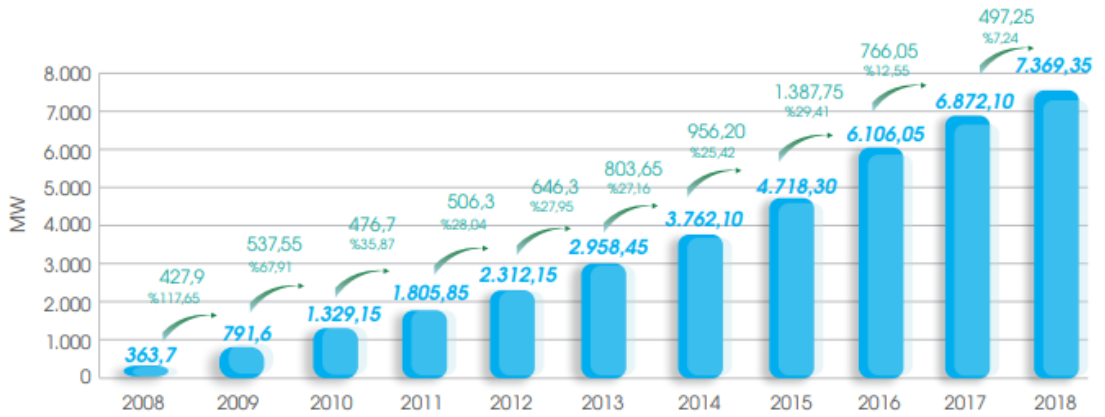
Ülkemizde ve dünyada enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte gün geçtikçe enerjiye olan ihtiyaç artan bir ivmeye sahiptir. Özellikle elektrikli araba ve yapay zekâ robotlarında meydana gelen gelişmeleri göz önüne alırsak, önümüzdeki yıllarda enerji ihtiyacı daha da artacaktır. Bu kapsamda literatürde tüketim değerlendirmesi gerçekleştirilirken, dönüştürülmeden doğrudan doğal kaynaklarda bulunan enerji anlamına gelen birincil enerji kaynağı tanımı kullanılır[1]. BP'nin, "Dünya Enerjisinin İstatiksel Görünümü 2019" raporuna göre; dünyanın birincil enerji tüketimi 2018 yılında %2.9 büyümüştür. Bu değer son 10 yıl ortalaması olan %1.5 değerinin neredeyse iki katıdır. Yine aynı rapora göre 2018 yılında dünyada tüketilen enerji toplam 13864.9 Mtep'dir. Tüketimin 153.5 Mtep'si Türkiye'ye aittir[2].

Artan enerji talebine karşın başta petrol ve doğalgaz olmak üzere yenilenebilir olmayan enerji kaynakları gün geçtikçe tükenmektedir. Bu durum ülkemiz için de geçerlidir. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'nin (TEİAŞ) 12.12.2017 tarihli verilerine göre[3], enerji talebinin büyük çoğunluğu Doğalgaz ve LNG'den karşılanmaktadır. Ülkemizde, her yıl büyük miktarda fosil yakıt ithal edilmektedir. Bu durum dolaylı olarak da fosil yakıt tüketimi ile hava kalitesine ve çevre sorunlarına neden olmaktadır. Kirlenici emisyonların yüzdelerini düşürerek, sağlık, çevre ve iklim üzerindeki etkilerinin azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir rolü olduğu bilinen bir gerçektir[4]. Birçok ülke yenilenebilir enerji teknolojilerine geçerek enerji kaynağı kullanımı konusunda fosil yakıt tüketiminde azalma sağlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından Türkiye, yüksek potansiyele sahip olması nedeniyle [5] jeotermal, biyokütle, güneş ve rüzgâr gibi enerji kaynaklardan yararlanılabilir.

Bu kapsamda rüzgâr enerjisi kaynağı belirlemek adına, Türkiye'nin coğrafik ve meteorolojik şartları incelendiğinde 50 metre yükseklik için 7,5m/s üzerinde hızlarda rüzgâr enerji santrali yatırımı yapılabilir olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, orta-ölçekli [6] sayısal hava tahmin modeli ve mezo-ölçekli rüzgâr enerji kaynakları değerlendirmesi için kullanılan akış modeli ile Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Bu çalışmalar ışığında Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyeli

48GW olarak tespit edilmiştir. 48GW kapasite ise %1.30'luk alana denk gelmektedir[7]. Şekil 1.1'de yıllara göre Türkiye'de rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi belirtilmiştir.

Rüzgâr enerji santrallerinin yapımı Türkiye'de 1998 yılında başlamıştır. Bu santrallerin kapasitesi 8.7MW'tır. Türkiye için 1998 – 2005 yılları arası rüzgâr enerjisi yatırımı yeterli talebi görmediği için toplam kapasite artışı yavaş ilerlemiştir. 2005 yılında Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yasa çıkarılmıştır[8].



Şekil 1.1. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü[9]

2005 yılı itibari ile rüzgâr enerjisi yatırımları hız kazanmıştır. Bu yıllardaki mevzuatlar 2 aşamadan oluşmaktaydı bu aşamalar; proje geliştirme ve lisans sürecidir. İlerleyen yıllarda Yarışma ve Ön Lisans süreçleri mevzuatlara eklenerek yatırım süreci uzamasına rağmen kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Son olarak 2016 yılında çıkarılan mevzuat gereği süreç sırasıyla; Proje Geliştirme, Yarışma, Ön Lisans ve Lisans süreçlerinden oluşmaktadır[10]. Bu süreçler incelendiğinde;

- **Proje Geliştirme aşaması;** Rüzgâr enerji santrali kurulumu yapılacak saha araması, proje planlamasının yapılması, öz kaynak ve kredi kullanım oranlarının belirlenmesi, rüzgâr enerji santralinin kapasitesinin belirlendiği ve proje ekipmanlarının tespit edildiği bölümdür.

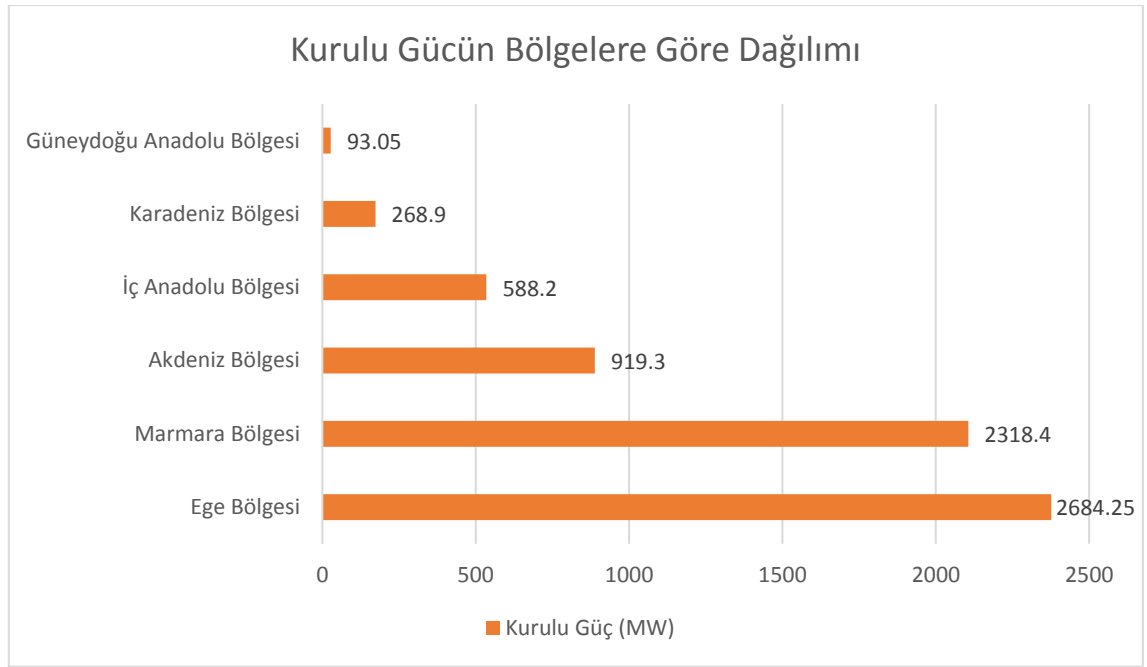
- **İhale (Yarışma);** Proje geliştirme aşamasında lokasyon olarak birbirine yakın olan veya aynı alan içerisinde olan projeler için TEİAŞ tarafından gerçekleştirilen yarışmalardır. Bu projelerin kapasiteleri en fazla ilan edilen bağlantı kapasitesi kadardır.
- **Ön Lisans aşaması;** Yarışmayı kazanan şirket Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK)'nun belirlemiş olduğu süre zarfı içerisinde yönetmeliklerde belirtilen hususları gerçekleştirmesinin zorunlu olduğu aşamadır.
- **Lisans aşaması;** Ön Lisans sürecini bitiren şirketler EPDK tarafından sağlanan rüzgâr enerji santralini kurmak için üretim lisansı alırlar. Şirketler, lisansı aldıkları tarihten itibaren EPDK tarafından belirlenmiş olan süre içerisinde rüzgâr enerji santralini tamamlamak zorunda oldukları kısımdır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca rüzgâr enerjisi kurulu gücü için belirlenen hedef 2023 yılı için 20GW'tır[11]. Bu hedefi gerçekleştirmek için yıllık en az toplam 1,5 GW santral kurulumu gerçekleştirmek gerekmektedir. Son olarak 25-29 Aralık 2017 tarihinde gerçekleştirilmiş olan il bazlı bağlantı kapasitesi tahsis edilen 3 GW ihale ile ülkemizde kurulu güç yaklaşık 9 GW'a çıkacaktır. Diğer ihale türü ise Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) ihaleleridir. YEKA RES-1 ihalesi, Bilecik - Kütahya - Eskişehir, Kayseri - Niğde, Edirne - Kırklareli - Tekirdağ, Sivas ve Ankara - Çankırı - Kırıkkale, bölgelerinde uygulanmak üzere, 1GW kapasite için gerçekleştirilmiştir [12]. Benzer şekilde, YEKA RES-2 başvuruları 2019 yılı içerisinde gerçekleştirilmiştir. İhale için toplam 9 şirket başvuru yapmıştır ve bu kapsamda Balıkesir, Çanakkale, Aydın ve Muğla bölgeleri için 250'şer MW olmak üzere toplam 1GW yatırım gerçekleştirilecektir [13]. YEKA ihaleleri ile Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü arttırılarak enerji bağımlılığı azaltılmak istenmektedir. 29 Ağustos 2019 tarihi itibari ile Türkiye'de izlenebilen rüzgâr enerjisi santralleri kurulu gücü 6791.9 MW'dır[14].

Türkiye'de kurulu kapasitenin bölgelere göre dağılımı Şekil 1.2 'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi İç Anadolu Bölgesi rüzgâr enerjisi bakımından yüksek potansiyele sahip olmasına[10] rağmen kurulu güç bakımından 4. sırada yer almaktadır. Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi'nde kullanılmamış potansiyel rüzgâr enerjisi alanları

belirlenmiştir. İncelenen vakalar ile de rüzgâr enerjisi açısından kullanılabilir alanların artırılması ve bu alanların belirlenmesi ile, YEKA ihalelerinde idare tarafından bölge seçimi yapılırken yardımcı kaynak oluşturulmasını hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasının başka bir amacı da yukarıda bahsedilen il bazlı ihale türleri gerçekleştirilirken, kapasite tahsisinin belirlenmesine yardımcı olmaktır. Elektriksel kapasite belirlendikten sonra hem idare için hem de yatırımcı için uygun rüzgâr kaynağına sahip alanların belirlenmesine yardımcı olmak hedeflenmiştir.



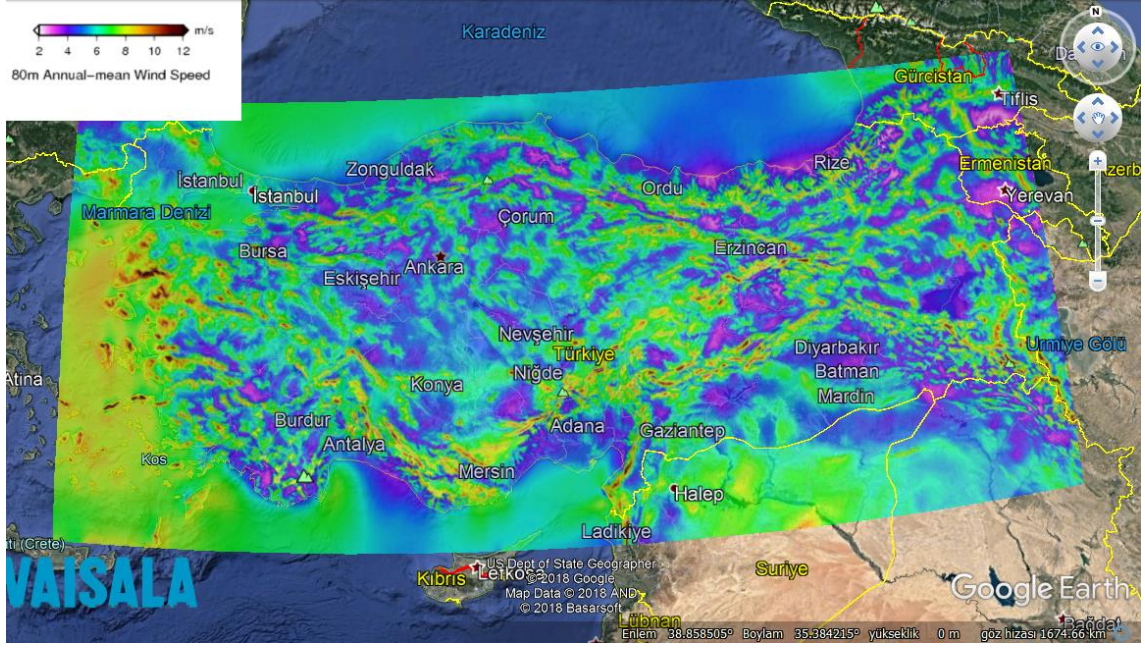
Şekil 1.2. Bölgeler Bazlı Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü [15]

Özellikle İç Anadolu Bölgesinde rüzgâr enerjisi kullanarak elektrik üretmek isteyenlerin yararlanabileceği bir kaynak olması hedeflenerek hazırlanan bu tez çalışmasının, ihalelere katılacak firmalar için ve ihale kapasiteleri ile birlikte ihale bölgelerini belirleyen kurumlar için yardımcı bir kaynak olması beklenmektedir.

Rüzgâr kaynağı değerlendirme ve rüzgâr enerji santalleri yatırımı potansiyelini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Literatürde rüzgâr kaynağı araştırma yöntemi olarak genelde 10m ile 30m arası değişen yüksekliklerde ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin ardından sahaların muhtemel kapasite faktörleri ve kurulabilir kurulu güçleri hesaplanmıştır[16]. Ancak İzmit'te yapılan araştırmada 77 ve

83 metre yüksekliklerinde yapılan ölçümler ve Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) kullanılarak %34 kapasite faktörüne sahip 50MW kurulu güç ile santral tasarlanmıştır[17]. Ek olarak yapılan çalışmalar arasında Ege Denizi'nin açık-deniz (off-shore) rüzgâr yatırımları için yapılan ekonomik çalışma içerisinde WindPro yazılımı kullanılmıştır. Bu tez çalışmasına benzer olarak uzun süreli veriler olarak The Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications (MERRA) verileride analizin bir parçası olmuştur. 94 metre hub yükseliğine sahip türbin için %47.3 gibi yüksek kapasite faktörü hesaplanmıştır[18]. Başka bir kaynakta rüzgâr analiz programı olarak CALLaLOG 98 and ALWIN yazılımları kullanılmıştır. Yapılan çalışma Kütahya bölgesinde yer alan saha için %40 kapasite faktörü hesaplanmıştır[19]. Çalışmalarda, veri temini ve değerlendirmesi kapsamında genel olarak MERRA verileri ve Windographer yazılımının kullanıldığı görülmüştür. Enerji analizi kısmında ise uygulama çeşitliliği görülmektedir, WindPro, CALLaLOG 98 ve ALWIN yazılımları kullanılmıştır. Bu çalışmada, Vaisala OYJ. Firması tarafından sağlanan harita ile ön değerlendirme yapıp, Windographer deneme sürümünden indirilen MERRA verileri ile meteorolojik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizin gerçekleştirilmesinin sebebi harita üzerinde tespit edilen sahaların rüzgâr potansiyeline sahip olup olmadığını desteklemek ve analiz için veri elde etmektir. Ardından WindFarmer programı ile sahaların enerji analizi yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında, 1arc-minute ve 80 metre yükseklik için hazırlanmış farklı bir kaynak olan ve Şekil 1.3'de verilen, Vaisala Oyj. Firması'nın sağlamış olduğu harita kullanılarak, İç Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde rüzgâr enerjisi açısından yüksek kapasiteli alanlar belirlenmiştir. 1 arc-minute düzlem harita üzerinde 2km aralıklar ayrılmasını ifade eden yatay mesafe birimidir. Tez çalışmasında kullanılan harita üzerinde 2km aralıklar ile belirtilen noktalarda rüzgâr hızı bilgisi bulunmaktadır. Bu haritanın kullanılabilmesi için Vaisala Oyj Firması'ndan elektronik ortamda izin alınmıştır ve harita Google Earth programının içeriği olan KMZ uzantılı dosya biçiminde temin edilmiştir. Elektronik ortamda alınan izin EK1'de sunulmuştur. Sağlanan harita üzerine 2km aralıklarla noktasal rüzgâr hızı belirtilmektedir. Tez çalışmasında türbin sayısı belirlenirken bu noktalarda belirtilen hızlar dikkate alınarak yerleştirilebilecek maksimum türbin sayısı belirlenmiştir.



Şekil 1.3. Vaisala OYJ. Firması Tarafından Oluşturulan Türkiye Rüzgâr Hızı Haritası

İnceleme yapılırken yasal yükümlülükler ve teknik gereklilikler bir arada incelenip çoklu kriter yöntemi (multi-criteria method) [20] kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme yapılırken,

1. Rüzgâr hızı,
2. Trafo merkezine uzaklık,
3. Devlet Meteoroloji İşlerine ait meteorolojik radarlara olan uzaklık,
4. Sahanın yükseklik bilgisi,
5. Arazinin eğimi,
6. Havalimanlarına mesafe bilgisi,
7. VOR, DME, NDB cihazlarına mesafe bilgisi,
8. Korunan ve Yasaklı Alan İncelemesi

kriterleri dikkate alınmıştır [21]. Bu değerlendirme parametrelerinden Devlet Meteoroloji İşlerine ait meteorolojik radarlara olan mesafeler, havalimanlarına olan mesafe bilgisi, VOR, DME, NDB cihazlarına olan mesafe bilgileri mevzuatlarda da belirtilmiştir.

Teknik açıdan değerlendirme yapılırken başka ülkelerde yapılmış bazı özel çalışmalar incelenmiştir [22-24]. Bu işlemin amacı yükseklik ve sıcaklık değerlerinin uygulanabilirliğini sorgulamak ve uygulamaktır. Gerçekleştirilmiş olan tez çalışmasında Türkiye sınırları içerisinde uygulanabilir iklim şartlarını ve uygulanabilir rakımı belirlemek amacıyla, literatürdeki özel iki çalışma [22-23] ve buzlanma simülasyonu [24] incelenmiştir. İncelemeler ışığında, rüzgâr türbinlerinin kanatları ve proje geliştirme aşamasında yapılan ölçümlerde kullanılan sensörler  $-8^{\circ}\text{C}$  ve altındaki sıcaklıklarda buzlanma eğilimi göstermektedir. Literatürden alınan çalışmalarda [22-23] bu olumsuzlukların önüne geçmek için ölçümleri gerçekleştirmek adına ısıtılmalı ölçüm sistemleri kullanılmıştır. Ayrıca kanatların buzlanmasını engellemek adına ise kanatlara kimsayasal dökme işlemi gerçekleştirilerek çözünme sıcaklığı düşürülmektedir. Yani  $-40^{\circ}\text{C}$  gibi ülkemizde görülmeyen sıcaklık değerlerinde bile rüzgâr türbini çalıştırılabilmektedir. Bu çalışmalar ve incelenme gerekçeleri aşağıda özetlenmiştir:

1. Puhuri şirketi Finlandiya'nın kuzeyinde zorlu hava koşullarında rüzgâr enerjisi kaynak araştırması yapmış ve rüzgâr enerji santrali inşa etmiştir. Finlandiya Oulu Bölgesi yakınlarında olan bu rüzgâr çiftliğinde; kış aylarında  $-40$  dereceye varan soğuk iklim koşulları oluşmaktadır. Projenin geliştirme aşamasında sahasını rüzgâr profilinin belirlenmesi için 120 metre uzunluğunda rüzgâr ölçüm direği ve Triton Sonic Detection and Ranging (SODAR) WindProfiler (Şekil 1.4) ölçüm sistemi kullanılmıştır. Söz konusu rüzgâr enerji santrali 137 metre hub yüksekliğine sahip 4 adet türbinden oluşmaktadır. Santralin kurulu gücü 13,200 kW'dir [22]. Ülkemizde rüzgâr enerji santrallerinin proje geliştirme aşamasında meteorolojik ölçümler gerçekleştirilirken soğuk hava koşullarında anemometreler ve rüzgâr yön sensörleri donabilmektedir. Donmadan kaynaklı veri kayıpları enerji analizini gerçekleştirirken belirsizliklere yol açmaktadır. Özellikle kış aylarının enerji üretim hesabında eksiklik yaratabilmektedir. Ek olarak EK2'de belirtilen Rüzgâr, Güneş ölçüm tebliğine göre ön lisans başvurusunun yapılabilmesi için 1 yıllık ölçüm periyodunda toplam kayıp %20'yi geçmemesi gerekmektedir. Cihazlarda oluşabilecek arızalarda göz önüne alındığında kış aylarında oluşabilecek veri kayıpları büyük önem taşımaktadır. Hem analiz yaparken kayıp verileri tamamlamak adına hem de tebliğdeki zorunlulukları yerine getirmek adına uzaktan ölçüm cihazları ile zorlu kış

şartlarında ölçüm yapılabilmektedir. Bu tür cihazlar yukarıya doğru ses ve ya ışık dalgaları göndererek onların geri dönüşleri ile ölçüm yapabilmektedir. Ayrıca ısıtma sistemleri ile -40 dereceye kadar ölçüm yapabilmektedirler. Şekil 1.4’de gösterilen sodar cihazının içerisinde ses dalgaları üreten bir anakart bulunmaktadır. Üretilen ses dalgaları cihazın içerisinde bulunan yansıtıcı ayna mekanizması ise ses dalgaları üç farklı doğrultuda yukarı gönderilmektedir. Ses dalgalarının geri dönmesi sonucu cihaz içerisinde olan algoritmalar ile rüzgâr hızı ve yönü hesaplanmaktadır. Soğuk havalarda ayna sisteminin ısıtıcısı sayesinde buz ve kar yükü çözünerek cihazdan otomatik olarak tahliye edilmektedir. Bu sistemde soğuk iklim koşullarında ölçüm olanağı sunmaktadır.



Şekil 1.4. Soğuk İklimlerde Ölçüm Bilgisi Sağlayan Triton/SodarWind Profiler[23]

2. 2008 yılının başında, DeWind şirketi 4300 metre gibi rekor bir değer ile Arjantin San Juan Bölgesi And Dağları’nda rüzgâr türbini (Şekil 1.5) kurmuştur. And Dağları, Arjantin Şile sınırlarını oluşturmaktadır. Bu dağlar altın madeni açısından oldukça zengin olduğu için 2005 yılında bu bölgede altın üretimi başlamış ve madenin elektrik ihtiyaçlarının bir kısmını karşılamak amaçlı bu türbin kurulmuştur [23]. Değerlendirme yapılırken bu yükseklik ve rüzgâr değerinin yanı sıra diğer meteorolojik değerlerde önem arz etmektedir. Bu bölge için basınç değeri 600 mbar ve hava yoğunluğu  $0.797 \text{ kg/m}^3$  değerindedir. Bu zorluklara rağmen 80 metre çaplı ve 56m hub yüksekliğine sahip rüzgâr türbini inşa edilmiş ve elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Kurulan türbin günümüzde



elektrik üretimine devam etmektedir[23]. Bu çalışmanın incelenmesinin amacı zorlu kış şartlarında kanat buzlanmasından kaynaklı kayıp gerçekleşmesine rağmen rüzgâr enerjisi kaynaklarının zorlu kış şartlarında kullanımının ekonomik olduğunu göstermektir. Bu çalışmanın incelenmesinin amacı, REPA – Alansal Rüzgâr Kaynak Bilgisi Talep Eden Kişiler için oluşturulan bilgilendirme içerisinde belirtilen rüzgâr enerjisi kullanılamaz alanlar içerisinde 1500 metre’den yüksek alanlar belirtilmiştir. Bu tez kapsamında 1500 metreden yüksek rakımlarda da veri elde edilebileceği gösterilmek istenmiştir. Teknik açıdan inceleme gerçekleştirilirken 1500 metre üzeri alanlar kullanılabilir kabul edilmiştir.



Şekil 1.5. DeWind Şirketi Tarafından İnşa Edilen Yüksek Rakımlı Bölgede Kurulan Rüzgâr Türbini Görünümü[23]

3. Buzlanma etkisinin incelendiği modelleme çalışmasına göre [24].  $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-12^{\circ}\text{C}$ ,  $-16^{\circ}\text{C}$  ve  $-20^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklarda türbin kanatları buzlanabilmektedir. Bu durum kanatlarda ağırlık oluşturduğu için enerji üretimini etkilemektedir. Bu duruma çözüm getirmek adına; son yıllarda geliştirilen teknolojiler ışığında TCE Şirketi'nin paylaştığı bilgiler göre buzlanma sebebi ile santrallerde yıllık %20'ye varan enerji kayıpları olabilmektedir. Yapılan çalışmada bu kayıpları önlemek adına bu önleme sistemleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu sistemler, kanatlarda sifobik kaplama ve elektro – termal sistemler ile sıcak hava iletimi gibidir[25]. Bu çalışmaların incelenme amacı yüksek rakımlarda kurulan rüzgâr türbinlerinin kanat donlarına karşı alınan önemleri belirtmektir.

Çalışmalar incelenerek yapılan değerlendirmelerin tamamlanması ile birlikte potansiyel rüzgâr enerjisi sahaları ortaya çıkarılmıştır. 61 tane saha incelenmiştir ve 7 saha kriterlere uygun bulunmuştur. 7 içerisinde en yüksek rüzgâr hızına sahip 5 saha WindFarmer Programı ile analiz edilmiştir.

## 2. KURAMSAL KESİM

Bu kesimde, rüzgâr enerjisi ile ilgili temel kavramlar, rüzgâr enerji santrallerinin kurulum aşamaları, durum değerlendirme süreçleri ve durum değerlendirilmesinde kullanılan yazılımlar açıklanmıştır.

### 2.1. Temel Kavramlar

Tez çalışması kapsamında kullanılan rüzgâr enerjisi ile ilgili temel kavramlar izleyen bölümde, terimler sözlüğü düzeninde, kısaca açıklanmıştır:

**Rüzgâr Frekans Gülü:** Rüzgâr ölçümlerinden elde edilen verilerin esme yönlerinin ve sıklıklarının 360<sup>0</sup> çember üzerinde dağılımını gösteren grafikdir. Rüzgâr frekans güllerinde dağılıma hız bilgiside eklenebilmektedir[26].

**Güç Faktörü (Betz Çarpanı):** Rüzgâr türbinleri tasarım ve işletme olarak temel bir ilkeye dayanır. Rüzgâr akımından gelen kütlenin ve enerjinin korunması prensibine dayanılarak oluşturulan ve bir türbin için maksimum verimi gösteren “Betz Çarpanı” (Cp) için teorik değeri 0,59 iken, pratikte limit değeri 0,5’dir. 0,3’ün üstündeki değerler ekonomik olarak nitelendirilir[27].

Bir rüzgar türbininin için güç

$$P = \frac{1}{2} \cdot d \cdot V^3 \cdot C_p \cdot A \quad (2.1)$$

eşitliği ile verilir. Burada;

d; Hava Yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

V; Rüzgâr Hızı (m/s)

Cp ; Güç Faktörü

A; Türbinin Tarama Alanı (m<sup>2</sup>)

olarak ifade edilir.

**Yıllık enerji üretimi:** Bir santralin bir yıl boyunca ürettiği enerjidir ve kWsaat/yıl, MWsaat/yıl, GWsaat/yıl, olarak belirtilebilmektedir. Zamansal olarak rüzgâr hızı ve güç eğrisi çarpılarak tüm hızlar için toplanarak elde edilen [28]. Yıllık enerji üretimi;

$$E = t \int_{v_i}^{V_0} P(v) f(v) dv \quad (2.2)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada;

t ; yıllık saat miktarı  $\rightarrow 24*365 \rightarrow 8760$

f(v) ; rüzgâr hız dağılımı

P(v) ; güç eğrisi fonksiyonu

$v_i$  ; minimum rüzgâr hızı (m/s)

$v_o$  ; maksimum rüzgâr hızı (m/s) dir.

**Kapasite faktörü:** Rüzgâr türbinlerinin rüzgârdan elde edilen enerjiyi mekanizması aracılığı ile enerjiye dönüştürme oranına denir. Üretilen gerçek enerji miktarı ile teorik olarak belirlenen güç miktarının yıllık olarak oranlanması hesaplanır [29]. Kapasite faktörü;

$$\text{Kapasite Faktörü} = \frac{\text{Yıllık Enerji Üretimi (MWsaat)}}{\text{Nominal Güç.(MW)*24*365}} \quad (2.3)$$

eşitliği ile hesaplanır[30].

**Türbin güç eğrisi:** Rüzgâr türbin güç eğrisi, elektrik gücü çıkışının farklı hızlarda hangi değerlerde olacağını belirten grafik veya değerlerdir. Bu bilgi, rüzgâr kaynağı frekans dağılımı kullanılarak türbinlerin toplam enerji üretimi hesaplanır [30].

**Türbin yönetimi:** Kontrol ünitesinin yönetimi demektir. Rüzgâr türbinleri belirli donanımlara sahiptir. Bu donanımlar mekanik, hidrolik ve elektronik kontrol sistemleri aracılığıyla yönetilir [31].

**Belirsizlik:** Rüzgâr enerji santrallerinin enerji üretim hesaplarında her zaman bir belirsizlik faktörü mevcuttur. Belirsizlik faktörleri;

**Ölçüm Belirsizliği** sahada yapılan fiziksel ölçüme bağlı olarak anemometre bazlı hesaplanan belirsizliktir. Bu değer anemometrenin markası, bulunduğu yüksekliği, kalibrasyon türü ve tarihi gibi özelliklere bağlıdır. Referans ölçüm noktası ile mevcut

ölçüm noktası arasında korelasyon (benzetme) yapılmaktadır. İki farklı veri noktası korele edilerek eşleştirme yapılmaktadır. Oluşan fark ise belirsizlik oluşturmaktadır. Korelasyon faktörü; referans nokta ile ölçüm noktası arasında yapılan korelasyon işleminde açıklanabilen varyasyonların açıklanamayan varyasyonlara oranıdır. Rüzgâr hızı grafiğinde tüm noktalar iki nokta için eşleşiyor ise varyasyon katsayısı 1 olur[32]. Ölçüm belirsizliğine dair hesaplamalarda kullanılan korelasyon katsayıları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ölçüm Belirsizliğine Dair Korelasyon Katsayıları[32]

Korelasyon Katsayısı, r	Rüzgâr hızı Korelasyon belirsizliği
>0.9	<1%
0.9 – 0.8	1-2%
0.7 – 0.6	3-5%

Anemometre belirsizliğinin bir parçası da akış belirsizliğidir. Anemometrenin göbeğinde oluşmuş olan eğim rüzgâr akışının doğru bir şekilde ölçülmesinin önüne geçer ve belirsizlik oluşturur. Ek olarak meteorolojik ölçüm istasyonu üzerinde konumlandırılan anemometrenin yatay kol uzunluğu ve türü de belirsizlik oluşturabilir[32].

**Topografya Modeli Belirsizliği**, bu belirsizlik türü sahanın kompleksliği, pürüzlülüğü, doğal veya yapay engelleri ve türbinlerinin birbiri olan mesafeleri içeren belirsizlik türüdür[32].

**Rüzgâr Çıkması Modeli (Wake Model) Belirsizliği** bu belirsizlik modeli türbinlerin kuyruklarının oluşturduğu türbülansın diğer türbünün üretimini etkilediği belirsizlik türüdür[32].

**Dikey Ekstrapolasyon Belirsizliği**, frekans dağılımının türbinlerin topografik konumuna göre yapılan hesap içerisinde yer alan rüzgâr kesmesi belirsizliğidir. Belirsizlik hesapları yapılırken Rüzgâr Çıkması Modeli belirsizliğine dahil edilmediyse ayrı bir kalem olarak hesaplanmalıdır[32].

**Yatay Ekstrapolation Belirsizliği**, topografik belirsizliğinin alternatifi olarak adlandırılır. Bu belirsizlik türü türbin noktasında yapılan yatay rüzgâr hesabı belirsizliğidir. Yani ölçüm noktasında türbin noktalarına yapılan yatay rüzgâr rejimi hesabında olan belirsizliklerdir[32].

**Güç Eğrisi Belirsizliği**, enerji tahmininde kullanılan türbinin güç eğrisi belirsizliğidir. Güç eğrisi daha önce tecrübe edilmiş veya ölçülmüş türbinlere göre belirlenir veya aynı tip farklı türbin değerlerinden benzetilerek hesaplanır[32].

**Diğer Belirsizlik Türleri** ise belirtilen belirsizlik türlerine ilave olarak, rüzgâr yön ölçer sensörünün kurulumu esnasında yapılan yanlış ayarlama rüzgâr gülü belirsizliğine yol açmaktadır. Bir diğer faktör ise uzun dönem verileri ile yapılan ekstrapolasyon belirsizlik doğurmaktadır[32].

**Rüzgâr Hızı Değişkenliği Belirsizliği** belirli bir sahanın tarihsel rüzgâr rejimi incelendiği zaman her yıl aynı rejime sahip olmadığı bilinmektedir. Yapılan fiziksel ölçümün gelecek için oluşturabileceği değişkenliğin oluşturduğu belirsizlik türü de hesaplanabilmektedir. Bu hesap;

$$U_{NWSV}(\%) = U_{AWSV}(\%) / N^{1/2} \quad (2.4)$$

şeklinde yapılır [32]. Bu eşitlikte;

$U_{NWSV}(\%)$  ; Rüzgâr hızı değişkenliği N\*yıl için

$U_{AWSV}(\%)$ ; Yıllık rüzgâr hızı değişkenliği belirsizliği (Tavsiye Edilen Değer %6'dır)

N ;Yıl sayısıdır.

Bu bilgiler ışığında **toplam belirsizlik oranı** hesaplanır. Bu oranların değerlendirilmesi yapılırken, santralin amortisman süresi 10 yıl, santralin ömrü 20 yıl kabul edilerek, 1 yıllık, 10 yıllık ve 20 yıllık belirsizlikler olarak incelenir. 10 yıllık ve 20 yıllık belirsizliklerin anlamı, 10 yıllık ve 20 yıllık geleceğe dair rüzgâr hızındaki değişim üzerinden oluşturulan belirsizlik ile yıllık tahmini enerji üretimidir. Analizi gerçekleştirilen 5 saha için bu değerler 4. Bölüm'de belirtilmiştir. Rüzgâr enerji santrallerin belirsizlik değerleri türbin ve ölçüm çeşitlerine göre %8 - %11 arası çıkabilmektedir[33].

Toplam belirsizlik hesaplanırken;

$$U_{TOT}(\%) = [\sum U_{HP}^2 + U_{FP}^2]^{1/2} \quad (2.5)$$

eşitliği kullanılır[32]. Bu eşitlikte;

$U_{TOT}$  ; Toplam Belirsizlik

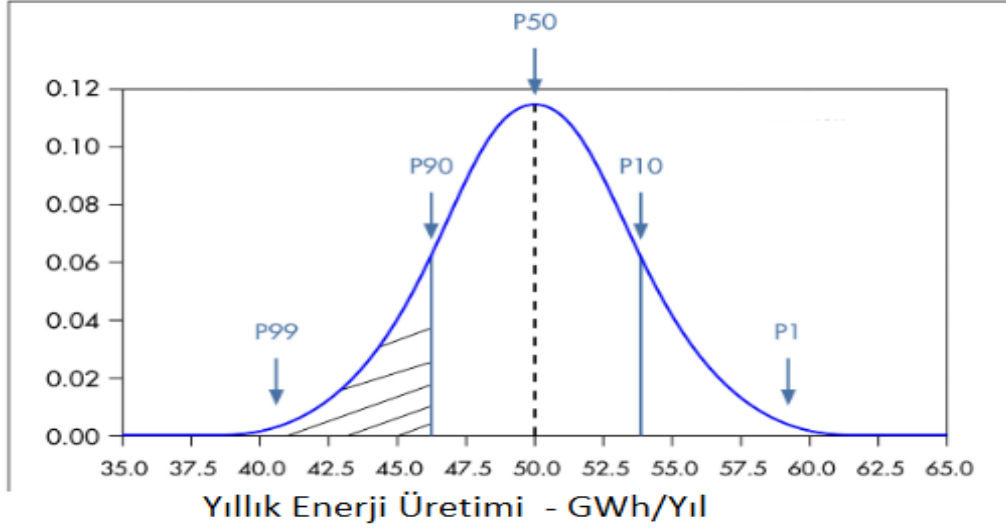
$U_{HP}$  ; Tarihsel Dönem Belirsizliği (ölçüm, modelleme ve rüzgâr çeşitliliği ölçüm periyodunun üzerinde referans değer için)

$U_{FP}$  ; Gelecek Periyot Belirsizliği (rüzgâr santrali işletmeye girdikten ileriye yönelik yapılan tahmin belirsizliği) dir.

Belirsizlik değerleri ışığında hesaplanan enerji üretimi ile birlikte Gaussian Dağılımı kullanılarak santralin olasılık dağılımı hesaplanır[32]. Bunun anlamı santralin geleceğe yönelik üretim değerleri olasılıksal olarak ifade edilir. Yani Şekil 2.1’de ki gibi **P** olasılık değerleri ortaya çıkar.

Ülkemizde Rüzgâr Enerji sektöründe, enerji santrallerinin değerlendirilmesi yapılırken değerlendirilen birincil etken kapasite faktörüdür. Kapasite faktörü %30 ve üzeri olan rüzgâr enerji santralleri ekonomik kabul edilmektedir. Bu tez çalışmasında yapılan değerlendirmeler de bu yönde gerçekleştirilmiştir. Bir başka değerlendirme yöntemi ise olasılıksal açıdan yapılan değerlendirmedir. Rüzgâr enerji santrallerini riskini belirlemek adına belirli olasılıklarda üreteceği enerji hesaplanır. Buna “Probability” denilmektedir. Bu kapsamda tahmini yıllık enerji üretimi P50 olarak ifade edilir. Ek olarak enerji analizinde **P50, P75, P80, P90** değerleri olasılık dağılımı olarak adlandırılan ekonomik değerlendirme yöntemidir. Diğer bir deyişle, kurulması planan santral için belirli üretim değerlerinin %50, %75, %80 ve %90 oranında gerçekleşme olasılığıdır. Rüzgâr enerji santrali projesi gerçekleştirilirken finansal analizler sonucu yatırım maliyeti öz sermaye ve kredi şeklinde paylaştırılarak uygun olarak oranlanır. Bankalar da değerlendirmeyi yaparken raporlarda **P50** ve **P90** değerlerini dikkate almaktadır. Bu değerler bankaların kredi tutarını ve kredi sonucunu etkilemektedir. P90/P50 oranı 0,7’den büyük çıkarsa ekonomik yatırım olarak değerlendirilir. Şekil 2.1’de P olasılık değerlerinin üretime bağlı dağılımı verilmiştir. Dikey eksen olasılık oranı, yatay eksen ise üretim değeridir[34].

P olasılık değerleri hesaplanırken ana etken belirsizlik faktörüdür. Yıllık enerji üretimi %50,%75,%90 ve %99 gibi değerlerin birbirine olan oranları belirsizlik ile çarpılarak o olasılığın enerji üretim değeri bulunur.



Şekil 2.1. Enerji Üretimi Olasılık Dağılımı[35]

## 2.2. Rüzgâr Santrali Kurulum Süreci

Bu kısımda rüzgâr santrallerinin teknik ve mezuat açısından incelenmesi gözönüne alınarak, rüzgâr enerji santrallerinin yatırım kararından inşaat aşamasına kadar geçen süreçte neler yapılması gerektiği anlatılmıştır. Rüzgâr enerji santrali yatırım aşamasında dikkate alınması zorunlu olan ve EK2’de verilen kanun, yönetmelik ve tebliğler doğrultusunda hareket etmek gerekmektedir [36].

Rüzgâr enerji santrali yatırımına karar verdikten sonra belirli teknik incelemeler ve etütlerin yapılması gerekmektedir. Yatırım kararından sonra ön finans çalışmaları yapılır. Ardından uygun saha bulmak için etüt çalışmaları yapılmalıdır. Saha seçimi esnasından en önemli nokta rüzgâr potansiyeli belirlemektir. Sahanın rüzgâr potansiyeline sahip olup olmadığını araştırırken yararlanabilecek teknik kaynaklar;



- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM)'in yayınlamış olduğu REPA veya özel şirketler tarafından sağlanmış olan rüzgâr enerjisi hızı atlasları,
- Devlet Meteoroloji İşleri tarafından otomatik istasyonlar aracılığı ile elde edilmiş olan meteorolojik veriler (Bu veriler genel olarak 10 metre yükseklikle ölçüldüğü için tek başına fikir oluşturması zordur),
- Yakın bölgede yapılmış rüzgâr enerji santrali kurulum amacı ile kurulmuş olan rüzgâr ölçüm istasyonlarıdır.

Rüzgâr kaynağı belirleme çalışmaları gerçekleştirilirken kullanılacak algılayıcılar, belirli kalite ve standartlara uygun olmalıdır. Bu standartlar EK2'de verilen tebliğde belirtilmiştir. Santral kurulması planlanan araziler için belirli başlı yönetmelik ve kanunlar mevcuttur. Yatırım planlaması yapılan araziler bu kurallar çerçevesinde değerlendirilmelidir.

### 2.2.1. Rüzgâr Enerji Santralleri İçin Tasarımından İşletmeye Durum Değerlendirme (Due Diligence) Süreci

Rüzgâr enerjisi yatırımları yatırım ve işletme aşamasında proje sahibi için riskler taşımaktadır. Bu riskler proje finansörleri içinde geçerlidir. Dolayısıyla projelerin risk analizi hem yatırımcı için hem de finansör için büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda; *durum değerlendirme sürecinde*, lisans aşaması proje süreçleri, planlanan santralin üretim değerleri, ekonomik etkenler, taahhüt sözleşmeleri gibi pek çok etken detaylı bir şekilde analiz edilir[37];

- **Saha Verilerinin Elde Edilmesi:** Enerji analizi ölçüm direğinin konumuna göre yapılır. Bunun yanında ölçüm direğinin; yüksekliği, algılayıcıların türü ve yüksekliği, algılayıcıların düzenleri ve ölçüm istasyonunun kurulum raporu önemli noktalardır. Rüzgâr ölçüm istasyonunun sahadaki konumuna göre sahanın rüzgâr hızı değerlendirmesi gerçekleştirilir. Rüzgâr enerjisi modelleme programları ile sahanın türbin sayısı ve enerji kapasitesi belirlenir. Enerji analizi gerçekleştirilirken ölçüm istasyonunun sahayı temsil etmesi gerekmektedir. Bunun yetersiz olduğu durumlarda sahaya yeni ölçüm istasyonları veya uzaktan ölçüm sistemleri kurulur. Ülkemizde kullanılan ölçüm istasyonlarının yükseklikleri genel olarak 60, 80 ve 100 metredir. Ayrıca uzaktan ölçüm

sistemleri ile 200 metre yükseliğe kadar ölçüm yapabilmektedir. Bu bilgiler ışığında türbin noktaları ve enerji üretim tahmini gerçekleştirilir. Fizibilite çalışması yapılarak ekonomik değerlendirme yapılır. Bu ölçümlerin minimum 1 yıl gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

- **Rüzgâr Türbini Sınıflandırması;** Rüzgâr koşulları, bölgenin hangi rüzgâr türbin sınıfı için uygun olduğunu belirlediğinden, türbin sınıflandırması rüzgâr enerjisi santrallerinin planlaması sırasında göz önüne alınması gereken önemli bir konudur. International Electrotechnical Commission (IEC) tarafından belirlenen, rüzgâr türbinleri için yüksek, orta ve düşük rüzgârlara karşılık gelen üç adet rüzgâr sınıfı bulunmaktadır. Çizelge 2.2’de türbin sınıflandırması standartlara göre belirtilmiştir. Rüzgâr sınıfı belirlenirken yıllık ortalama rüzgâr değeri, maksimum rüzgâr hızı ve 50 yıllık maksimum rüzgâr hızı (Türbülans Sınıfı) bilgileri ile belirlenir.

Çizelge 2.2. IEC Standartlarına Göre Türbin Sınıfları[38]

<b>Türbin Sınıfı</b>	<b>IEC 1 Yüksek Rüzgâr</b>	<b>IEC 2 Orta Rüzgâr</b>	<b>IEC 3 Düşük Rüzgâr</b>	<b>IEC 4 Çok Düşük Rüzgâr</b>
<b>Ortalama Rüzgâr Hızı (Yıllık)</b>	10 m/s	8,5 m/s	7,5 m/s	6 m/s
<b>Rüzgâr Hızı Referans Değeri</b>	50 m/s	42.5 m/s	37.5 m/s	30 m/s
<b>50 yıllık Türbülans Sınıfı</b>	70m/s	59,5m/s	52,5m/s	42 m/s

- **Sahanın Enerji Potansiyelinin/Üretiminin Hesaplanması:** Kurulumu gerçekleştirilen meteorolojik ölçüm direklerinde bulunan sensörlerin kalibrasyonu, yatırıma olan güven ile doğru orantılıdır. Yani elde edilen verilerin sağlamlığı yatırıma olan güveni belirlemede kritik öneme sahiptir. Ölçülen veriler ile enerji üretim hesabı gerçekleştirilir ve yatırımın amortisman süresi hesaplanır. Rüzgâr ölçüm sonuçlarına göre projenin hayata geçirilme

kararı alındıktan sonra, kuralacak santralin fizibilite çalışmaları için gerekli ek ölçümler ve hesaplamalar yapılır. Fizibilite çalışmaları için saha etütleri gerçekleştirilir ve türbinlerin konuşlandırılması yapılır. Bu yolla maksimum enerji üretme hedefi ile amortisman süresi azaltılmak istenir. Konuşlandırma işlemleri genel olarak sektörde yaygın olarak kullanılan WAsP, WindPro, WindFarmer, WindSim ve Meteodyn gibi programlar ile gerçekleştirilir. Hangi programın kullanılacağına karar verirken proje lokasyonunun coğrafik şekilleri dikkate alınır. Proje sahası düzlüklerden oluşuyor ve rüzgâr açısından kararlı bir yapıya sahipse doğrusal (lineer) modelleme kullanan programlar terchi edilir. Computational Fluid Dynamics (CFD) modelleme yöntemi ile karmaşık – kompleks saha analizleri gerçekleştirilir. Analizler esnasında veriler ile ilgili yapılacak bir hata uzun vadede enerji üretimi ile ilgili hatalara yol açabilir. Bu da üretim değerlerinin değişmesine sebep olur. Dolayısıyla yatırımın geri dönüş süresi gibi ekonomik hususlarda yanlış hesaplara yol açar[39].

- **Bağlantı Kapasitesinin Belirlenmesi:** Rüzgâr enerji santrali modelleme çalışmalarına başlanırken incelenmesi gereken en önemli noktalardan bir tanesi de bağlantı kapasitesidir. Elektriksel bağlantı kapasitesi ile sahasının mekanik kapasitesi ile uyumlu olması gerekmektedir. Sahada bulunan trafo merkezileri ve elektrik iletim hatlarına izin verilen bağlantı kapasitesi kadar güç için modelleme yapılması gerekmektedir. Bu çerçevede iletim ve dağıtım hattı projeleri yapılır. Çevresel etki değerlendirme ve mülkiyet araştırması da bu aşamada yapılması gereken işlemlerdendir. Belirtilen izin ve gereklilikler EK2. rüzgâr enerji santrali yatırımı aşamasında uygulanması zorunlu kanun, yönetmelik ve tebliğler içeriğinde yer alan yönetmeliklerde açıkça belirtilmiştir.
- **İnşaat Analizlerinin Yapılması:** Bu işlemlerin ardından inşaat analizleri yapılması gerekmektedir. Türbin noktalarının sondaj planlaması, deprem analizi ve şalt projeleri yapılır. Öte yandan türbinlerin sahaya ulaşım planlaması yapılması gerekmektedir. Günümüzde rüzgâr türbinlerinin kanatları 50 metreyi bulmaktadır. Bu yüzden türbinlerin sahaya ulaşımı sırasında rota ve yolun genişliği kritik öneme sahiptir. Bu aşamada sahaya dair kullanım izinlerin

ve inşaat ruhsatlarının alınması proje içerisine dahil olması gereken hususlardandır.

- **Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Raporu:** Konu tez kapsamında incelenen sahalar 20'den fazla türbin sayısına sahip olduğu için ÇED raporunun alınması zorunludur. Bu kapsamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ÇED başvurusu gerçekleştirilir. Ardından Halk Katılım toplantısı gerçekleştirilir ve ÇED raporu hazırlanır. Hazırlanan rapor bakanlığa sunulur. Bakanlık bünyesinde yapılan değerlendirme sonucu nihai karar için kamuoyu görüşü alınır ve ÇED ile ilgili karar verilir. Santrallerin işletme ve inşaat aşamasında çevresel etkiler; peyzaj, deniz ve karasal alan üzerinde görsel etkiler, gürültü, biyoçeşitlilik, gölge etkisi ve su kalitesi değerlendirilir[40]. Arazi hazırlık ve inşaat aşamasında[40];

1. Toprak ve Jeoloji
2. Gürültü ve Titreşim
3. Hava Kirliliği
4. Halk Sağlığı Etkileri de Dahil Genel Sosyoekonomik Etkiler
5. Yüzey ve Yeraltı Suyu Etkileri
6. Atıklar
7. Bitkiler ve Hayvanlar, Eko Sistemler, Peyzaj ve Korunan Alanlar Üzerindeki Etkileri.

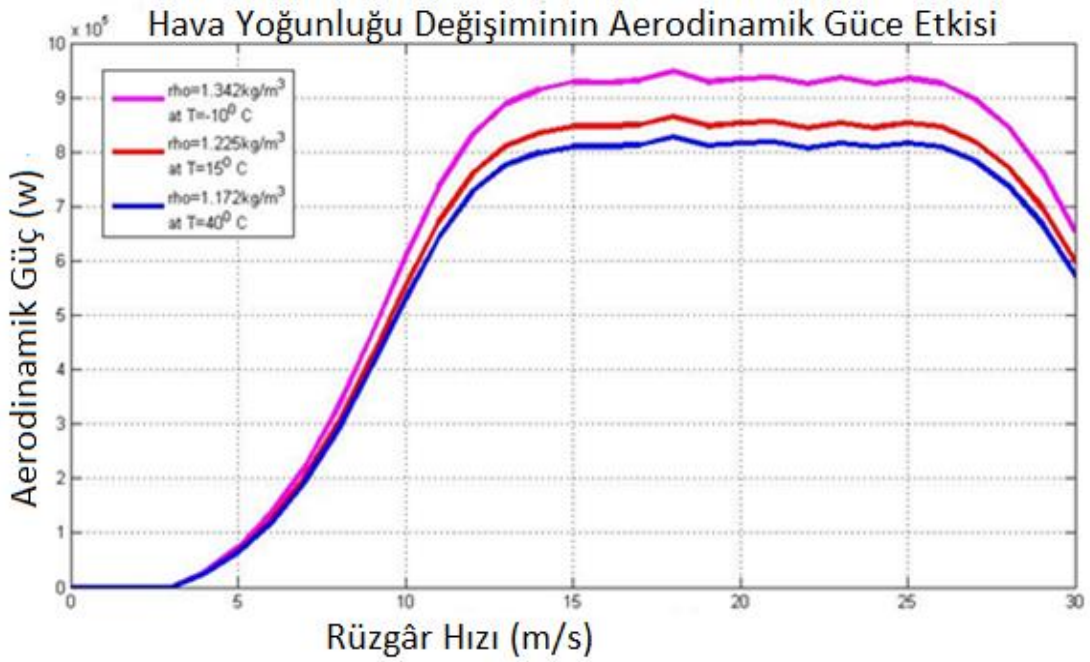
değerlendirilir.

Saha verilerinin elde edilmesi esnasında meteorolojik analizler esnasında 4 önemli nokta üzerinde durulmaktadır[40];

- **Rüzgâr Hızı;** Rüzgâr enerji santralleri için en önemli parametlerden biri sahanın sahip olduğu hızdır. WindgoGrapher'da indirilen verilerin hız ortalamaları incelenmiştir ve belirtilen kriterler ile karşılaştırılmıştır.
- **Rüzgâr Yönü;** Çalışılan sahaya türbin yerleşimi gerçekleştirilirken rüzgâr yönü dikkate alınmalıdır. Çünkü türbinlerin yerleştirildiği alanın hakim rüzgâr yönünde coğrafik engellemelerin olmaması gerekir. Ek olarak rüzgâr yönü dağılımı türbinlerin hareketli kafalara sahip olup olmasını belirleme aşamalarında da dikkate alınır.
- **Hava Yoğunluğu ve Sıcaklık;** bu bileşenler türbinin enerji üretimini doğrudan etkileyebilecek meteorolojik parametrelerdir. Yani santral işletilirken sıcaklık

düştüğü zaman türbin kanatlarının donması tehlike oluşturabilir. Yükseklerle çıkıldıkça da hava yoğunluğu düştüğü için rüzgâr türbininin enerji üretimi iyi analiz edilmelidir. Hava yoğunluğuna göre türbinin kanatlarına binen ağırlık değiştiğinden ve bundan kanatların dönüş hızını etkilendiğinden hava yoğunluğu türbinin elektrik üretimi açısından önemli bir faktördür.

Hava yoğunluğunun güç eğrisi üzerindeki etkisini inceleyen literatür çalışmasının sonucu [41], Şekil 2.2.'de, farklı rüzgâr hızı için, hava yoğunluğu değişiminin türbin gücüne etkisi olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Hava Yoğunluğu, Rüzgâr Hızı ve Aerodinamik Güç Etkisi İlişkisi [41]

Hava yoğunluğu ( $\rho$ ), basıncın gaz sabiti ve sıcaklığa bölünmesi ile hesaplanır[42]:

$$\rho = P/(R \cdot T) \quad (2.6)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada,

$\rho$ ,  $\text{kg/m}^3$  cinsinden hava yoğunluğunu

P, Hava basıncı

R, Gaz sabiti (kuru hava için) – 287.05 J/(Kg\*K)

T, Sıcaklık - Kelvin

olarak ifade edilir.

WindoGrapher programı her bir meteoroloji verisi için hava yoğunluğunu hesaplar ve ortalamasını alır. Ancak gaz sabiti kuru hava için ve yağışlı hava için nem oranına bağlı olarak değişmektedir. Hesaplamalarda dikkate alınması gereken noktalardan biridir.

### 3. METEDOLOJİ VE YÖNTEMLER

Bu bölümde tez çalışması gerçekleştirilirken kullanılan programlar, yapılan analizler ve aşamalar belirtilmiştir. Giriş Bölümü'nde belirtildiği gibi İç Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde kullanılmamış alanlar içerisinde optimum rüzgâr enerjisi kaynak alanlarının belirlenmesine yönelik teknik ve mevzuat açısından incelenme yapılmıştır. Teknik incelemede, rüzgâr hızı, bağlantı noktasına uzaklık, meteorolojik radar mesafe bilgisi, sahanın yükseklik bilgisi, eğim bilgisi, havalimanı ve cihazlarına olan mesafeleri [45,46] içeren incelemeler yapılırken, mevzuat inceleme kısmında mevcut yasalar, yönetmelikler, tebliğler ve kanunlar çerçevesinde değerlendirme yapılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda gözönüne alınacak kriterler oluşturulurken yine Giriş Bölümü'nde özetlenen literatür çalışmalarından, halihazırda kurulu rüzgâr enerji sanallerinden ve simülasyon çalışmalarından yararlanılmış ve Çizelge 3.1 oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1. İncelenen Sahalar İçin Oluşturulan Kriter Tablosu

<b>Teknik İnceleme Alanları</b>	<b>Kriter</b>	<b>Seçim Sebepleri</b>
Rüzgâr Hızı	>7.5m/s	Türkiye'nin coğrafik ve meteorolojik şartları incelendiğinde 50 metre yükseklik için 7,5m/s üzerinde hızlarda rüzgâr enerji santrali yatırımı yapılabilir olarak değerlendirilmiştir[6].
Trafo Merkezine Uzaklık	<5km	Literatür incelemesi sonucu rüzgâr hızı değişimine göre ekonomik görülen trafo merkezi uzaklığı[43].
Yükseklik	<4300m	Giriş bölümünde özetlenen 2 numaralı özel çalışmanın incelenmesi [23].
Havaalanı Mesafe	>15km	ICAO EUR Doc 015 Avrupa Rehberi,
VOR,DME ve NDB Uzaklık	>15km	ICAO EUR Doc 015 Avrupa Rehberi,
Meteorolojik Radar Mesafe	>10km	
Eğim	<%20	

Not: Google Earth Programı üzerinden profil çıkarılarak tespit edilen alanlarda eğim değerlendirilmesi yapılmıştır. Tespit edilen alanlar incelenerek yoğunlukta %20 eğim ve üzeri bölgelerin olduğu sahalar seçim kriterlerini karşılamadığı için Bölüm 4.1'de kırmızı ile işaretlenmiştir[45].

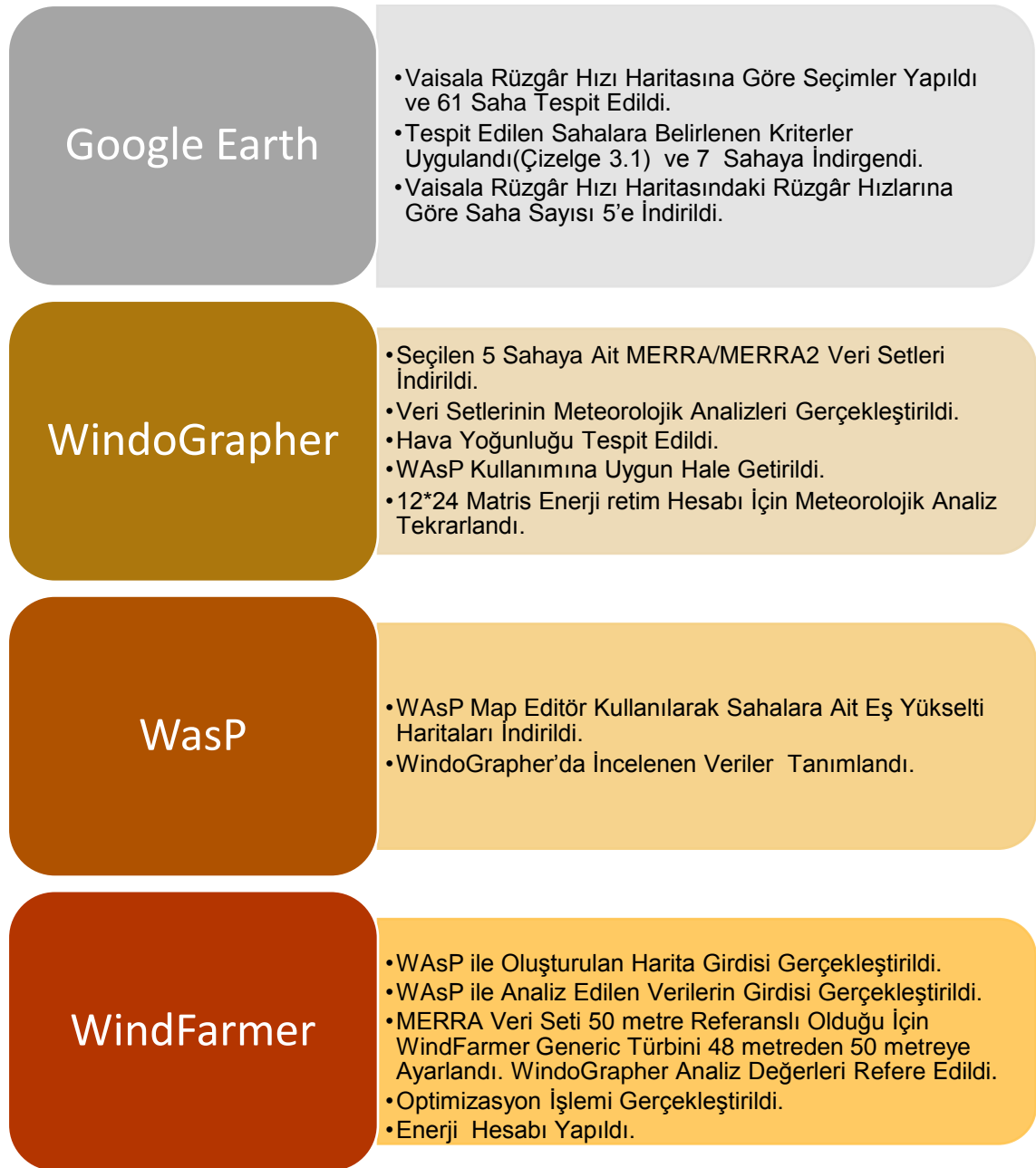


Meteorolojik radarlara minimum mesafe bilgisi, mevzuatlarda belirtilmiştir. Çalışma yapılırken mevzuatta belirtilen mecburi mesafe bilgileri çalışmanın içerisinde uygulanmıştır. Radarlar üzerlerinde bulunan antenler aracılığı ile etrafa manyetik dalga saçmaktadır. Doppler radarlarda ise bu durum çift eksenli olarak gerçekleşir. EK2’de belirtilen tebliğe göre rüzgâr türbinlerinin, rotorlar ve kanatları manyetik dalgalarda yansıtma yapmaması için minimum 5 km mesafe uzaklıkta olması gerekir. Ancak literatür incelemesi sonucu güvenli bölge sınırının 10 km olduğuna karar verilerek kriter 10 km olarak değerlendirilmiştir[46]. Benzer bir şekilde havaalanlarında bulunan yer kontrol radarları ve uçuş güvenliğini sağlamak adına ICAO EUR Döküman 015 Avrupa Rehberi’ne göre 15 km sınır getirilmiştir.

Mevzuat incelemeleri kapsamına giren korunan alanlar türlerine göre: Milli Park, Tabiat Koruma Alanı, Tabiat Parkı, Tabiat Anıtı, Yaban Hayatı Geliştirme Sahası, Muhafaza Ormanı, Doğal Sit Alanı, Özel Çevre Koruma Bölgesi, Ramsar Alanı, Biyosfer Rezervi, Dünya Miras Alanları olarak sınırlandırılmıştır. Şubat 2013 Tarihi ile ülkemizde, 1815 adet koruma alanı bulunmaktadır [47]. Tez çalışması kapsamında çalışılan sahalara için koruma alanları EK3’de belirtilmiştir. Ülkemizde rüzgâr enerjisi yatırımı için, bu alanların sınırları içinde, herhangi bir çalışma yapılamamaktadır. Yönetmelik ve tebliğler çerçevesinde bu alanlara yapı kurulması yasaklanmıştır. Bu nedenle, tez çalışmasında da bu kısıtlamalar uygulanmıştır.

Ayrıca teknik inceleme için kriterler belirlenirken Giriş Bölümü’nde incelenen 1 ve 2 numaralı hali hazırda işletmede olan santraller incelenmesi kriterlerin oluşturulmasında ve Türkiye’de uygulanabilirliğinin tespit edilmesinde yardımcı olmuştur. Ardından incelenen simülasyonlar ile seçilen kriterleri desteklemiştir. Bu kurulmuş santrallerin incelenmesi Çizelge 3.1 oluşturulurken yardımcı olmuştur. Toplamda çalışılan 61 saha içerisinde 7 adet saha kriterlere uygun bulunmuştur. 7 adet saha için Vaisala Rüzgâr Hızı Haritası kullanılarak sahalara hakim noktalardan referans rüzgâr hızı değerleri arasında sıralama yapılmıştır. Bu sıralamada ilk 5 saha’nın WindFarmer analizi gerçekleştirilmiştir. WindFarmer analizi gerçekleştirilken 50 metre yükseklikte MERRA verileri kullanılmıştır.

Son aşama olarak, WindFarmer programı kullanılarak 5 saha için türbin yerleşimi ve enerji hesabı gerçekleştirilmiştir. Türbin sayısı belirlenirken, sağlanan harita üzerinde mevcut olan 80m yıllık ortalama rüzgâr hızını veren 2km aralıklı noktalardan yararlanılarak Google Earth üzerinde maksimum türbin sayısı belirlemeye yönelik çalışma yapılmıştır. Türbin sayısı belirleme işleminden sonra WindFarmer ile optimizasyon ve enerji üretim hesabı gerçekleştirilmiştir. WindFarmer analizi sonucu oluşan bilgiler ışığında da ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Çalışmanın akış şeması Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma akış şeması

### 3.1. Google Earth Programı

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde kullanılan programlardan biri olan Google Earth, Google tarafından geliştirilen, araştırma, seçim ve çizim yapabilme olanağı sağlayan üç boyutlu dünya hartasıdır.

İç Anadolu bölgesi için verilen renklendirmeye bağlı rüzgâr haritası üzerinde çalışılarak teknik ve mevzuat açısından muhtemel sahalar tespit edilmiştir. Sahalar tespit edilirken Google Earth programı giriş ekranında bulunan üst barda yer alan çokgen çizim aracı kullanılmıştır.

Google Earth ile çalışma gerçekleştirilirken ilk olarak İç Anadolu Bölgesi büyük bir yüz ölçümüne sahip olduğu için çalışmayı kolaylaştırmak amacıyla, Şekil 3.2’te gösterildiği gibi, şehir sınırları belirlenmiştir. Çalışmalar İç Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer alan 13 il için gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. İç Anadolu Bölgesinin Şehir Sınırları İle Birlikte Gösterimi

Bu aşama gerçekleştirildikten sonra Şekil 1.3'te gösterilen harita ile rüzgâr kaynağı belirleme çalışmaları başlatılmıştır. Her bir il için rüzgâr hızı 6 m/s üzeri olan alanlar tespit edilmiştir[38]. 13 ilde 61 tane saha seçilmiş ve bu sahalar için Çizelge 3.1'de oluşturulan kriter parametreleri aşağıda açıklandığı gibi belirlenmiştir;

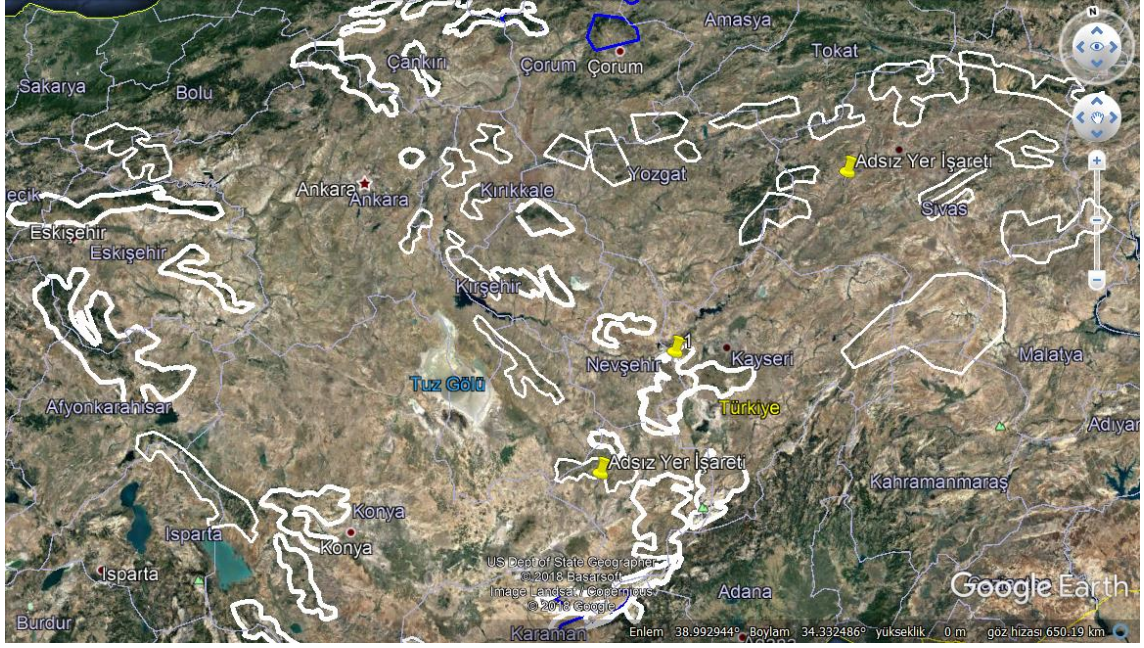
1. Trafo Merkezine Uzaklık; Sahalar için TEİAŞ tarafından açıklanan trafo merkezleri listesi referans alınarak bütün sahaların trafo merkezlerine uzaklıkları Google Earth aracılığı ile tespit edilmiştir. Google Earth görsel olarak 3 boyutlu inceleme olanağı sağladığı için programın cetvel aracı ile mesafesi belirtilmiştir.
2. Yükseklik; çalışılan rüzgâr hızı haritasında 80 metre referans nokta için Google Earth'ün gösterdiği yükseklik değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda Giriş Bölümü'nde incelenen 2 numaralı kurulmuş rüzgâr enerji santrali referans alınarak 1500 metre[48] üzeri yükseltiye sahip alanlarda da rüzgâr enerji santrali projesi geliştirilebileceğini göstermek hedeflenmiştir.
3. Havaalanı Uzaklık ve VOR,DME, NDB Uzaklık Bilgisi; hem uçuş güvenliği ve radar etkilenmelerini engellemek adına sahaların kendilerine en yakın havaalanı ile aralarındaki mesafe ölçülmüştür. Aynı yöntem ile VOR, DME ve NDB cihazları ile olan mesafelerde tespit edilmiştir. Teknik mesafe bilgisi Uluslar Arası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) Avrupa Rehberi 015 Dökümanı'nda belirtilmiştir.
4. Radar Mesafe Bilgisi; çalışılan sahaların bulunduğu il veya komşu il içerisinde meteorolojik radar mevcut ise sahalara olan uzaklıkları Google Earth cetvel aracı ile tespit edilmiştir.
5. Eğim; Google Earth topografik gösterge çıkarma özelliği ile bütün sahaların eğimleri tespit edilmiştir.
6. Korunan Alanlar; sahaları belirleme aşamısında çalışılan alanların korunan ve yasaklı alanlar ile kesişmemesine dikkat edilmiştir. Bu çalışma aynı zaman ÇED kapsamına giren bir uygulamadır.

7. Yerleşim Yerlerine Uzaklık; rüzgâr türbinlerinin gürültü kirliliği oluşturmaması açısından yerleşim yerlerinin uzağında kurulması gerekmektedir. Sahalar tespit edilirken bu hususa dikkat edilmiştir. Bu çalışmada ÇED kapsamında gerçekleştirilen uygulamalardandır.
8. Sulak Alan İncelemesi; yine ÇED kapsamında türbin noktaları yerüstü su kaynaklarının akışını engelleyecek noktalara koyulmaması gerekmektedir. Google Earth çalışması gerçekleştirilirken bu hususa dikkat edilmiştir.
9. Rüzgâr Hızının Tespiti; Giriş bölümünde belirtildiği gibi 80 metre renklendirilmiş rüzgâr hızı haritası ve rüzgâr hızı bilgisini veren noktalar aracılığı ile sahaya hakim noktaların ortalama rüzgâr hızları tespit edilmiştir.
10. Sahaların Başka Santral Sahaları ile Kesişmediği Tespiti; EPDK tarafından yayınlanan lisans bilgileri [49] aracılığı ile halihazırda üretim lisansına sahip sahaların kesişmemesi sağlanmıştır.

Çalışmalar gerçekleştirilirken örnek kesitlerden biri Şekil 3.3'te belirtilmiştir. Belirtilen adımlar Şekil 3.4'te gösterilen 61 tane saha için ayrı ayrı uygulanmıştır.



Şekil 3.3. Korunan Alan, Trafo Merkezi ve Meteoroloji Radarı Örnek Gösterimi



Şekil 3.4. Seçilen 61 Sahanın Google Earth Gösterimi

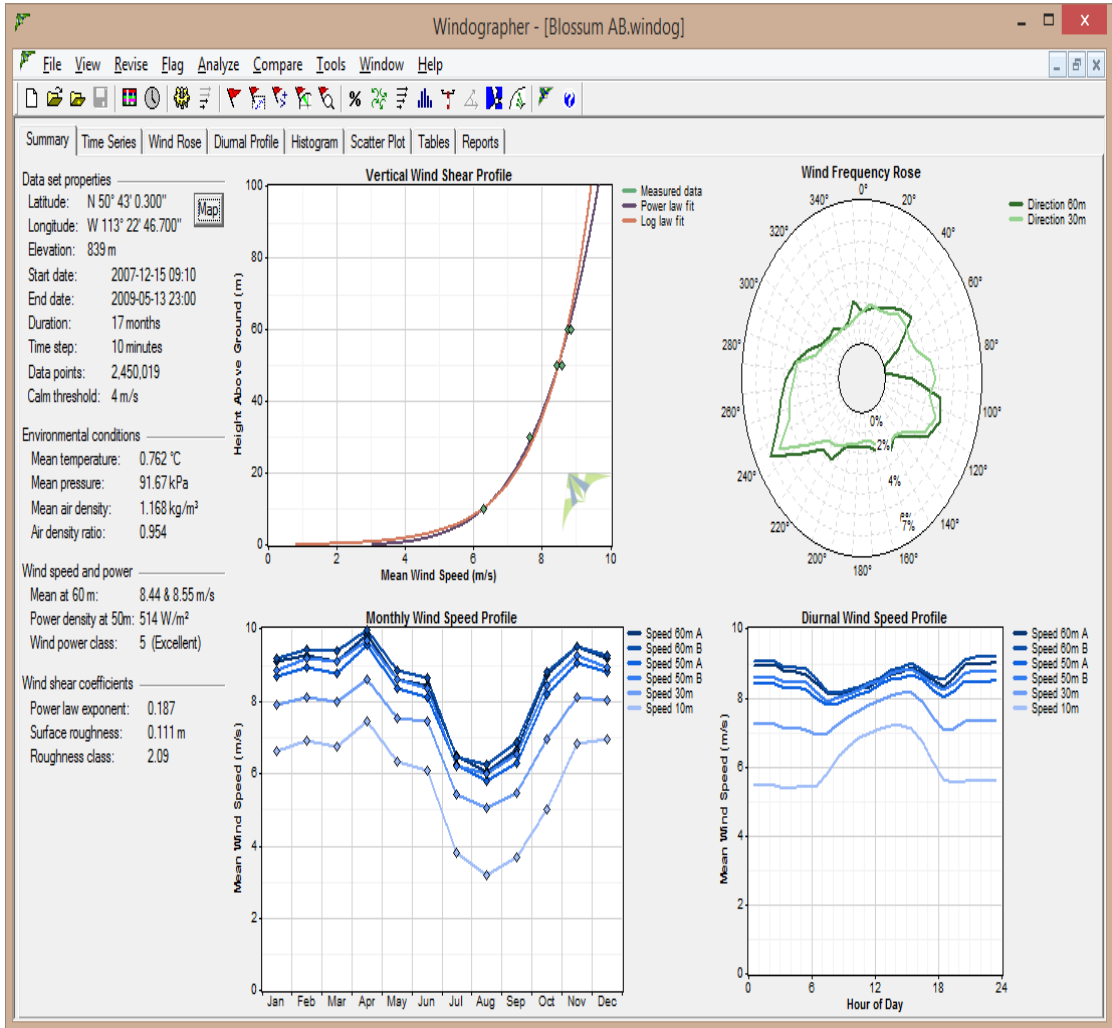
### 3.2. WindoGrapher Yazılımı

*WindoGrapher*, Rüzgâr kaynağı belirlemek için yapılan ölçümleri incelemek ve görselleştirmek için kullanılan programlardan biridir. Bu tez çalışmasında WindoGrapher araçları kullanılarak proje sahalarına ait veriler indirilmiş ve meteorolojik analizleri yapılmıştır. WindoGrapher Programı, verileri WindFarmer programında kullanmak için uygun WASP formatına dönüştürmektedir.

Rüzgâr enerji santrallerinin enerji analizi yapılırken, ölçüm istasyonlarından en az bir yıllık verilerin yanı sıra uzun dönem (long-term) veriler de hesaplamalarda kullanılır. Uzun dönem veriler analiz işlemi 1 yıllık ölçüm ile birlikte kullanıldığı zaman belirsizliği düşüren faktörlerdendir [50]. Bu tez çalışmasında seçilen sahalarda daha önce proje geliştirilmediği için 1 yıllık ölçüm elde etme imkanı yoktur. Bu yüzden analizler, sadece uzun dönem veri setleri kullanılarak yapılmıştır.

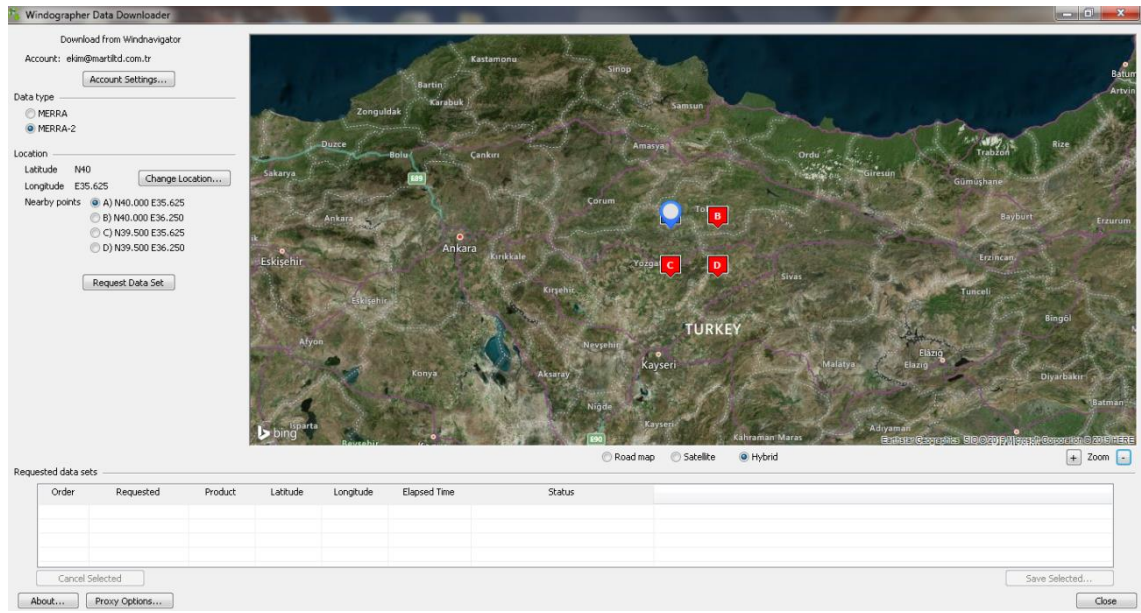
Bu kapsamda yüklemesi gerçekleştirilen uzun dönem verilerinin genel görünümünü veren WindoGrapher Ana Ekranı Şekil 3.5’de görülmektedir. Bu ekranda, ölçüm noktalarının koordinatı, yüksekliği ve başlama bitiş tarihi gibi bilgiler, veri kayıtları içerisinde mevcutsa gösterilir.

- Sol üst köşede, verilerden elde edilen bilgilere göre **rüzgâr kesmesi** grafiği bulunmaktadır.
- Sağ üst köşede, rüzgâr yönünün 360° grafiğe yoğunluklarının dağıtılması ile ortaya çıkan rüzgâr **rüzgâr frekans gülü** görülmektedir. Grafik açık ve kapalı tonda 2 çizgiden oluşturulmuştur. Bunlardan açık yeşil olan renklerin tonları farklı sensörlerin ve ya farklı seviyelerin rüzgâr yön ölçümünü göstermektedir. Bu bölümden alınan bilgi ile, Bölüm 2.1’de açıklandığı gibi, hakim rüzgâr yönü bulunabilmektedir.
- Sol alt köşede, farklı seviyelerde ve farklı sensörler ile yapılan rüzgâr hızı ölçümlerinin aylık dağılımı gösterilmektedir.
- Sağ alt köşede, farklı seviye ve birden fazla sensörler ile yapılan ölçümlerin günlük dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3.5. WindoGrapher Ana Giriş Ekranı

WindoGrapher programı kullanıcılarına kendi verilerinin doğrulamasını yapabilmeleri konusunda yardımcı olmak, analizlerini genişletebilmek adına uzun süreli veri setleri sağlamaktadır. Şekil 3.6’de verilen veri indirme ekranında, girilen koordinata en yakın 4 adet indirilebilir noktalar görülmektedir. Mavi nokta ise kuş uçuşu mesafe olarak en yakın noktayı göstermektedir. Bu aşamada uygun olan uzun dönem verinin indirme işlemi gerçekleştirilmiştir. İndirilen MERRA verileri 50 metre yüksekliğinde rüzgâr hız ve yön verilerine sahiptir. Bu veriler minimum 30 yıllık setlerdir. Ayrıca bu verilerin içeriğinde sıcaklık, nem ve basınç bilgileride bulunmaktadır.



Şekil 3.6. WindoGrapher Veri İndirme Ekranı

WindoGrapher programı, verilerin üretim hesabı yapılırken kullanılacak yazılıma göre “girdi” dosyaları oluşturmaktadır. Bu çalışmada WindFarmer programı için gerekli verileri WASP’a ve WindFarmer programına ilave etme işlemi sırasında WindoGrapher programından yararlanılmıştır. Çizelge 3.2’de MERRA verilerinin WindoGrapher Programı’ı ile çıktıları gösterilmiştir. Çizelge 3.3’de ise MERRA verilerinin içeriğinde sağlanan bilgileri gösteren WindoGrapher görüntüsü verilmiştir.

(Modern-EraRetrospective Analysis for Research and Applications – Araştırma ve Uygulamalar için Modern Dönem Retrospektif Analiz) MERRA ve MERRA-2 Reanalysis Veri Kümesi, üretimi 29 Şubat 2016 tarihinde tamamlanmıştır. MERRA veri



seti 2009 yılında piyasaya sürülmüştür. 2008 yılında dondurulmuş olan GEOS-5 atmosferik veri similasyon sistemi versiyonuna dayanmaktadır. MERRA verileri 1979'dan Şubat 2016'ya kadar uzanmaktadır. 72 tabaka ile  $0.5^{\circ} \times 0.66^{\circ}$  ızgara üzerinde üretildi. MERRA, arazi yüzeyinin (MERRA-Land) ve atmosferik aerosollerin (MERRAero) bağımsız reanalys'lerini kullanmak için oluşturulmuştur[51].

Çizelge 3.2. WindoGrapher İle Yapılan Analiz Sonuçları

Parametre	Birim	Yükseklik	Mevcut Veri Sayısı	Geçerli Veri Sayısı	Geçerli Veri Oranı	Ortalama	Aylık Ortalama	Medyan	Min	Max	Standart Sapma
Rüzgâr Hızı	m/s	50m	333,120	333,120	%100	4.772	4.772	4.370	0	22.99	2.524
Rüzgâr Yönü	$^{\circ}$	50m	333,120	333,120	%100	70.2	162.8	158.7	0	360	97.5
Sıcaklık_10m	$^{\circ}\text{C}$	10m	333,120	333,120	%100	10.42	10.42	10.30	-17.5	36.9	9.46
Sıcaklık_2m	$^{\circ}\text{C}$	2m	333,120	333,120	%100	10.02	10.02	9.50	-20.9	38.6	10.0
Basınç_0m	kPa	0m	333,120	333,120	%100	85.7	85.7	85.7	82.8	83.7	0.4
Hava Yoğunluğu	$\text{kg/m}^3$		333,120	333,120	%100	1.049	1.049	1.050	0.946	1.167	0.037
Güç Yoğunluğu	$\text{W/m}^2$		333,120	333,120	%100	114	114	44	0	6.390	216

Çizelge 3.3. MERRA Veri Bilgisi Gösterimi

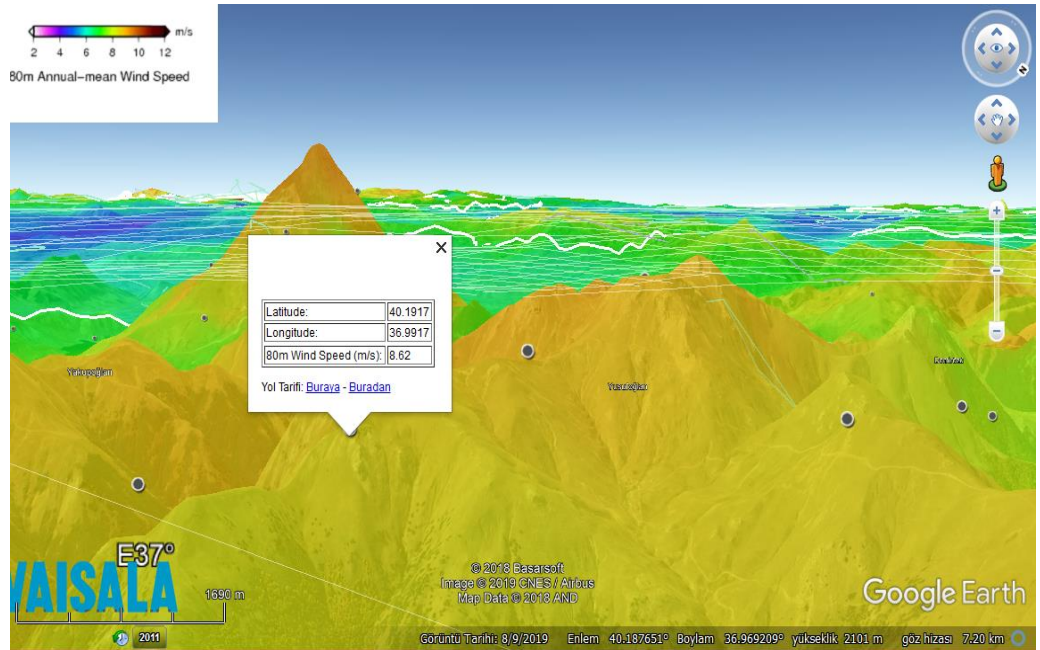
Değişken	Değer
Enlem	K38.000
Boylam	D34.375
Yükseklik	0m
Başlangıç Tarihi	1.1.1980 00:00
Bitiş Tarihi	1.1.2018 00:00
Süre	38 yıl
Zaman Dilimi Genişliği	60 dakika
Sakin Eşik	0 m/s
Aylık Sıcaklık Ortalaması	10.42°C
Aylık Basınç Ortalaması	85.7 kPa
Aylık Hava Yoğunluğu Ortalaması	1.049 kg/m <sup>3</sup>
Güç Yoğunluğu 50metre	114 W/m <sup>2</sup>
Rüzgâr Gücü Sınıfı	1
Güç Faktörü Üssü	Mevcut Değil
Yüzey Prüzlülüğü	Mevcut Değil
Prüzlülük Sınıfı	Mevcut Değil

Bu bilgiler kapsamında WindoGrapher verileri ile;

1. Seçilen 5 saha için MERRA uzun dönem veri setleri indirilmiştir.
2. Sahaların meteorolojik analizleri kapsamında örnek çalışmalar ile ilişkilendirmek adına sıcaklık değerleri incelenmiştir. Giriş bölümünde verilen literatür çalışmaları ışığında düşük sıcaklık değerlerine rağmen çalışmanın devam ettirilebileceği gösterilmek istenmiştir.
3. 5 sahanın rüzgâr yön bilgileri grafiksel olarak incelenmiştir. Sahaların hakim rüzgâr yönleri tespit edilmiştir. Bu bilgiler, sahalanın lokasyonları ve sahadaki türbin sayısı belirlenirken büyük önem taşımaktadır. Çünkü hakim rüzgâr yönünün sayısına bağlı olarak rüzgâr türbinlerinin kafalarının oynayabilir özellikte olması tespit edilmektedir. Ek olarak türbinlerin konuşlandırıldığı

yerleri belirlerken dağ yamacına türbin konulması gerektiğinde rüzgâr yönüne göre yamaç seçimi yapılması gerekmektedir. Bu inceleme, türbin sayısının belirlenmesinde kritik önem taşımaktadır.

4. Çalışan sahalanın topografik şartları kompleks olduğu için türbin yerleşiminden sonra Google Earth aşamasında geri dönülmüştür. Çünkü türbinlere gelen hakim rüzgâr yönünde rüzgârın hızını engelleyecek coğrafik veya yapay bir engelin olup olmadığı her bir saha için kontrol edilmiştir. Bu aşama türbin sayısının belirlenmesinde önem taşımaktadır. Türbin sayısı belirlenirken sağlanan harita ile birlikte mevcut olan 80 metre yükseklikte yıllık ortalama rüzgâr hızından yararlanılmıştır. Çünkü 80 metre yükseklik rüzgâr hızı klas 2 türbin sınıflarında olabilecek türbin hub yüksekliğine yakın verilerdir. Bu incelemelerden bir tanesinin kesiti Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Vaisala Rüzgâr Hızı Haritası İçeriği 2km Noktasal Rüzgâr Hızı Gösterimi

5. Sahaların hava yoğunluğu değerleri alınmıştır. WindFarmer analizi sırasında enerji üretimi hesabı için kullanılmıştır. Çizelge 3.4’te belirtildiği gibi Generic Türbin’nin enerji üretimi çok yakın (4.998 ve 4.908 gibi) rüzgâr hızına sahip olsa bile farklı hava yoğunluklarında farklılık göstermektedir.

6. 24 saatlik ve 12 aylık enerji üretimi değerlerini hesaplamak için, aylık/saatlik hava yoğunluğu ve rüzgâr hızı değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin bulunma amacı saatlik ve aylık enerji üretimi hesaplamaktır. Eşitlik (2.1)'de gösterildiği gibi çalışan sahaların türbin tipleri aynı olduğu için tarama alanları aynıdır. Yani aylık/saatlik enerji üretimi oranlanırken toplam enerji rüzgâr hızı değerinin küpü ile hava yoğunluğunun çarpımına göre hesaplanmıştır. Yani bu işlem gerçekleştirilirken veriler öncelikli olarak aylık olarak ayıklanmıştır. Ardından her bir ay için saatlik ortalamalar belirlenerek Çizelge 3.4 oluşturulmuştur.

Çizelge 3.4. 12\*24 Matris MERRA Verilerinin Bir Bölümünün Gösterimi

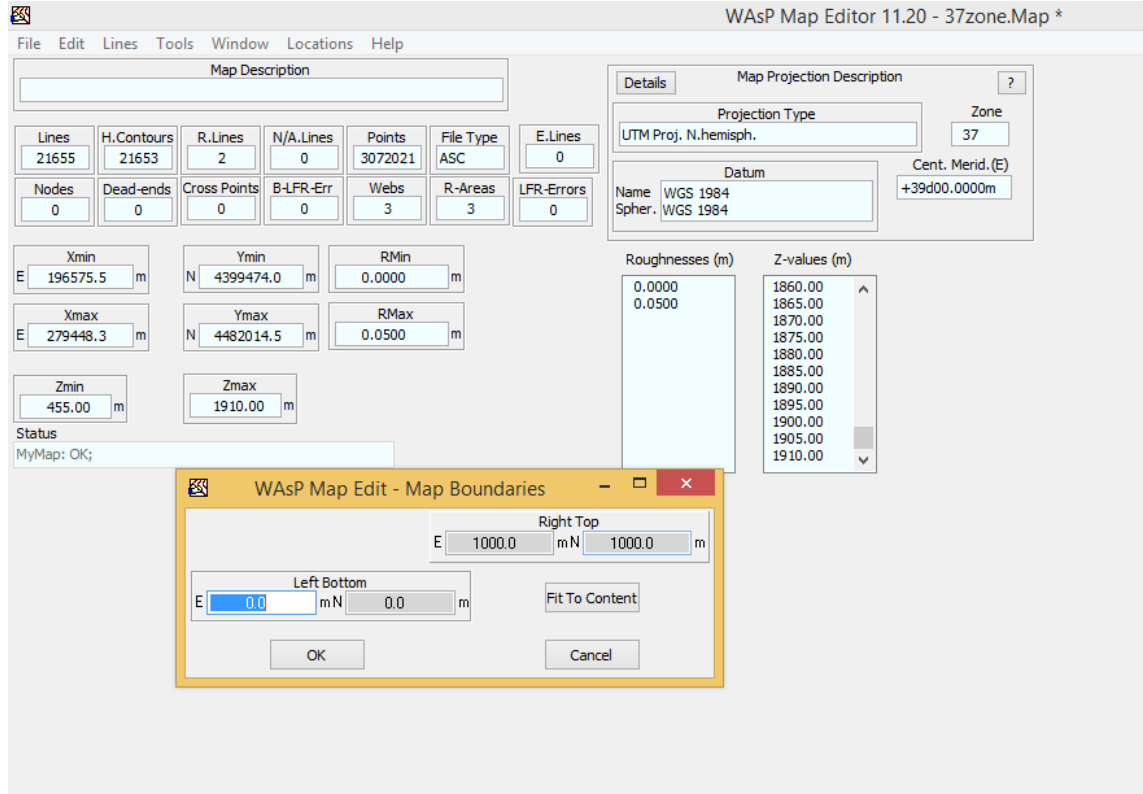
Ay	Saatlik Adım	Rüzgâr Hızı m/s	Hava Yoğunluğu kg/m <sup>3</sup>
Ocak	00:00 - 01:00	5.020	1.1
	...	...	...
	23:00 - 24:00	4.908	1.08
...	...	...	...
...	....	...	...
Aralık	23:00 - 24:00	4.998	1.09

### 3.3. WASP ve WindFarmer Yazılımı

WASP programının kullanılma amacı seçilen 5 saha için topografik harita indirmektir. Ayrıca WindGrapher'dan elde edilen verilerin WindFarmer'a uyumlu olmasını sağlamak için modifiye etmektir. Bu kapsamda WASPMap Editör kullanılarak seçilen sahalar için \*.map uzantılı haritalar elde edilmiştir. WASPMap Editör orijinal ekran görüntüsü Şekil 3.8'da verilmiştir.

WASP kullanılırken harita indirmek için ilk açılan ekranda File→Import From Database→SRTM harita seçilir. *Mekik Radar Topografya Harita (SRTM)*, topografik olma özelliğine sahip olduğundan, bunun seçilmesi önemli bir noktadır. Topografik harita indirilmediği takdirde WindFarmer enerji üretimi hatalı olacak ve rüzgâr hızı

sahanın her noktasında topografyadan bağımsız olarak eşit çıkacaktır. Açılan ekranda koordinat formatı, metrik birimi ve indirilecek haritanın koordinatları girilirken merkez koordinat üzerinden mi yoksa köşe koordinatları üzerinden mi indirileceği gibi seçenekler karşımıza çıkmaktadır. İstenilen bilgiler girildikten sonra “Apply” butonuna basılır. Gelen uyarıları onayladıktan sonra “DownLoad+Convert” butonu kullanılarak harita indirilmeye başlanır.



Şekil 3.8. WASP Harita Oluşturma Ekranı Örneği

**WindFarmer** programı rüzgâr enerji santrallerinin enerji hesaplamasını ve mikrokonuşlandırmasını yapan bir yazılımdır. Bu kapsamda, WASP harita aracı ve Windographer'dan elde edilen veriler kullanılarak, WindFarmer yazılımı ile tez kapsamındaki sahaların enerji üretimleri hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan WindFarmer yazılımı ile ilgili özellikler ve kullanımı EK4'de verilmiştir.

Rüzgâr enerji projesi gerçekleştirilirken analiz işlemleri sırasında kullanılan bütün programlarda aynı harita formatı kullanılması gerekmektedir. Çünkü yapılabilecek bir hata elde edilen veri ile kullanılan haritanın uyuşmaması gibi hatalara yol açar ve farklı enerji üretim hesabı yapılmasına sebep olur. Tez çalışmasında WindFarmer, WASP, Windographer ve Google için sıralanan harita formatı kullanılmıştır ve kullanılan harita standartları;

- Projeksiyon: UTM (Unified Threat Management)
- Datum : WGS\_84 (World Geodetic System)
- Birim : Metre

dir.

Rüzgâr türbinlerinin belirli rüzgâr değerleri için ürettiği sabit enerjiler mevcuttur. Her rüzgâr hızına karşılık gelen üretilen elektrik değeri vardır. WindFarmer programı içerisinde bulunan Generic Türbin özellikleri ve rüzgâr hızına bağlı güç eğrisi değerleri Çizelge 3.5. ve Çizelge 3.6. verilmiştir. Tez çalışmasında da bu türbin kullanılmıştır.

Çizelge 3.5. WindFarmer’da Kullanılan Generic Türbin Özellikleri

Türbin Tipi	Generic Türbin	
Çap	48,0	m
Hub Yüksekliği	50,0	m
Nominal Güç	750	kW
Kanat Sayısı	3	
Güç Eğrisi için Hava Yoğunluğu	1,225	kg/m <sup>3</sup>
Güç Düzeni	Pitch	
Devreye Alan Rüzgâr Hızı	3,0	m/s
Devreden Çıkarılan Rüzgâr Hızı	30,0	m/s

Generic Türbin Çizelge 3.5’de belirtilen şartlarda çalıştığı takdirde rüzgâr hızına bağlı olarak üreteceği elektriksel güç, Çizelge 3.6’da 2. sütunda verilmiştir. Ancak her sahanın hava yoğunluğu 1,225 kg/m<sup>3</sup> olmayacağı için WindFarmer programı farklı hava yoğunluğunda Generic Türbin’nin elektriksel gücünü aynı çizelgenin 4. sütunda göstermektedir. Güven Katsayısı ise sütun 1’de verilen rüzgâr değeri için hava yoğunluğuna bağlı olarak oluşturulan üretim değerinin gerçekleşebilme katsayısıdır. Çizelgeden görüldüğü gibi ideal rüzgârlarda güven katsayısı yüksektir.

WindFarmer programı analizi gerçekleştirildikten sonra WindFarmer, çıktı olarak bazı tablolar sunar. EK5'te belirtilen sarı alanlar WindFarmer analizi sonucu elde edilen verilerdir. Bu değerler WindFarmer tarafından hesaplanmış sonuç bölümünde verilmiştir. Beyaz alanlar ise proje WindFarmer optimizasyonu başlatılmadan önce girilmesi gereken analiz ayarlarıdır. Tez kapsamında bu ayarlar varsayılan olarak kabul edilmiştir. Bu kapsamda verilen terimler ve değerler EK5'te verilmiştir.

Çizelge 3.6. Rüzgâr Hızına Bağlı Güç Eğrisi Değer Tablosu

Hub Yüksekliğindeki Rüzgâr Hızı (m/s)	Elektriksel Güç (kW)	Güven Katsayısı (-)	1,049kg/m <sup>3</sup> Hava Yoğunluğu İçin Elektriksel Güç (kW)
0,0	0,0	0,000	0,0
1,0	0,0	0,000	0,0
2,0	0,0	0,000	0,0
3,0	1,0	0,650	0,8
4,0	15,0	0,970	12,2
5,0	50,0	0,990	41,2
6,0	100,0	0,950	84,9
7,0	160,0	0,900	138,8
8,0	235,0	0,850	204,8
9,0	360,0	0,780	303,3
10,0	500,0	0,720	429,5
11,0	666,0	0,685	574,0
12,0	750,0	0,635	699,2
13,0	750,0	0,600	750,0
14,0	750,0	0,570	750,0
15,0	750,0	0,540	750,0
16,0	750,0	0,510	750,0
17,0	750,0	0,480	750,0
18,0	750,0	0,460	750,0
19,0	750,0	0,441	750,0
20,0	750,0	0,420	750,0
21,0	750,0	0,400	750,0
22,0	750,0	0,390	750,0
23,0	750,0	0,375	750,0
24,0	750,0	0,350	750,0
25,0	750,0	0,350	750,0
26,0	750,0	0,340	750,0
27,0	750,0	0,330	750,0
28,0	750,0	0,313	750,0
29,0	750,0	0,300	750,0
30,0	750,0	0,290	750,0
31,0	0,0	0,000	750,0
32,0	0,0	0,000	459,3
33,0	0,0	0,000	0,0
34,0	0,0	0,000	0,0
35,0	0,0	0,000	0,0

### 3.4. Ekonomik Analiz

Rüzgâr enerji santrallerinin analizlerinde en önemli nokta ekonomik analizdir. Santral projenin yatırım yapılabilir düzeyde ekonomik katkı sağlaması gerekmektedir. Bu analiz için Mevlana Kalkınma Ajansı ve Konya Sanayi Odası'nın hazırlamış olduğu rapor [52] kapsamında aşağıdaki istatistikler kullanılarak amortisman süresi hesaplanmış ve yüzdesel değerler Çizelge 3.7'da verilmiştir.

Çizelge 3.7. Maliyet Kalemlerinin Oransal Gösterimi ve Referans Fiyatlandırma[52]

<b>Maliyet Kalemi</b>	<b>Toplam Maliyetteki Payı %</b>	<b>Hesapta Kullanılan Değerler %</b>	<b>Maliyet TL</b>
<b>Türbin Maliyeti</b>	74-84	75	4.500.000,00
<b>Bakım ve Onarım</b>	1-3	2	120.000,00
<b>Temel</b>	1-6	3	180.000,00
<b>Elektrik Bağlantısı</b>	1-9	5	300.000,00
<b>Danışmanlık</b>	1-3	2	120.000,00
<b>Şebeke Bağlantısı</b>	2-9	5	300.000,00
<b>Arazi Maliyeti</b>	1-3	2	120.000,00
<b>Finansal Maliyet</b>	1-5	3	180.000,00
<b>Yol Yapım Maliyeti</b>	1-5	3	180.000,00
<b>Toplam</b>		% 100	6.000.000,00



Yapılan araştırmalar sonucu dünya çapında 4000 adet üzerinde kurulmuş olan ve IEC61400-1 sertifikasına sahip 750 kW gücünde bir türbin fiyatı referans alınmıştır. Bu türbin, tez çalışmasında kullanılan Generic Türbin gibi 50m kule yüksekliğine sahiptir. Operasyonel mr 20 yıl olarak belirtilmektedir. Bu türbinin fiyatı 4.500.000,00TL'dir[53].

Projelerin ekonomik analizleri esnasında önemli parametrelerden bir tanesi de yatırımın şimdiki zaman değeridir. şimdiki zaman değeri (PVC), faiz, enflasyon değerlerindeki değişimler hesaba katılarak, santral ömrü boyunca yapılacak toplam maliyete göre gerçekleştirilen ekonomik analizdir. Bu kapsamda sistemin ömrü boyunca yatırımın şimdiki zaman değeri (PVC);

$$PVC = I + B \left[ \left( \frac{i+1}{r-i} \right)^1 \right] \cdot \left[ 1 - \left( \frac{i+1}{r+1} \right)^{T\ddot{o}} \right] - H \left[ \left( \frac{i+1}{r+1} \right)^{T\ddot{o}} \right] \quad (3.3)$$

formülü ile hesaplanır. Bu formülde;

I ;Türbin fiyatı ile bağlantı(elektrik ve şebeke) gideri toplamı,

B ;Yıllık işletme bakım gideri(bakım onarım),

i ; Enflasyon oranı,

r ; Faiz oranı,

T ;Türbin mr,

H ;Hurda bedeli,

değerlerini ifade etmektedir.

Bu hesaplama, izelge 3.7'da belirtilen maliyet oranlarına göre gerçekleştirildiğinde;

$$I = 4.500.000,00TL + (\%5+\%5) 4.500.000,00TL \rightarrow 4.950.000,00TL$$

$$B = \%2 * 4.500.000,00TL \rightarrow 90.000,00TL$$

$i = \text{Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası 08-2019} \rightarrow \%15.01$

$r = \text{Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası 06-2019} \rightarrow \%18.5$

$t = 20 \text{ yıl}$

$H = I * 0.1$

değerleri oluşturulmuştur.

PVC değeri hesaplandıktan sonra Çizelge 3.7'ya göre hesaba katılmayan Temel, Danışmanlık, Arazi, Finans ve Yol Yapım Maliyetleri'de hesaplanarak toplam maliyete eklenmiştir. Çünkü bu maliyetler santralin kurulum aşamasında bir kere harcanan kalemlerdir. Bu hesaplamalar gerçekleştirilirken santralin ömrü boyunca kapasitesinin sabit kalacağı kabul edilmiştir. Ayrıca kurulu türbinlerin mücbir sebeplerden kaza durumuna maruz kalmayacağı kabul edilmiştir.

Bu kapsamda bir türbin ;

Toplam Maliyet = PVC + Temel Maliyeti + Danışmanlık Maliyeti + Arazi Maliyeti + Finansal Maliyet + Yol Yapım Maliyeti

olarak hesaplanmıştır.

1 Türbin için;

PVC = 6.275.430,5 TL

Temel = 180.000,00 TL

Danışmanlık = 120.000,00 TL

Arazi = 120.000,00 TL

Finansal = 180.000,00 TL

Yol Yapım = 180.000,00 TL

Maliyetleri olarak Çizelge 3.7'da gösterilmiştir. Bu değerler toplandığında bir türbinin çalışma ömrü boyunca toplam maliyeti 7.055.430,50 TL'dir.

Bu işlemin ardından her bir santral için türbin sayılarına göre toplam maliyet hesaplanmıştır. Amortisman süresini hesaplamak için enerji alım fiyatları üzerinden kazanç hesabı gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yerli üretim desteği olabileceği varsayılarak her bir santral için farklı amortisman süreleri hesaplanmıştır. Günümüzde rüzgâr enerjisine dayalı elektrik alım fiyatları Çizelge 3.8’de verilmiştir. Bu çizelgede elektrik alım fiyatı 7.3 – 11 \$cent / kWsaat olarak değişebilmektedir. Bu durum üretilen ekipmanların hangisinin yurtiçinde olduğuna bağlı olarak değişmektedir. Ekonomik analiz gerçekleştirilirken bu fiyatlar, 20 yıl süre ile geçerli olacağı düşünülerek gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.8. Rüzgâr Enerjisinden Üretilen Elektrik Alım Fiyatı (YEKDEM Kapsamı)

Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Dolar cent / kWsaat) (Taban Fiyat 7.3\$cent/kWsaat)
Kanat	0.8
Jeneratör ve Güç Elektroniği	1.0
Türbin Kulesi	0.6
Roto ve Nasel Gruplarındaki Mekanik Aksamın Tamamı	1.3

Rüzgâr enerji projelerinin ekonomik açıdan değerlendirmesi gerçekleştirilirken bir diğer önem faktör *iş karlılık oranı*dır (Internal Rate of Return - IRR). İş karlılık oranı, projenin şimdiki değerine göre nakit girişi ile nakit çıkışlarını eşitleyen iskonto oranı olarak adlandırılır[54].

Çizelge 3.8’de belirtildiği gibi YEKDEM kapsamında kWsaat 7.3 ile 11\$cent arası ödeme kapsamında Türkiye şartlarında %10 IRR değeri için %35 kapasite faktörüne ihtiyaç duyulmaktadır[56]. IRR hesabı gerçekleştirilirken[55];

$$PVC = \sum_{t=0}^{t=20} CFt / (1 + IRR)^t \quad (3.4)$$

Olarak hesaplanır. Burda;

T; Projenin ekonomik ömrü (yıl)

CF; Projeden sağlanacak yıllık kazanç (nakit TL olarak işleme alınmaktadır.)

olarak ifade edilmektedir.

Eşitlik (3.4)'de kullanılan formül projeden sağlanan yıllık gelirin sabit olduğu düşünülerek hesaplanmıştır. Yani hesaplama gerçekleşirken santralin ekonomik ömrü boyunca (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) YEKDEM kapsamında ki fiyat değerleri uygunlanmıştır. Çünkü YEKDEM'in geçerlilik süresi 10 yıldır. Bu süreden sonra oluşacak elektrik piyasası fiyatı alım fiyatı tahmin edilememektedir. Bu kapsamda excel kullanılarak 5 sahanın IRR değerleri hesaplanmıştır. IRR değerleri hesaplanırken 4 farklı senaryo üretilmiştir. Bu senaryolardan ikisi %100 öz sermaye kullanılacağı varsayılarak elektrik alım fiyatının 7.3\$cent/kWsaat ve 11\$cent/kWsaat değerlerinin Türk Lirası karşılığı değerlendirerek hesaplanmıştır. Diğer ikisi ise türbin maliyetinin %70 öz sermaye %30 kredi ile kullanılacağı varsayılarak elektrik alım fiyatının 7.3\$cent/kWsaat ve 11\$cent/kWsaat değerlerinin Türk Lirası karşılığı değerlendirerek hesaplanmıştır.

## 4. ANALİZ VE MODELLEME ÇALIŞMALARI

### 4.1. İç Anadolu Bölgesinde Uygun Saha Seçimi ve Kriterlerin Uygulanması

Bu bölümde Çizelge 3.1’de belirtilen teknik kriterler ve mevzuat kısıtlamaları bir arada değerlendirilerek İç Anadolu bölgesinde rüzgâr enerjisi bakımında yüksek potansiyele sahip alanlar ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, İç Anadolu bölgesinde bulunan 13 il için Google Earth il sınırları ve yine Google Eart tabanlı Vaisala rüzgâr hızı haritaları kullanılarak, Şekil 4.1 – Şekil 4.13, rüzgâr hızının 6 m/s’den (IEC Standardı En Düşük Rüzgâr Değeri) büyük olduğu sahalar belirlenmiştir. Bu kapsamda;

Çizelge 4.1. Çalışılan Sahaların İllere Göre Dağılımı

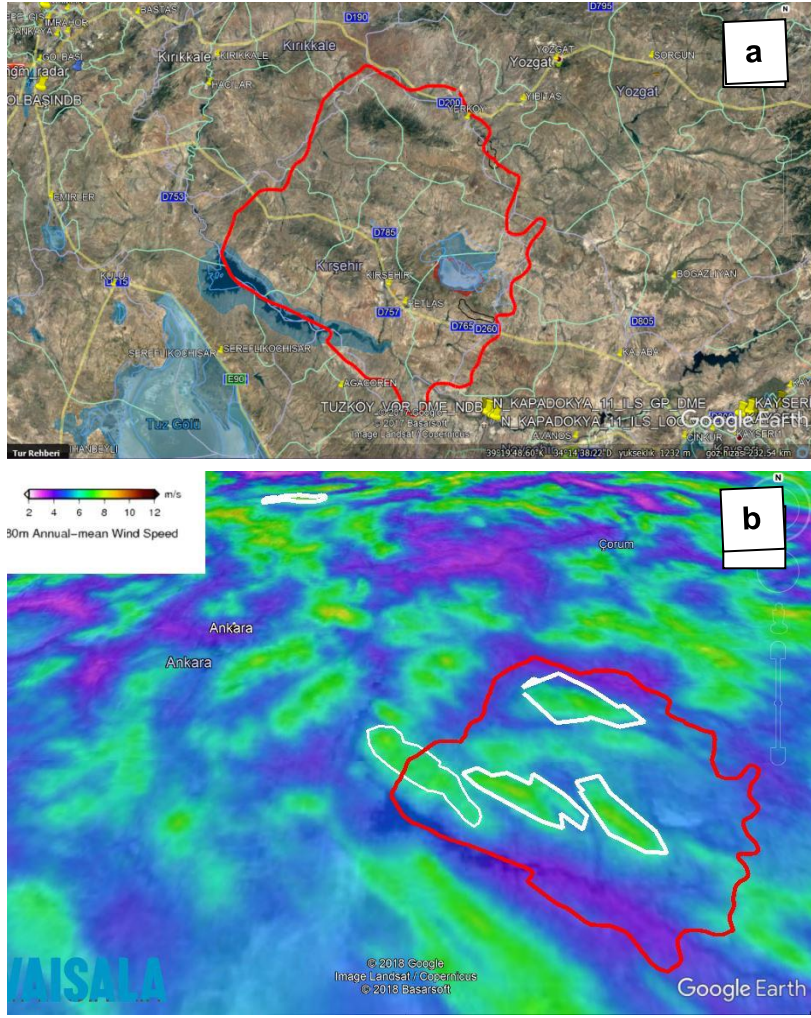
Kırşehir	4 saha	Niğde	5 saha
Yozgat	7 saha	Ankara	3 saha
Karaman	7 saha	Çankırı	5 saha
Sivas	8 saha	Konya	5 saha
Kayseri	4 saha	Nevşehir	2 saha
Kırıkkale	6 saha	Eskişehir	3 saha
Aksaray	2 saha	<b>13 il</b>	<b>61 saha</b>

13 il’de 61 saha incelenmiştir. 61 saha, Vaisala Rüzgâr haritası üzerinde çizilerek Ek6’de ayrı ayrı verilmiştir.

Oluşturulan 61 saha üzerinde Çizelge 3.1’de belirtilen kriter ve kısıtlamalar değerlendirilerek saha uygunluğu araştırılmıştır.

Çizelge 3.1 kapsamında her il için çizelgeler hazırlanmış ve Çizelge 4.2 - Çizelge 4.14’de verilmiştir. Bu çizelgelerde, il sınırları içindeki sahalar il ismi ile verilirken, komşu il sınırlarında kalan sahalar iki il ismi ile verilmiştir. 13 il için yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

## Kırşehir :




Şekil 4.1. a) Kırşehir Sahası Genel Görünümü b) Kırşehir Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

Çizelge 4.2. Kırşehir İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Alanlar

	<b>Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>TM Uzaklık (km)</b>	<b>Yükseklik (m)</b>	<b>Havalimanı Uzaklık (km)</b>	<b>VOR,DME, NDB Mesafe (km)</b>
<b>Kırşehir_1</b>	7,18	14,77- Kırşehir TM	1611	65,7-NAV	65,7
<b>Kırşehir_2</b>	6,95	13,7 – Yerköy TM	1465	92,4-NAV	92,4
<b>Kırşehir_3</b>	6,38	22,1- Yerköy TM	1276	73-NAV	73
<b>Kırşehir_ Kırıkkale_1</b>	6,34	31- Hacılar TM	1100	94-ESB- NAV	94

 Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

 Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Kırşehir’de seçilen sahaların hepsinde, rüzgâr hızının 7,5m/s’den düşük olmasının yanısıra, trafo merkezine olan uzaklık 5km’den fazla olduğu için, Çizelge 3.1’de verilen kriterlere uygun saha bulunamamıştır.





Çizelge 4.3. Yozgat İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Alanlar

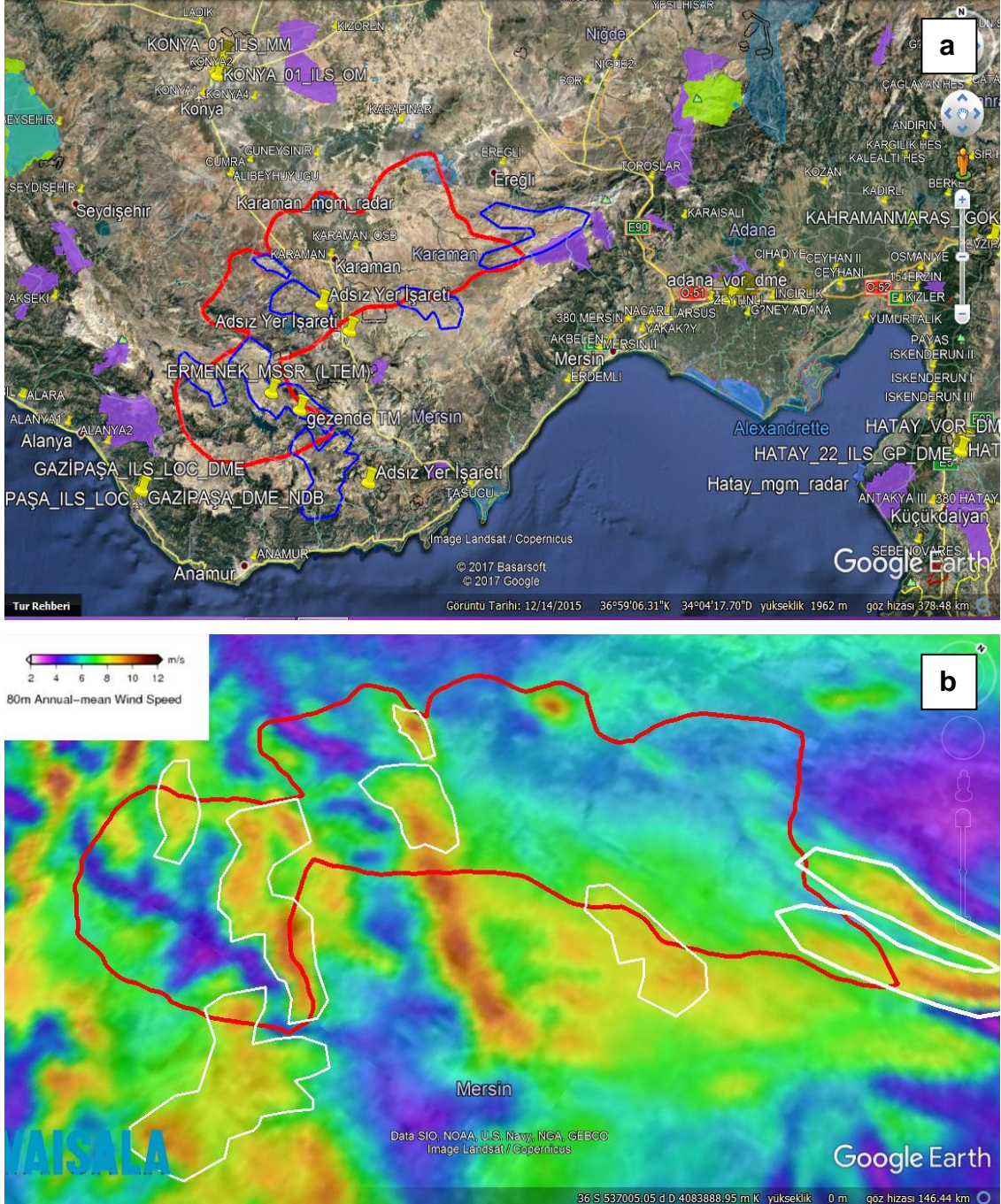
	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,D ME,NDB Mesafe (km)	Radar Mesafe (km)
Yozgat_1	7,66	16,3- Sorgun TM	1490	96,1-Merzifon	65,7	119,2
Yozgat_Çorum_1	8,18	15,8 -Alaca TM	1580	92,4-NAV	92,4	129,3
Yozgat_Çorum_2	7,50	0- Yozgat TM	1480	73-NAV	73	167,5
Yozgat_Çorum_3	7,59	20,7- Yozgat TM	1420	94-ESB-NAV	94	193,4
Yozgat_Tokat_1	8,02	2,6-Adocım TM	1670	21,7-Tokat	21,7	25,4
Yozgat_Sivas_1	8,03	13,1- Akdağmağdeni TM	1790	43-Sivas	43	47
Yozgat_Sivas_2	9,05	8,5-Sızır TM	2225	60,1-Sivas	60,1	61,9

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Yozgat için incelenen sahalardan Yozgat\_Çorum\_2 ve Yozgat\_Tokat\_1 kriterlere uygun sahalardır, ancak bu çalışmada Yozgat\_Tokat\_1 rüzgâr hızı açısından uygun saha olarak seçilip, enerji analizi yapılmıştır.

## Karaman



Şekil 4.3. a) Karaman Sahası Genel Görünümü b) Karaman Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

Çizelge 4.4. Karaman İli Sınırları içerisinde tespit edilen alanlar

	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,D ME,NDB Mesafe (km)	Radar Mesafe (km)
Karaman_1	9,82	15,8- Karaman TM	1620	37,2- Ermenek	37,2	33,1
Karaman_2 (Eğim: %32,2-19,7)	10,11	18 – Karaman TM	2340	55,9- Ermenek	55,9	29,1
Karaman_Mersin_1	9,34	27,3- KaramanOSB	2270	120,5-Adana	120,5	53,4
Karaman_Mersin_2	9,84	3,13- Gezende TM	1640	0-Ermenek	0	61,6
Karaman_Mersin_3	9,47	4,6- Gezende TM	1580	18,9- Ermenek	18,9	94
Karaman_Konya_1( Eğim: %20,7-%21,5)	8,9	32,5- Gezende TM	2050	18,5- Ermenek	18,5	82,1
Karaman_Konya_Mersin_1 (Eğim: %22,2-%21)	10,45	16,1 Ereğli TM	2900	72,9-Adana	72,9	78,7

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi, Karaman ili için Karaman\_Mersin\_3 kriterlere uyan tek sahadır. Rüzgâr hızı yüksek olduğu için enerji analizi gerçekleştirilmiştir.



Çizelge 4.5. Sivas İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

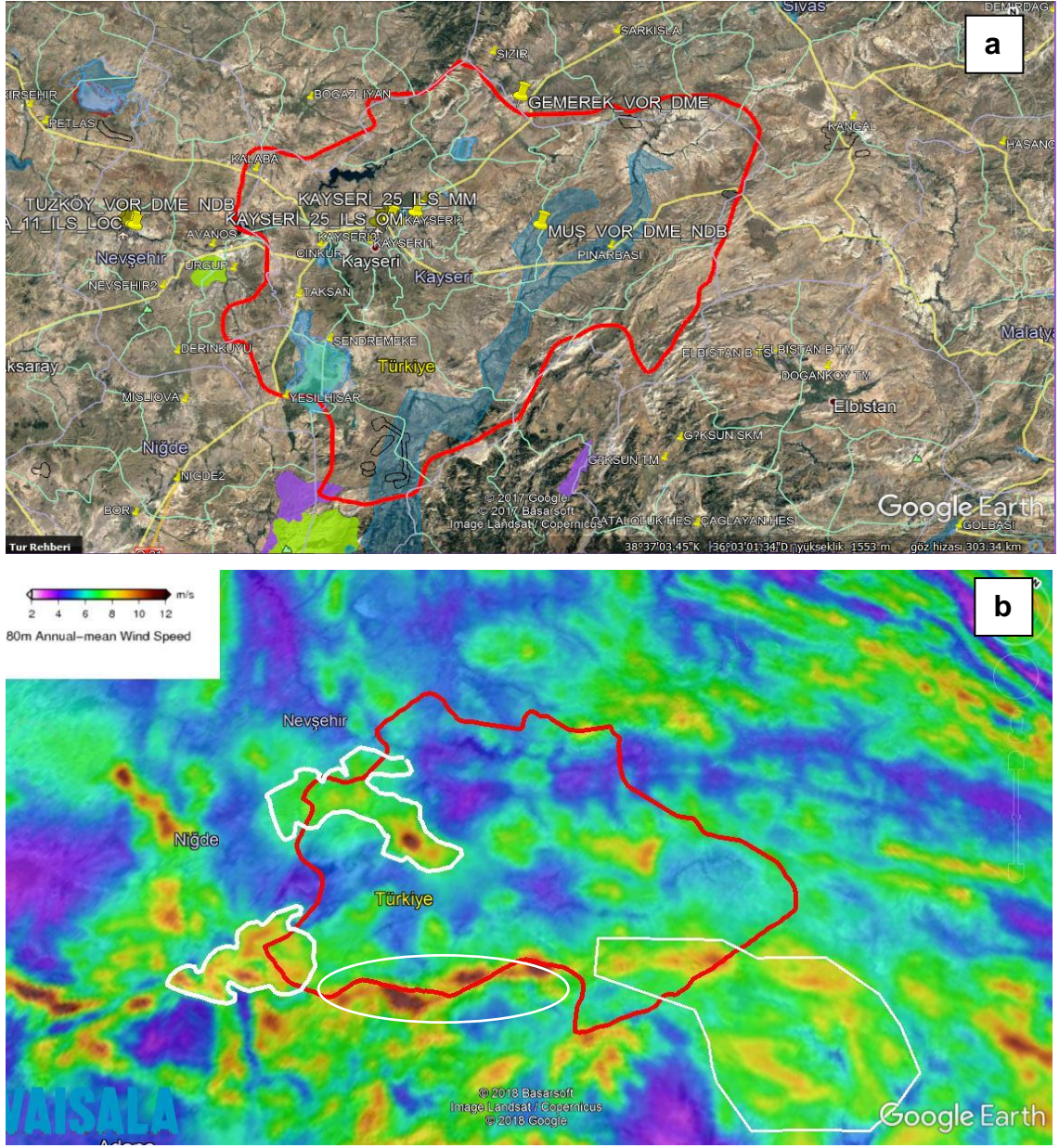
	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME ,NDB Mesafe (km)	Radar Mesafe (km)
Sivas_1(Eğim: %20,5-%21,7)	9,40	13,3-Demirdağ TM	2530	63,3-Vebel MSSR	63,6	81,2
Sivas_2(Eğim: %23,3-%17,5)	9,03	14,1 - Demirdağ TM	2410	36,5-Vebel MSSR	36,5	40,2
Sivas_3	8,76	28,4-Deceko TM	2100	50,8-Vebel MSSR	50,8	54
Sivas_Tokat_1 (Eğim: %20,5-%20,3)	10,01	13,4-SivasOSB	1950	13,4-Sivas	13,4	22,1
Sivas_Tokat_2	8,03	12,1-Adocım TM	1850	18,6-Vebel MSSR	18,6	21,9
Sivas_Erzincan_1	10,04	6,4-Ferrokrom TM	2580	17,3-Vebel MSSR	17,3	80,3
Sivas_Erzican_Malatya_1	10,72	2,8-Hasaңcelebi TM	2630	13,7-DCI Divriği	13,7	99,1
Sivas_Malatya_K.Maraş_Kayseri_1	10,17	6,8- Pınarbaşı TM, Elbistan A TM	2300	31,6-Muş	31,6	90,6

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Sivas ili için rüzgâr hızının yüksek olmasına karşın, kriterlere uygun saha belirlenememiştir.

## Kayseri



Şekil 4.5. a) Kayseri Sahası Genel Görünümü b) Kayseri Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

Çizelge 4.6. Kayseri İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

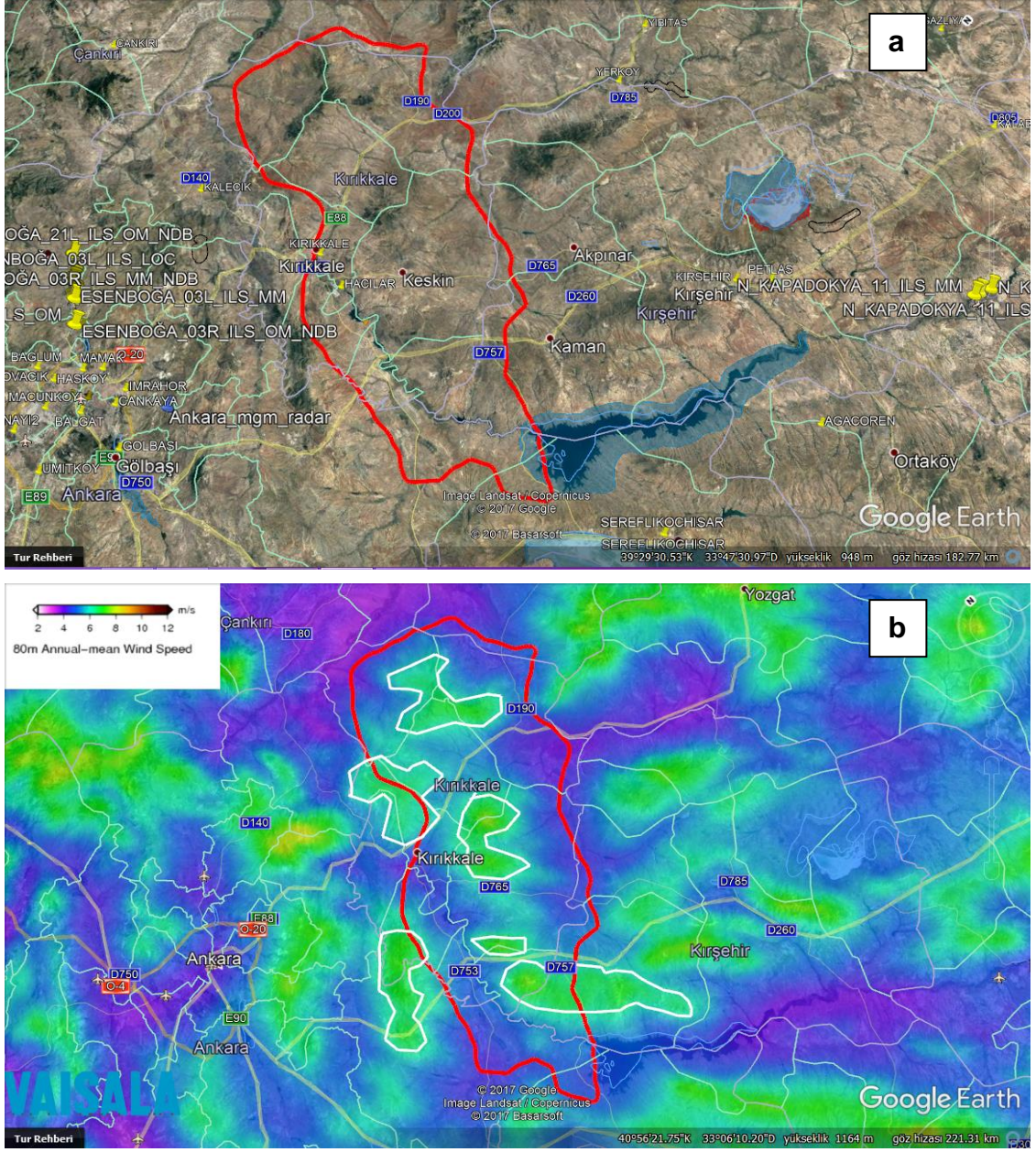
	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME,N DB Mesafe (km)
Kayseri_1	9,32	20,8- Kayseri_Kap TM	2375	33,8-Kayseri	6,8-MuşVOR
Kayseri_Nevşehir_ 1(Erciyes Dağı)	11,93	0 - Taksan TM	2800	19- Kayseri	17,1
Kayseri_Adana_1	11,46	23,3-Pınarbaşı TM	2290	63,2-Kayseri	59,1
Kayseri_Adana_2	10,58	16,4- Yeşilhisar	3200	78,4- Kayseri	79

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Kayseri ili için, Sivas’da gözlemlenen sonuca benzer olarak, rüzgâr hızının yüksek olmasına karşın, eğim ve trafo merkezlerine uzaklık dolayısı ile uygun saha bulunamamıştır.

## Kırıkkale



Şekil 4.6. a) Kırıkkale Sahası Genel Görünümü b) Kırıkkale Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü



Çizelge 4.7. Kırıkkale İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

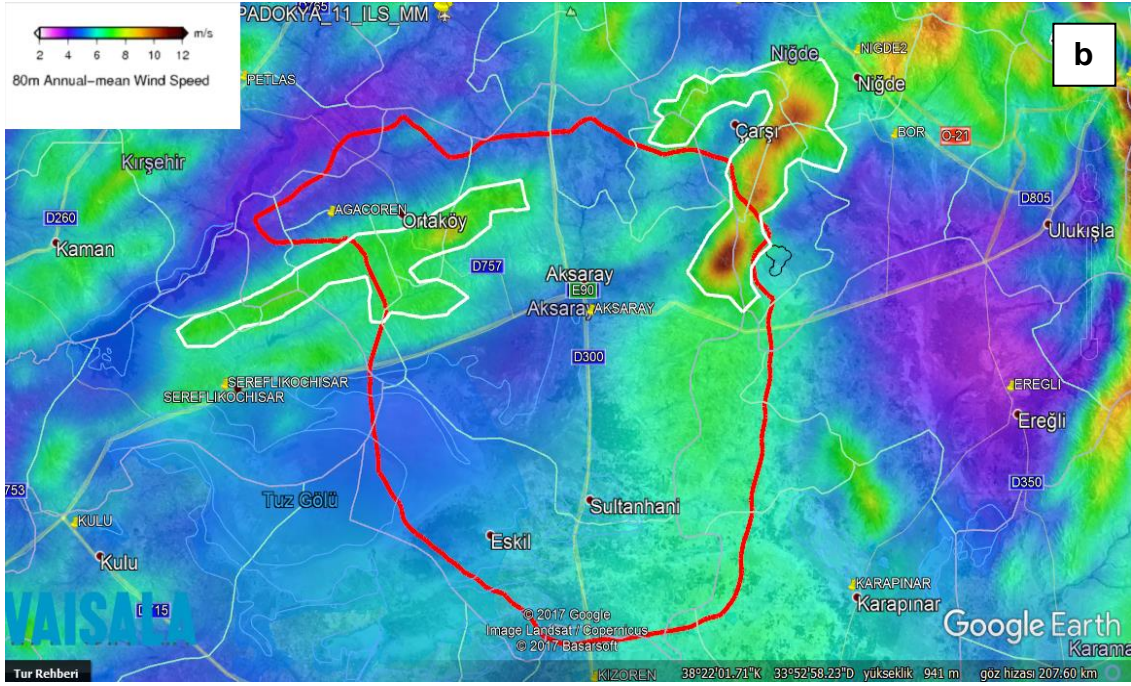
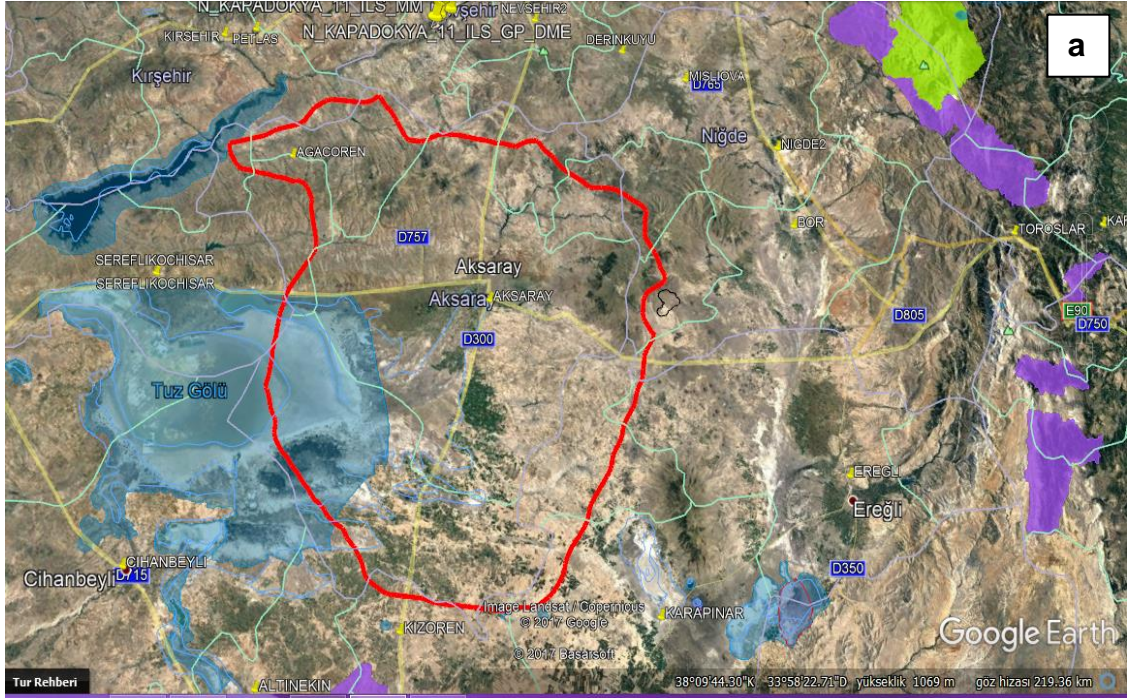
	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME,N DB Mesafe (km)	Radar Mesafe
Kırıkkale_1	6,99	24,5- Kalecik TM	1330	62,3- Esenboğa	72,5	72,1
Kırıkkale_2	7,73	10,27 - Hacılar TM	1580	64,9- Esenboğa	56,9	57,7
Kırıkkale_3(E ğim: %18,5- %22,1)	7,69	16,4- Hacılar TM	1480	67,5- Esenboğa	48,6	47,3
Kırıkkale_An kara_1	6,57	5,24- Kırıkkale TM	1220	43,6- Esenboğa	45,6	44,9
Kırıkkale_An kara_2	7,15	13,1- Hacılar TM	1520	45,6- Esenboğa	24,1	23,9
Kırıkkale_Kır şehir_1	7,56	27- Hacılar TM	1480	76,4- Esenboğa	54,3	53,1

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Kırıkkale’de trafo merkezine olan uzaklık temel engel olmakla birlikte, rüzgâr hızının düşük olması ve eğimli araziler olması nedeniyle uygun saha seçilememiştir. Eğimde olumsuz faktörlerden bir tanesidir.

## Aksaray



Şekil 4.7. a) Aksaray Sahası Genel Görünümü b) Aksaray Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

Çizelge 4.8. Aksaray İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

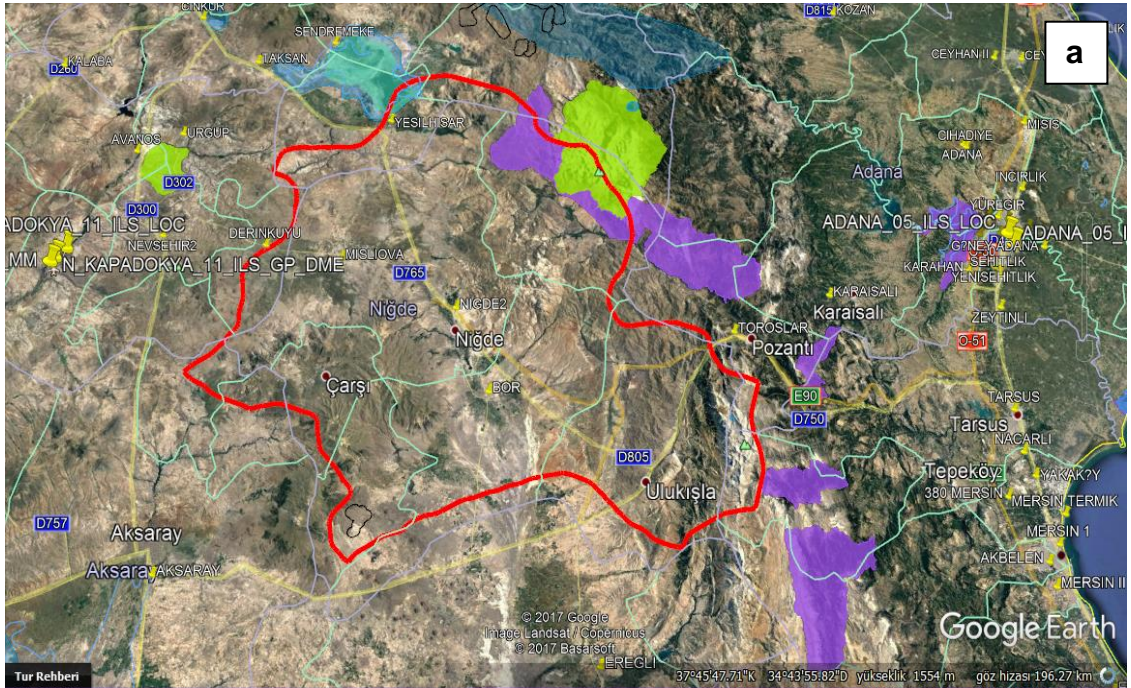
	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME,NDB Mesafe (km)
Aksaray_Niğde_1	11,68	2,72- Niğde2 TM	2990	50,5- Kapadokya	72,5
Aksaray_Ankara_1	8,83	6,36 Ağaçören TM	1900	38,4- Kapadokya	56,9

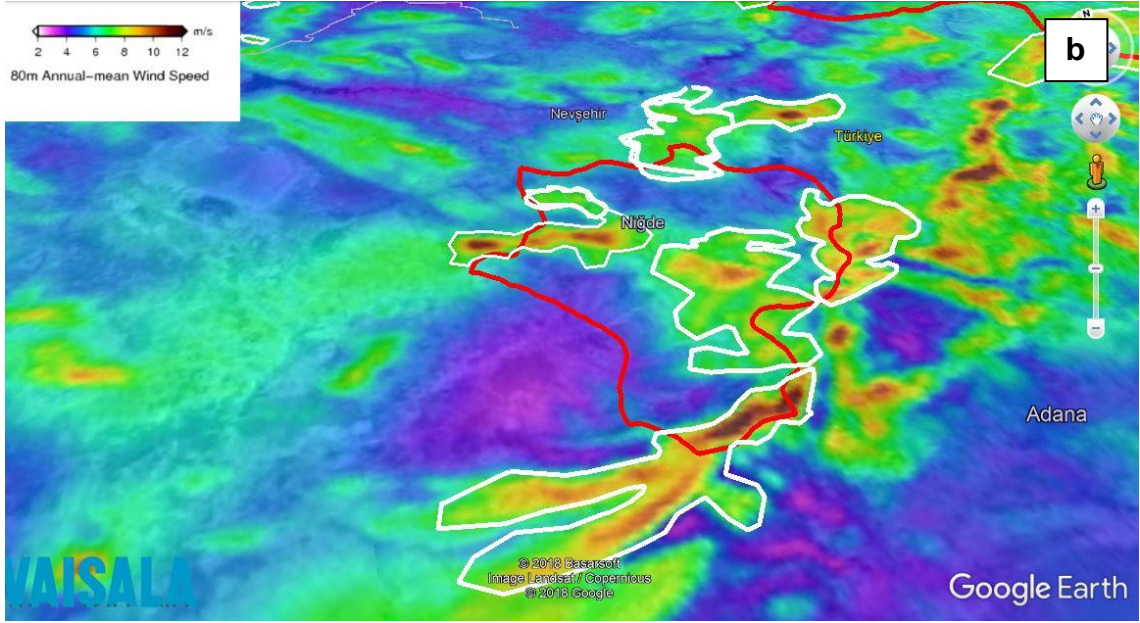
■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi, Aksaray\_Niğde\_1 sahası kriterlere uyan tek sahadır. Rüzgâr hızı yüksek olduğu için enerji analizi gerçekleştirilmiştir.

## Niğde





Şekil 4.8. a) Niğde Sahası Genel Görünümü b) Niğde Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

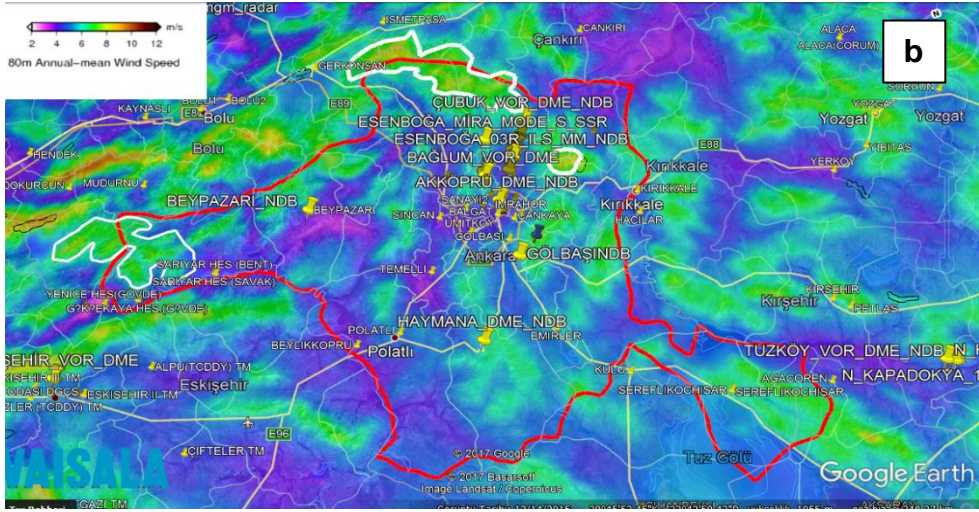
Çizelge 4.9. Niğde İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME,NDB Mesafe (km)
Niğde_1	7,55	14,5- Misliova TM	2100	53,3- Adana	54
Niğde_Adana_1 (Eğim: %22-%25)	10,35	6,7 - Bor TM	2250	46,4- Adana	66,8
Niğde_Nevşehir_1	7,81	0,7-Ürgüp TM	1740	36- Kayseri,Kapadokya	36,4
Niğde_Kayseri_1 (Eğim: %31,6-%27,5)	10,11	17,11- Yeşilhisar TM	3200	74,9- Adana	73,1
Niğde_Mersin_1 (Eğim: %23,4-%25,7)	11,34	0- Toroslar TM	3150	60,1- Adana	65,5

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan  
■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Çizelge 4.9’de görüldüğü gibi, Niğde\_Nevşehir\_1 sahası kriterlere uyan tek sahadır. Rüzgâr hızı yüksek olduğu için enerji analizi gerçekleştirilmiştir.



## Ankara



Şekil 4.9. a) Ankara Sahası Genel Görünümü b) Ankara Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

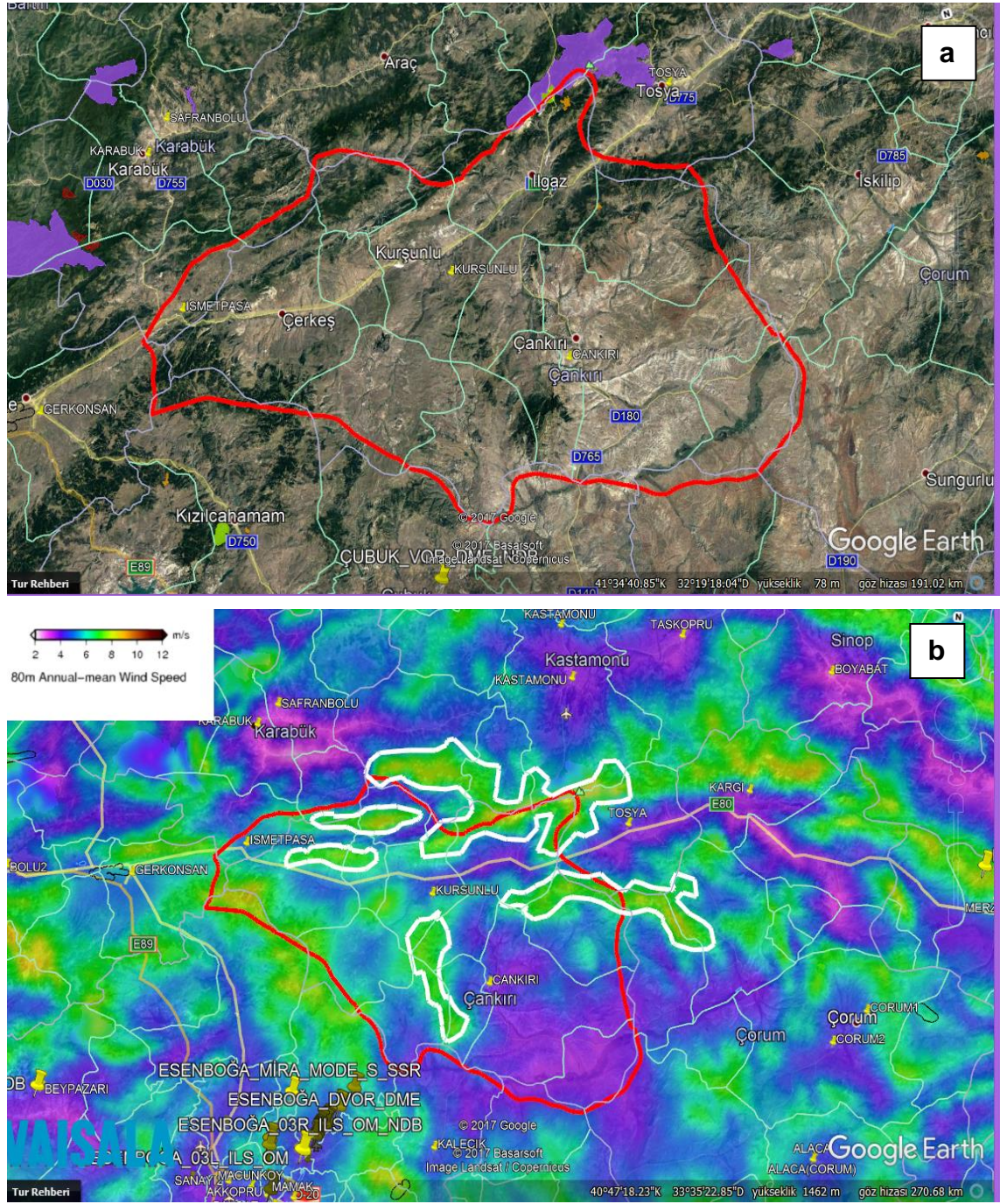
Çizelge 4.10. Ankara İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME,N DB Mesafe (km)	Radar (km)
Ankara_Bolu_1	7,66	7,5- Sarıyar HES Gökçekaya HES TM	1350	52- Esenboğa	52	71- Bursa
Ankara_1	8,59	7,25-Baştaş TM	1940	17,2- Esenboğa	20,5	30,6- Ankara
Ankara_Çankırı_Bolu_1	8,69	7-İsmetpaşa TM	1850	20,2- Esenboğa	7,5- Çubuk	70,3- Zonguldak

-  Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan  
 Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Ankara’da rüzgâr potansiyelinin yüksek olmasına karşın, trafo merkezlerine olan uzaklık nedeniyle saha seçilmemiştir

## Çankırı



Şekil 4.10. a) Çankırı Sahası Genel Görünümü b) Çankırı Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

Çizelge 4.11. Çankırı İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME, NDB Mesafe (km)
Çankırı_1	7,69	4,3- Kurşunlu TM	1700	47- Esenboğa	32,5-Çubuk
Çankırı_2	8,62	22,2 - İsmetpaşa TM	1580	58- Kastamonu	58- Kastamonu
Çankırı_3	7,54	13,4- İsmetpaşa TM	1600	73-Esenboğa	63,3-Çubuk
Çankırı_Kastamonu_ 1	8,86	9,4- Tosya TM	2100	26,1- Kastamonu	26,4- Kastamonu
Çankırı_Çorum_1	8,52	15,4- Tosya TM	2000	55,3- Kastamonu	55- Kastamonu

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Çankırı\_1 sahası, kriterler uygun görünmektedir, ancak rüzgâr hızının diğer uygun sahalara göre düşük olması nedeniyle enerji analizi için seçilmemiştir.





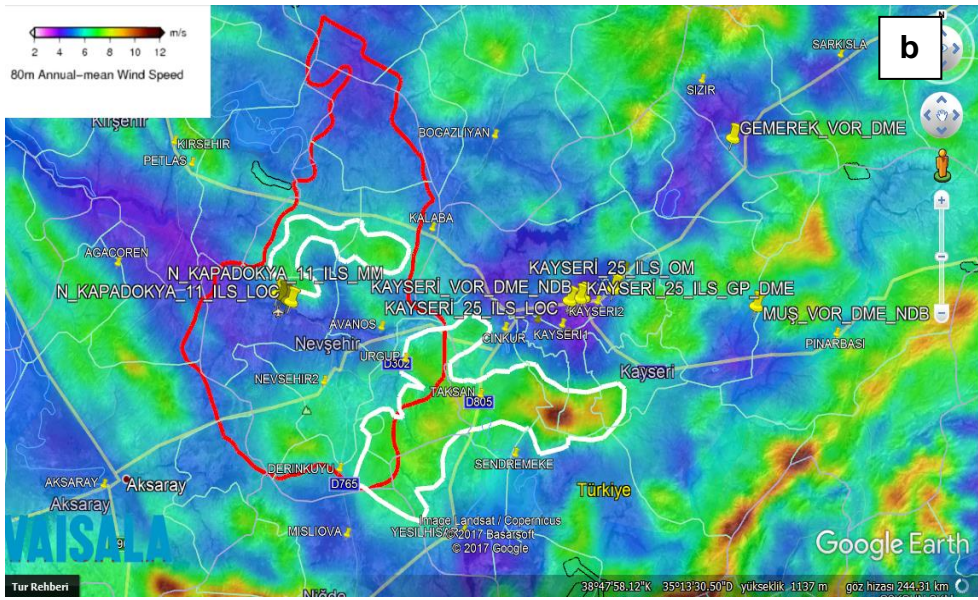
Çizelge 4.12. Konya İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME ,NDB Mesafe (km)	Radar Mesafe (km)
Konya_Isparta_1	11,52	1 - Seka TM 1 - Akşehir TM	2500	42- Afyon	44,6- Afyon	43,5- Afyon
Konya_1	9,13	2,7 – Ladikli TM	2200	7,5- Konya	8-Konya	80- Karaman
Konya_2	8,67	19-Beyşehir TM 16,41- Seydişehir	2100	46-Konya	39-Konya	71,3- Karaman
Konya_Antalya_1	11,49	8,7-Seydişehir TM	2250	83-Antalya	76-Antalya	95,2- Karaman
Konya_Adana_1 (Eğim: %23,4-%25,7)	12,46	0- Toroslar TM	2900	58,4- Adana	60,4- Adana	61,4- Karaman

- Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan  
■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi, Konya\_Isparta\_1, Çizelge3.1’deki kriterleri sağlayan uygun sahadır. Rüzgâr hızı diğer sahalara göre üstün olduğu için enerji analizi gerçekleştirilmiştir.


## Nevşehir




Şekil 4.12. a) Nevşehir Sahası Genel Görünümü b) Nevşehir Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

Çizelge 4.13. Nevşehir İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

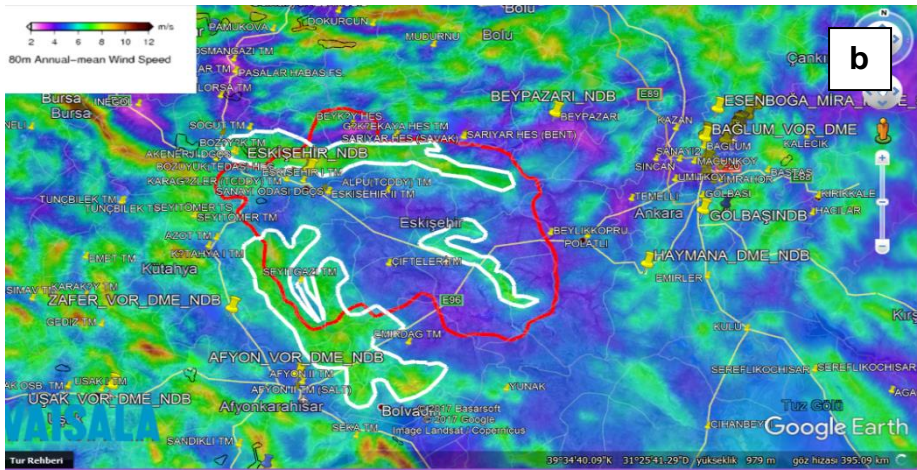
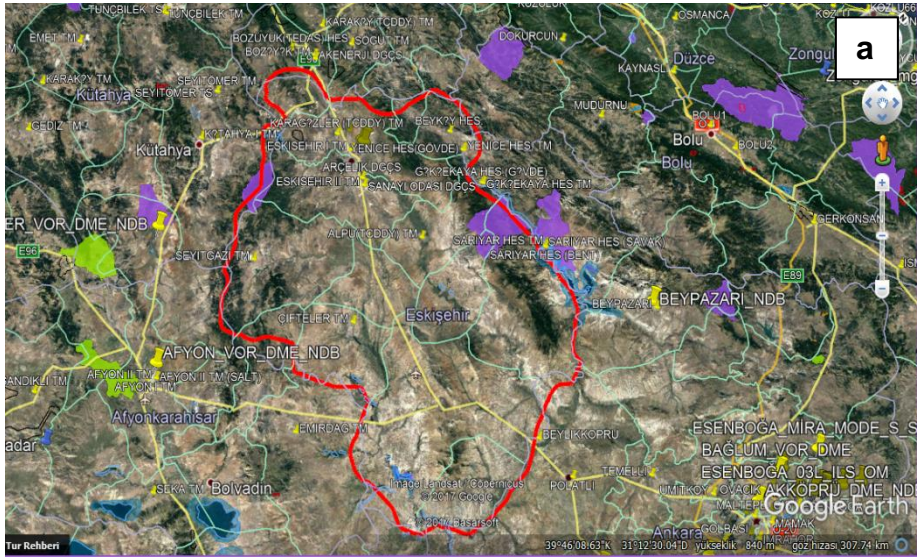
	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME,N DB Mesafe (km)
Nevşehir_1	7,38	7,3-Kalaba TM	1600	6,4-Kapadokya	6,4-Kapadokya
Nevşehir_Kayseri_1	11,3	0-Taksan TM	3300	22,3-Kayseri	24,2-Kayseri

 Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

 Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Nevşehir’de kriterlere uygun saha bulunamamıştır.

## Eskişehir



Şekil 4.13. a) Eskişehir Sahası Genel Görünümü b) Eskişehir Sınırları ve Vaisala Haritası ile Birlikte Görünümü

Eskişehir’de kriterlere uygun saha bulunamamıştır.

Çizelge 4.14. Eskişehir İli Sınırları İçerisinde Tespit Edilen Sahalar

	Rüzgâr Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VOR,DME,N DB Mesafe (km)	Radar Mesafe (km)
Eskişehir_1	7,53	7,3-Kalaba TM	1600	2,9- Sivrihisar	3-Sivrihisar	107,35-Ankara
Eskişehir_ Kütahya_ Afyon_1	8,80	0-Taksan TM	2200	15,3-Zafer	14,4-Zafer	51,8-Afyon
Eskişehir_ Bilecik_1	8,24	11,7-Sarıyar HES 2,5-Gökçekaya 3-Eskişehir3 0-Bozhöyük 0-Akenerji DGS	1600	7,2-Eskişehir	6,9-Eskişehir	57,8-Bursa

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uymayan

■ Çizelge 3.1’de belirtilen kriterlere uyan

Sonuç olarak, Çizelge4.2 - Çizelge4.14'de verilen bilgiler doğrultusunda 13 ilde inceleme yapılan 61 sahadan 7 tanesi, bu çalışmada gözönüne alınan ve Çizelge 3.1'de tanımlanan kriter ve kısıtlamalara uymaktadır. Sahaya hakim noktanın ortalama rüzgâr hızına göre sıralandığında, uygun yedi alan;

1. 11,68 m/s : Aksaray\_Niğde\_1
2. 11,52 m/s: Konya\_Isparta\_1
3. 9,47 m/s: Karaman\_Mersin\_3
4. 8,2 m/s: Yozgat\_Tokat\_1
5. 7,81 m/s: Niğde\_Nevşehir\_1
6. 7,69 m/s: Çankırı\_1
7. 7,5 m/s: Yozgat\_Çorum\_2

olarak alınmıştır. Rüzgâr hızı değerleri dikkate alınarak 7 saha içerisinde yapılan sıralama sonucu Çankırı\_1 ve Yozgat\_Çorum\_2 sahaları modelleme dışı bırakılarak, rüzgâr hızı yüksek olan 5 saha seçilmiştir. Verilen rüzgâr hızı değerleri, santral sahaları içerisinde kalan ve santral sahasına hakim noktaları temsil etmektedir. Rüzgâr hızı hesaplamaları Vaisala OYJ. tarafından yüksek performansa sahip bilgisayarlarda işlenmemiş uydu verileri kullanılarak yapılmıştır.

#### 4.2. Uygun Görülen Sahaların Meteorolojik, WindoGrapher, WindFarmer ve Ekonomik Analizleri ve Sonuçları

Çalışılan sahalarda için, MERRA verileri kapsamında 50 metrede ortalama rüzgâr hızları ve 30 yıllık periyotta MERRA verilerinin minimum ve maksimum değerleri olan Rüzgâr hızları değişim aralığı, aşağıda verilmiştir;

- MERRA verileri kapsamında 50 metrede ortalama rüzgâr hızları
  - Aksaray\_Niğde\_1 sahasında 4.772m/s
  - Karaman\_Mersin\_3 sahasında 3.918m/s
  - Konya\_Isparta\_1 sahasında 4.671 m/s
  - Niğde\_Nevşehir\_1 sahasında 4.773 m/s
  - Yozgat\_Tokat\_1 sahasında 5.258 m/s
- Rüzgâr hızları değişim aralığı,
  - Aksaray\_Niğde\_1 sahasında 0m/s ila 22m/s.
  - Karaman\_Mersin\_3 sahasında 0.010m/s ila 18m/s
  - Konya\_Isparta\_1 sahasında 0 m/s ila 24.8m/s
  - Niğde\_Nevşehir\_1 sahasında 0 m/s ila 24.9m/s
  - Yozgat\_Tokat\_1 0 m/s ila 17.4m/s

Çizelge 4.15’de WindGrapher ile yapılan analizin orijinal çıktıları verilmiştir. Analizlerin 6. satırında verilen hava yoğunlukları WindFarmer analizi gerçekleştirilirken analiz ayarlarında kullanılmıştır. Kullanılan MERRA verileri NASA tarafından ayıklanmış ve işlenmiş verilerdir. Mevcut Veri Sayısı ve Geçerli Veri Sayısı eşit çıkmaktadır. Bu da Geçerli Veri Oranı oranını %100 yapmaktadır. Gerçekleştirilen analizde bir diğer önemli nokta maksimum ve minimum rüzgâr hızı değerlerinin görülebilmeleridir. Bunun nedeni, Çizelge 3.5’de verilen güç eğrisi değer tablosunda Generic Turbine için verilmiş olan devreye girme ve devreden çıkma noktaları için saha bazında eşleştirme yapmamızı sağlamaktadır. Ek olarak Yozgat\_Tokat\_1 sahası için minimum sıcaklık değeri -22 dereceleri görmektedir. Bu durum Giriş Bölümü’nde incelenen örnek çalışmalar ışığında rüzgâr enerji santrali kurulumuna engel değildir. Giriş Bölümü’nde belirtilen 50 metrede uygun kabul edilen rüzgâr hızı ( 7.5m/s ) ile analiz sonucu çıkan ortalama rüzgâr hızları arasında farklılık gözlenmektedir. Bunun sebebi referans alınan rüzgâr hızının WindoGrapher tarafından saha en yakın nokta



seçme zorunluluğudur. Bu durum analiz yapılmasına engel teşkil bir eden etken değildir. Çünkü sahanın topografyasına bağlı yapılan rüzgâr hızı hesaplamaları ile uygun yerlerin rüzgâr hızı değerleri bulunarak enerji analizleri yapılmıştır.

Çizelge 4.15. Seçilen Sahaların Meteorolojik Analiz Sonuçları

Parametre	Birim	Yükseklik	Mevcut Veri Sayısı	Geçerli Veri Sayısı	Geçerli Veri Oranı	Ortalama	Aylık Ortalama	Medyan	Min	Max	Standart Sapma
Rüzgâr Hızı	m/s	50m	333,120	333,120	%100	4.772	4.772	4.370	0	22.990	2.524
Rüzgâr Yönü	°	50m	333,120	333,120	%100	70.2	162.8	158.7	0	360	97.5
Sıcaklık_10m	°C	10m	333,120	333,120	%100	10.42	10.42	10.30	-17.5	36.9	9.46
Sıcaklık_2m	°C	2m	333,120	333,120	%100	10.02	10.02	9.50	-20.9	38.6	10.0
Basınç_0m	kPa	0m	333,120	333,120	%100	85.7	85.7	85.7	82.8	83.7	0.4
Hava Yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>		333,120	333,120	%100	1.049	1.049	1.050	0.946	1.167	0.037
Güç Yoğunluğu	W/m <sup>2</sup>		333,120	333,120	%100	114	114	44	0	6.390	216

a) Aksaray\_Niğde\_1 Sahası

Parametre	Birim	Yükseklik	Mevcut Veri Sayısı	Geçerli Veri Sayısı	Geçerli Veri Oranı	Ortalama	Aylık Ortalama	Medyan	Min	Max	Standart Sapma
Rüzgâr Hızı	m/s	50m	333,120	333,120	%100	3.918	3.918	3.560	0.010	18.060	2.115
Rüzgâr Yönü	°	50m	333,120	333,120	%100	331.7	220.5	230.6	0	360	84.3
Sıcaklık_10m	°C	10m	333,120	333,120	%100	13.34	13.34	12.80	-14.8	39.4	9.43
Sıcaklık_2m	°C	2m	333,120	333,120	%100	12.95	12.95	12.10	-16.9	41.3	10.04
Basınç_0m	kPa	0m	333,120	333,120	%100	89.1	89.1	89.1	86.3	90.7	0.4
Hava Yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>		333,120	333,120	%100	1.079	1.079	1.081	0.973	1.203	0.039
Güç Yoğunluğu	W/m <sup>2</sup>		333,120	333,120	%100	66	66	24	0	3.348	128

b) Karaman\_Mersin\_3 Sahası

**Çizelge 4.15.** Seçilen Sahaların Meteorolojik Analiz Sonuçları (Çizelge 3.15 devam ediyor)

Parametre	Birim	Yükseklik	Mevcut Veri Sayısı	Geçerli Veri Sayısı	Geçerli Veri Oranı	Ortalama	Aylık Ortalama	Medyan	Min	Max	Standart Sapma
Rüzgâr Hızı	m/s	50m	333,120	333,120	%100	4.671	4.671	4.210	0	24.870	2.573
Rüzgâr Yönü	°	50m	333,120	333,120	%100	12.0	153.8	176.2	0	360	98.4
Sıcaklık_10m	°C	10m	333,120	333,120	%100	10.41	10.41	10.20	-19	34.6	9.15
Sıcaklık_2m	°C	2m	333,120	333,120	%100	10.13	10.13	9.80	-19.2	35.8	9.47
Basınç_0m	kPa	0m	333,120	333,120	%100	86.1	86.1	86.2	82.8	87.7	0.4
Hava Yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>		333,120	333,120	%100	1.055	1.055	1.055	0.957	1.185	0.036
Güç Yoğunluğu	W/m <sup>2</sup>		333,120	333,120	%100	115	114	39	0	7.847	243

c) Konya\_Isparta\_1 Sahası

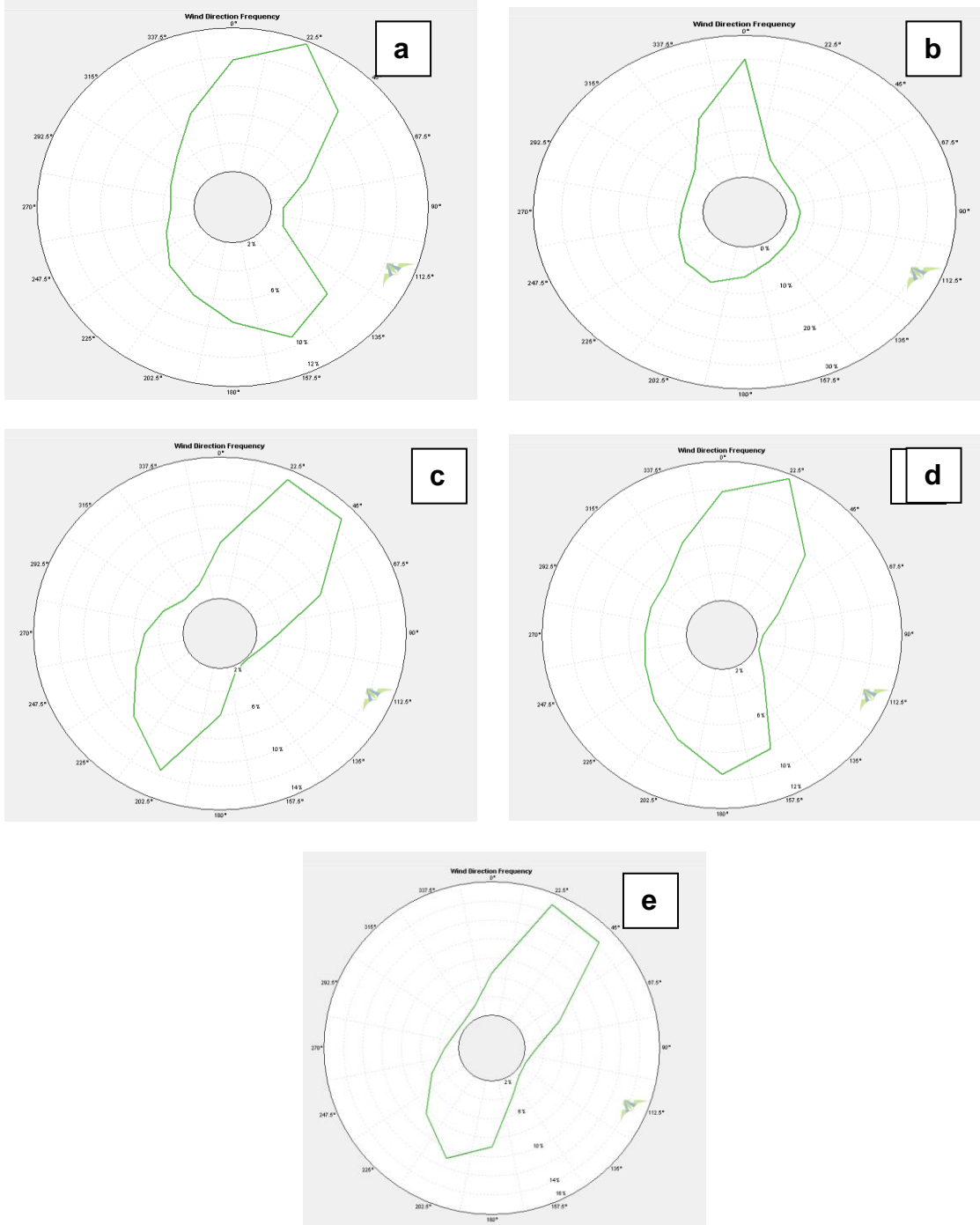
Parametre	Birim	Yükseklik	Mevcut Veri Sayısı	Geçerli Veri Sayısı	Geçerli Veri Oranı	Ortalama	Aylık Ortalama	Medyan	Min	Max	Standart Sapma
Rüzgâr Hızı	m/s	50m	333,120	333,120	%100	4.773	4.773	4.410	0	22.840	2.529
Rüzgâr Yönü	°	50m	333,120	333,120	%100	264.7	173.8	179.8	0	360	99.5
Sıcaklık_10m	°C	10m	333,120	333,120	%100	10.46	10.46	10.40	-20.1	37.3	9.51
Sıcaklık_2m	°C	2m	333,120	333,120	%100	10.11	10.11	9.80	-22.5	39.1	10.04
Basınç_0m	kPa	0m	333,120	333,120	%100	86.4	86.4	86.4	83.5	88.0	0.4
Hava Yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>		333,120	333,120	%100	1.057	1.057	1.057	0.950	1.191	0.038
Güç Yoğunluğu	W/m <sup>2</sup>		333,120	333,120	%100	114	114	45	0	6.433	218

d) Niğde\_Nevşehir\_1 Sahası

Parametre	Birim	Yükseklik	Mevcut Veri Sayısı	Geçerli Veri Sayısı	Geçerli Veri Oranı	Ortalama	Min	Max	Standart Sapma
Rüzgâr Hızı	m/s	50m	346,968	346,968	%100	5.258	0.010	24.920	2.653
Rüzgâr Yönü	°	50m	346,968	346,968	%100	145.7	0	360	98.4
Sıcaklık_10m	°C	10m	346,968	346,968	%100	10.1	-19.3	40.1	9.3
Sıcaklık_2m	°C	2m	346,968	346,968	%100	9.9	-22.7	41.9	9.8
Basınç_0m	kPa	0m	346,968	346,968	%100	88.8	85.8	90.5	0.5
Hava Yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>		346,968	346,968	%100	1.089	0.968	1.224	0.039
Güç Yoğunluğu	W/m <sup>2</sup>		346,968	346,968	%100	150	0	8.279	273

e) Yozgat\_Tokat\_1 Sahası

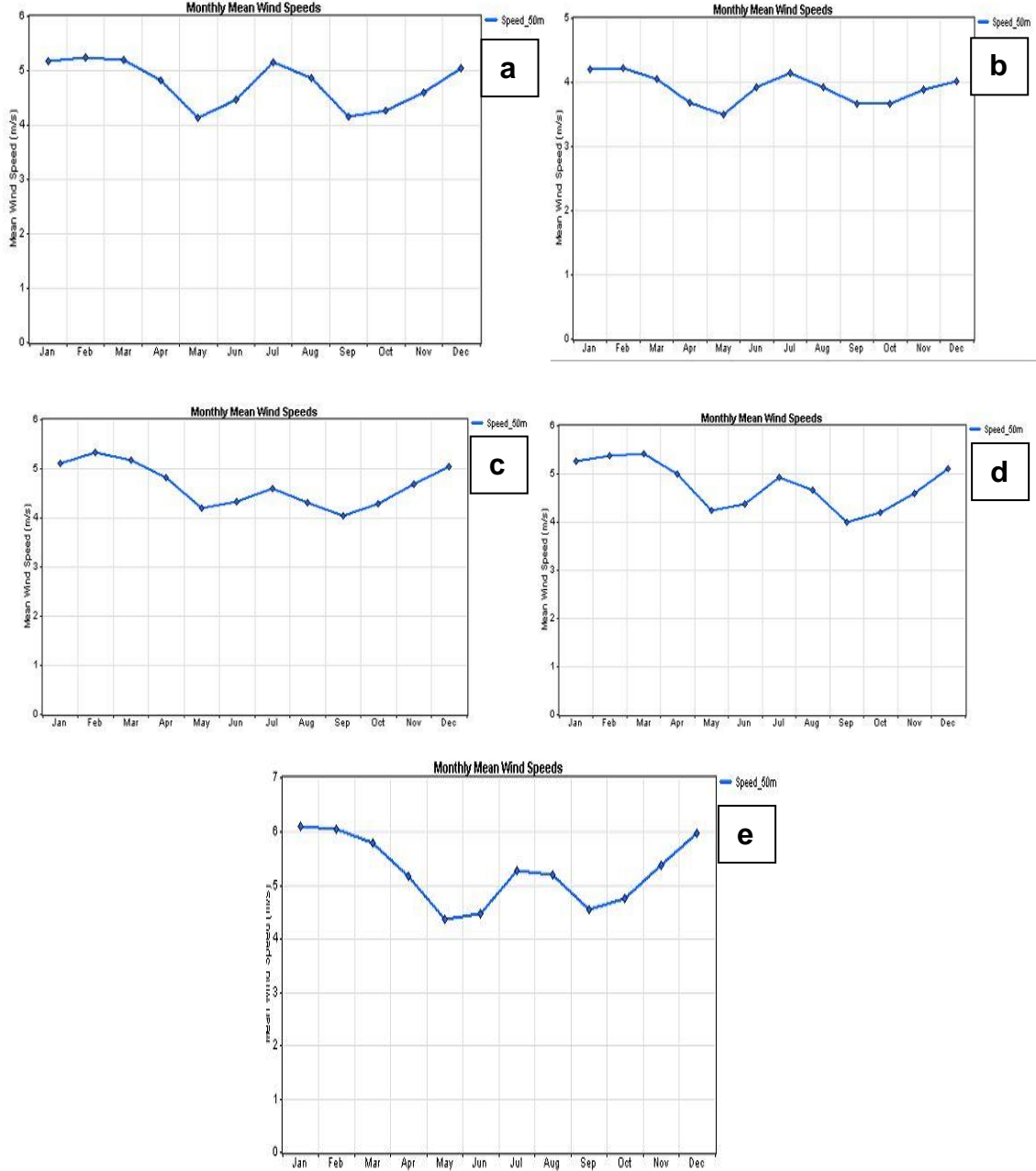
Rüzgâr enerji santallerinde türbinleri konuşlandırırken kritik noktalardan bir tanesi rüzgâr yönüdür. Örneğin dağ yamacına türbin konuşlandırılması gereken durumlarda rüzgâr yönü, hangi yamçın seçileği hususunda kritik öneme sahiptir. Ek olarak türbinin kafasının hareketli olup olmayacağı rüzgârın yönü ve esme yoğunluğu ile alakalıdır. Bölüm 2’de açıklanan rüzgâr frekans gülleri oluşturularak, 5 sahanın rüzgâr yönleri güllü elde edilmiş ve Şekil 4.14.’de orijinal program görüntüleri verilmiştir. Diğer sahalardan farklı olarak Karaman\_Mersin\_3 sahası hakim tek yön hakim olup rüzgâr yönü kuzeydir diğer bir deyişle %20 oranında 0°’den esmektedir. Diğer dağılımı ise 202.5°’ye doğru yayılmaktadır. Aksaray\_Niğde\_1 sahasında ise 22.5° ve 157.5° değerlerinde olan 2 farklı doğrultuda esmektedir. Konya\_Isparta\_1 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahaları benzer rüzgâr rejimine sahiptir. Bu iki sahada dikkat çeken nokta birinci hakim yön 22.5° - 45° arasında dağılmaktadır. İkinci hakim yön ise 202.5°’dir. Niğde\_Nevşehir\_1 sahasında diğer sahalardan farklı olarak ikinci hakim rüzgâr yönü güneydir (180°). Birinci hakim rüzgâr yönü 22.5°’dir.



Şekil 4.14. Çalışılan Sahaların Rüzgâr Yön Gülleri

- a) Aksaray\_Niğde\_1    b) Karaman\_Mersin\_3    c) Konya\_Isparta\_1  
d) Niğde\_Nevşehir\_1    e) Yozgat\_Tokat\_1

Şekil 4.15’de meteorolojik analiz sonucu çalışılan sahaların orijinal çıktılar ile aylık rüzgâr hızı ortalamaları verilmiştir. Görüldüğü sahaların aylık rüzgâr hızı rejimleri oransal olarak benzerlik göstermektedir. Bu da İç Anadolu Bölgesi’nin rüzgâr hızı rejimi hakkında bilgi sağlamaktadır. Sahaların aylık rüzgâr hız ortalamaları Mayıs ve Eylül aylarında en düşük değerli ortalamalara sahiptir.



Şekil 4.15. Çalışılan Sahaların Aylık Rüzgâr Hızı Ortalamaları

a) Aksaray\_Niğde\_1 b) Karaman\_Mersin\_3 c) Konya\_Isparta\_1

d) Niğde\_Nevşehir\_1 e) Yozgat\_Tokat\_1

Çizelge 4.16.'de WindFarmer ile yapılan analiz sonuçları ve analiz ayarları verilmiştir. Ek 5'de verildiği ve açıklandığı gibi burda sarı ile boyalı kutular analiz sonuçları beyaz ile boyalı kutular analiz ayarlarını göstermektedir. Çizelge 4.16'de görüldüğü gibi Topografik verimler bütün sahalar için %100'ün üzerindedir bunun anlamı saha analizi sonucu oluşturulan saha birçok noktasındaki rüzgâr hızının ve üretiminin MERRA referans noktasına göre yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda brüt enerji ile ideal enerji arasındaki farkı izah etmektedir. Dizi verimlerinin %96'dan büyük olmasında türbin yerleşimleri gerçekleştirilirken birbirileri ile aralarındaki mesafenin başarılı bir şekilde ayarlandığını ifade etmektedir.

Kapasite faktörü hesabı yapılırken, 1 yıllık enerji üretim değeri hesaplama için kullanılmalıdır. Çünkü rüzgâr hızları mevsimsel olarak değişebilen parametredir. Bu yüzden kapasite faktörünün değerlendirilmesi yapılırken mevsimsel periyodun tamamlanarak hesaplanması doğru bir yaklaşım olmaktadır. Tez çalışmasında kapasite faktörü hesaplanırken yıllık periyotlarla sağlanan veriler üzerinden kapasite faktörü hesaplanmıştır. Şekil 4.16'de sahaların kapasite faktörlerinin yüksekten düşüğe doğru sıralanışı verilmiştir.

Çizelge 4.16. Tez Kapsamında Seçilen Sahaların Analiz Ayarları ve Analiz Sonuçları

	Aksaray_Nigde_1	Karaman_Mersin_3	Konya_Isparta_1	Nigde_Nevşehir_1	Yozgat_Tokat_1
İdeal Enerji – GWsaat/yıl	41.1486	20.7149	84.5489	117.5035	98.5494
Bürüt Verim - GWsaat/yıl	151.9768	78.6773	386.8173	269.5682	270.3737
Topografik Verim- %	369.34	379.81	457.51	229.413	274.353
Dizi Verimi -%	98.52107	99.22643	97.70331	96.55	97.66963
Elektriksel Verim -%	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Kullanılabilirlik -%	97	97	97	97	97
Diğer Faktörler -%	100	100	100	100	100
Buzlanma ve Kanat Bozulması - %	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
Trafo Bakımı -%	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8
Hizmet Dışı Kalma Süresi -%	99	99	99	99	99
Güç Eğrisi Türbülans Değişimi - %	100	100	100	100	100
Histeriz-%	100	100	100	100	100
Sektör Yönetimi -%	100	100	100	100	100
Tahmini Yıllık Net Enerji Üretimi (GWsaat/y)	139.2104	72.5842	351.383	241.9837	245.5213
Tahmini Kapasite Faktörü-%	36.507	19.0349	39.012	22.72	30.8632
Hava Yoğunluğu - kg/m <sup>3</sup>	1.049	1.079	1.055	1.057	1.089
Maksimum Üretim Sahip Türbin Numarası ve Üretimi (MWsaat/y)	T29-3356.55	T48-1617.86	T130-3168.8	T25-1926.54	T18-2508.47
Minimum Üretim Sahip Türbin Numarası ve Üretimi (MWsaat/y)	T52 – 1942.84	T32-861.8	T86-2249.23	T125-1184.95	T74-1728.52

Çizelge 4.16'da 17 ve 18 numaralı satırlarda 5 saha için en yüksek ve en düşük üretim yapan türbinlerin numaraları verilmiştir. Bu değerlerin belirtilme amacı düşük miktarda enerji üretimi gerçekleştiren türbinlerin yerlerinin değiştirilme imkanı olup olmadığını belirlemek ve ya türbinin eksiltilmesi seçeneğini ortaya sürmektedir.

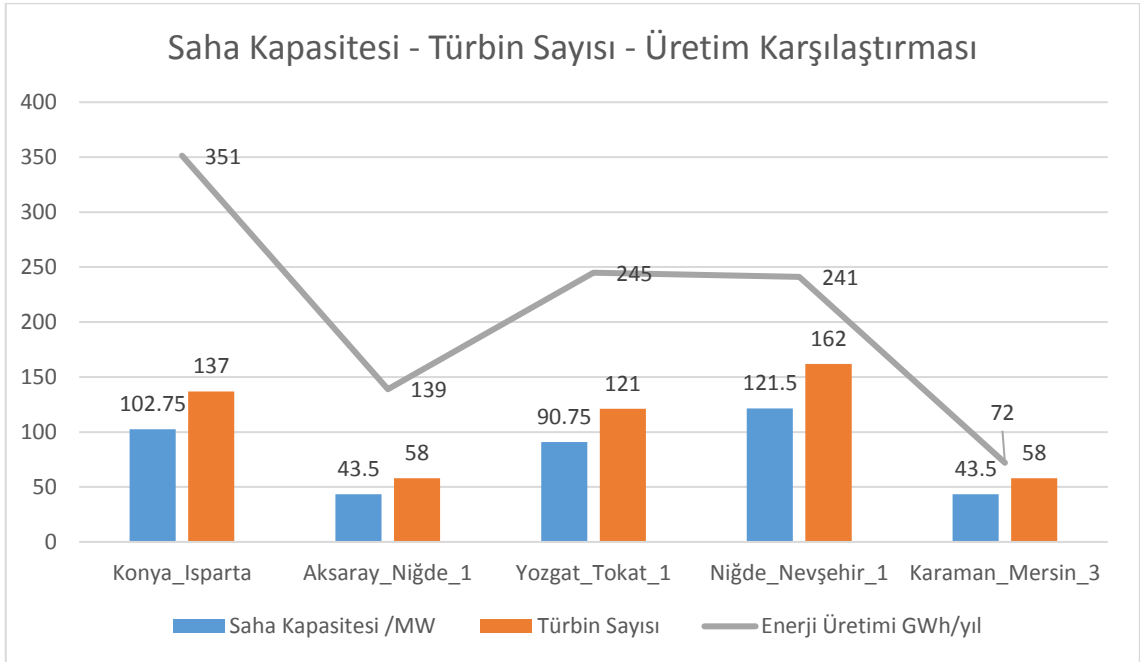
Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de, WindFarmer analizi yapılan sahaların kapasite faktörü, türbin sayısı ve enerji üretimi karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmanın yapılma amacı; üretimin, türbin sayısına ve saha kapasitesine bağlı olmadığını göstermektir. Üretimin yüksek olması yatırım yapılabilir anlamına gelmemektedir. Ekonomik açıdan projenin kendini ideal sürede amorti etmesi gerekmektedir.

Analiz gerçekleştirilirken bir diğer değerlendirilebilecek konu santrallerin 12\*24 Martis olarak adlandırılan saatlik üretimlerinin aylık bazda gösterilmesidir. Bu kapsamda İncelenen Sahaların 12\*24 Maris Şeklinde Saatlik Bazda Aylık Veri Üretimleri hesaplanmış ve EK7'de verilmiştir. Bütün sahaların değerleri hesaplandıktan sonra kapasite faktörleri uygun çıkan sahalardan; Konya\_Isparta\_1 bir sahası en çok üretimi 43975.35 kWsaat ile Şubat ayında gerçekleştirmektedir. Bunun anlamı en çok üretimin olduğu ay kış ayına denk geldiği için Giriş Bölümü'nde bahsedilen buzlanma önlemlerinin alınması büyük öneme sahip olduğudur. En çok üretimin yapıldığı saat ise 1 yıl için 19491.94 kWsaat ile 09:00 – 10:00 aralığıdır. Şubat ayında en çok üretim değeri Aksaray\_Niğde\_1 sahası için de geçerlidir. Bu ayda rüzgâr hızı bakımından verimli olan bu saha 15380.88 kWsaat üretim yapabileceği hesaplanmıştır. Anca bu sahada en çok üretimin gerçekleştiği saat aralığı 20:00 – 21:00'dir. Yozgat\_Tokat\_1 bir sahası ise bu sahalardan farklı olarak en çok üretim yaptığı ay Ocak'tır. Saat olarak ise 17:00 – 18:00'dir. Bu değerlerin incelenmesindeki amaç, santralin ve türbinin bakım zamanlarını planlarken türbin ve ya türbinlerin üretimi duracağı için düşük enerji üretiminin olduğu zamanlara göre planlamaktır. Bu durum sadece türbinler için geçerli olmayıp bağlantı ekipmanlarının bakımı esnasında da üretim duracağı için büyük önem taşımaktadır. Bu sahaların en düşük enerji üretimine sahip olduğu aylar sırasıyla Eylül, Mayıs ve Mayıs ayları olduğu için enerji üretiminin duracağı zorunlu bakımlar ve diğer işlerin bu aylarda yapılması uygundur.



Saha Adı		
Kapasite Faktörü	Yıllık Enerji Üretimi	Toplam Mekanik Kapasite= Türbin Sayısı * Türbin Nominal Gücü
Konya_Isparta_1		
%39	351.3830GWsaat/yıl	102.75MW=137*750kW
Aksaray_Niğde_1		
%36.5	139.2104GWsaat/yıl	43.5MW=58*750kW
Yozgat_Tokat_1		
%30.9	245.5213GWsaat/yıl	90.75MW=121*750kW
Niğde_Nevşehir_1		
%22.7	241.9837GWsaat/yıl	121.5MW=162*750kW
Karaman_Mersin_3		
%19	72.5842GWsaat/yıl	43.5MW=58*750kW

Şekil 4.16. Sahaların Kapasite Faktörüne Göre Sıralanması



Şekil 4.17. Saha Kapasitesi – Türbin Sayısı – Enerji Üretimi Karşılaştırılması

Santrallerin P50 ve P90 olasılık değerleri ve P90/P50 oranı Çizelge 4.17’de verilmiştir. Konya\_Isparta\_1 ve Aksaray\_Niğde\_1 sahalarının P90/P50 değerleri %70’in üzerinde çıkmıştır. Bunun anlamı bankalar nezdinde sahanın yatırım yapılabilir olduğu düşünülmektedir[34]. Yozgat\_Tokat\_1 ve Karaman\_Mersin\_3 sahaları için %67 ile öneriler bölümündeki tavsiyeler sayesinde yükseltilebilir değere sahip olduğu

düşünülmektedir. . Niğde\_Nevşehir\_1 sahası ise %63 ile en düşük orana sahiptir ve ekonomik açıdan uygun bulunmamıştır.

Çizelge 4.17. Sahaların P50 ve P90 Olasılık Değerlerinin Karşılaştırılması

<b>Saha Adı</b>	<b>P50 Değeri (GWsaat)</b>	<b>P90 Değeri (GWsaat)</b>	<b>P90/P50</b>
<b>Konya_Isparta_1</b>	351.38	268.165	0,76
<b>Aksaray_Niğde_1</b>	139.21	103.392	0,74
<b>Yozgat_Tokat_1</b>	245.521	166.349	0,67
<b>Niğde_Nevşehir_1</b>	241.984	153.452	0,63
<b>Karaman_Mersin_3</b>	72.584	48.552	0,67

2.Bölüm’de açıklandığı gibi, Rüzgâr enerji santrallerinde bir diğer önemli faktör de belirsizlik faktörüdür. 1 Yıllık 10 Yıllık, 20 Yıllık belirsizlikler, Çizelge 4.18’de verilmiştir. Fiziksel ölçüm bulunmaması nedeniyle belirsizlik değerlerinde yükseklik söz konusudur. Çizelgeden görüldüğü üzere yıl sayısı arttıkça santralin üretim kararlılığı artacağı için, belirsizlik değerlerinde 1 yıldan sonra düşüş görülmektedir. Konya\_Isparta\_1 sahası ise belirsizlik olarak normal değerlere en yakın sonucu veren sahadır. Karaman\_Mersin\_3 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahası belirsizlik olarak en yüksek değerlere sahiptir.

Çizelge 4.18. Sahaların Belirsizlik Değerleri

<b>Saha Adı</b>	<b>1 Yıllık Belirsizlik%</b>	<b>10 Yıllık Belirsizlik%</b>	<b>20 Yıllık Belirsizlik%</b>
<b>Aksaray_Niğde_1</b>	20.0698	18.5511	18.4631
<b>Karaman_Mersin_3</b>	25.8263	23.2623	23.1115
<b>Konya_Isparta_1</b>	18.4735	17.1971	17.1234
<b>Niğde_Nevşehir_1</b>	28.5381	26.2236	26.0890
<b>Yozgat_Tokat_1</b>	25.1533	23.1369	23.0197

Çalışılan 5 sahanın yatırım yapılabilir düzeyde olduğunu göstermek adına ekonomik analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Çizelge 4.19 oluşturulmuştur. Bu noktada değerlendirilen ilk parametre amortisman süresidir. Konya\_Isparta\_1 sahası 7.3\$cent/kWsaat değerinde alım gerçekleştirildiği takdirde 6.64yıl amortisman süresine sahiptir. Bu süre yatırım için uygulanabilir (feasible) bir süredir. Aynı şekilde Aksaray\_Niğde\_1 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahaları 7.01yıl ve 8.04yıl ile uygun saha kapsamına girmektedir. Niğde\_Nevşehir\_1 ve Karaman\_Mersin\_3 sahalarının amortisman süreleri 10 yıldan fazla olduğu için ekonomik yatırım sınıfına girmemektedir. Ancak türbinlerin Çizelge 3.7’de bahsedilen parçaları yerli üretim gerçekleştirilirse fiyat olarak alınacak destekler ile Niğde\_Nevşehir\_1 ve Karaman\_Mersin\_3 sahalarının amortisman süreleri 10 yıl altına düşürülebildiği Çizelge 4.19’da gösterilmiştir. Gerçekleştirilen YEKA ihalelerinin şartnamelerinde zorunlu olan fabrikaların kurulması ile bu desteklerin alınabilmesi mümkün görülmektedir.

Çizelge 4.19. 5 Sahanın Ekonomik Analiz Sonuçları

	Konya_Isparta_1	Aksaray_Niğde_1	Yozgat_Tokat_1	Niğde_Nevşehir_1	Karaman_Mersin_3
<b>Türbin Gücü - kW</b>	750	750	750	750	750
<b>Türbin Sayıları - Adet</b>	137	58	121	162	58
<b>Mekanik Kapasite - MW</b>	102.75	43.5	90.75	121.5	43.5
<b>Kapasite Faktörü - %</b>	39,0120	36,5070	30,8632	22,7200	19,0349
<b>PVC Değeri - TL</b>	6.275.430,50	6.275.430,50	6.275.430,50	6.275.430,50	6.275.430,50
<b>1 Türbin Maliyeti - TL</b>	7.055.430,50	7.055.430,50	7.055.430,50	7.055.430,50	7.055.430,50
<b>Toplam Maliyet - TL</b>	966.593.978,00	409.214.969,00	853.707.090,50	1.142.979.741,00	409.214.969,00
<b>Elektrik Üretimi kWsaat/yıl</b>	351.383.000	139.210.400	245.521.300	241.983.700	72.584.200
<b>Taban Fiyat Elektrik Alımı TL/kWsaat</b>	0.41391	0.41391	0.41391	0.41391	0.41391
<b>Yerli Katkı Fiyatı Elektrik Alımı TL/kWsaat</b>	0.6441	0.6441	0.6441	0.6441	0.6441
<b>Yıllık Getiri - Taban Fiyat</b>	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
<b>Yıllık Getiri - Yerli Fiyat</b>	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
<b>Amorti Süresi - Taban Fiyat / yıl</b>	6.64	7.01	8.4	11.41	13.62
<b>Amorti Süresi - Yerli Fiyat / yıl</b>	4.27	4.56	5.39	7.33	8.75

Rüzgâr enerji santrallerinin ekonomik değerlendirmesi yapılırken bir diğer önemli faktör IRR değeridir. IRR analizi sonuçları amortisman süreleri ile benzerlik göstermektedir. Konya\_Isparta\_1, Aksaray\_Niğde\_1 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahaları IRR değerleri yerli desteği olmadan 7.3\$cent/kWsaat alım fiyatı Çizelge 4.20'de görüldüğü gibi %10 ve üzerinde değerler çıkmıştır. Bu sahalar IRR değerleri açısından da uygun bulunmuştur. Niğde\_Nevşehir\_1 ve Karaman\_Mersin\_3 sahaları %6 ve %4 IRR değerleri çıktığı için ekonomik analiz için de sonuçları uygun bulunmamıştır. Yerli desteği olduğu takdirde 11.3\$cent/kWsaat fiyat alımı ile bu iki sahanın IRR değerleri %12 ve %10 ile uygun çıkmaktadır.

Rüzgâr enerjisi yatırımlarında maliyetin hepsini öz sermaye ile karşılamak her zaman mümkün olmamaktadır. Böyle durumlarda yatırımcı kredi kullanarak yatırımı tamamlamaktadır. Krediler, yatırımlara ekstra finansal maliyet getirmektedir. Bu maliyet yatırımın IRR oranını değiştirmektedir. Çizelge 4.21’de IRR hesabı için farklı bir senaryo düşünülerek analiz tekrarlanmıştır. Türbin maliyetlerinin %30’u kredi ile karşılandığı zaman yerli üretim desteği olmadan Konya\_Isparta1 ve Aksaray\_Niğde\_1 sahaları %10’un üzerinde uygun değerler çıkmıştır. Ancak Yozgat\_Tokat\_1 sahası yerli desteği olmadan %9 IRR değeri ile uygun bulunmamıştır. 11.3\$cent/kWsaat yerli desteği olduğu taktirde Konya\_Isparta\_1, Aksaray\_Niğde\_1, Tozgat\_Tokat\_1 ve Niğde\_Nevşehir\_1 sahalarının IRR değerleri uygundur. Yerli desteğinin olmasına rağmen bu senaryoda Karaman\_Mersin\_3 sahası IRR değeri açısından uygun bulunmamıştır.

Çizelge 4.20. 5 Sahanın Kredi Kullanımı Olmadan IRR Hesaplaması

	Konya_Isparta_1	Aksaray_Niğde_1	Yozgat_Tokat_1	Niğde_Nevşehir_1	Karaman_Mersin_3
Türbin Sayıları - Adet	137	58	121	162	58
1 Türbin Maliyeti -TL	7.055.430.50	7.055.430.50	7.055.430.50	7.055.430.50	7.055.430.50
Toplam Maliyet - TL	966.593.978.50	409.214.969.00	853.707.090.50	1.142.979.741.00	409.214.969.00
1. Yıl Gelir (7.3Şcent/kWsaat)	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
2. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
3. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
4. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
5. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
...	...	...	...	...	...
18. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
19. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
20. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
<b>IRR Değeri - %</b>	<b>14%</b>	<b>13%</b>	<b>10%</b>	<b>6%</b>	<b>4%</b>
<b>Toplam Maliyet - TL</b>	966.593.978.50	409.214.969.00	853.707.090.50	1.142.979.741.00	409.214.969.00
1. Yıl Gelir (11Şcent/kWsaat)	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
2. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
3. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
4. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
5. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
...	...	...	...	...	...
18. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
19. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
20. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
21. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
<b>IRR Değeri - %</b>	<b>23%</b>	<b>22%</b>	<b>18%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>

Çizelge 4.21. 5 Sahanın Türbin Maliyetlerinin %30 Kredi İle Karşılandığı IRR Oranı

	Konya_Isp arta_1	Aksaray_N igde_1	Yozgat_To kat_1	Nigde_Ne vşehir_1	Karaman_ Mersin_3
<b>%30 Kredi İlave Maliyet /Türbin</b>	785.408	785.408	785.408	785.408	785.408
Türbin Sayıları - Adet	137	58	121	162	58
1 Türbin Maliyeti -TL	7.840.838.50	7.840.838.50	7.840.838.50	7.840.838.50	7.840.838.50
<b>Toplam Maliyet - TL</b>	-1.074.194.874.50	-454.768.633.00	-948.741.458.50	-1.270.215.837.00	-454.768.633.00
1. Yıl Gelir (7.3Şcent/kWsaat)	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
2. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
3. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
4. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
5. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
...	...	...	...	...	...
18. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
19. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
20. Yıl Gelir	145.440.938	57.620.577	101.623.721	100.159.473	30.043.326
<b>IRR Değeri - %</b>	<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>9%</b>	<b>5%</b>	<b>3%</b>
<b>Toplam Maliyet - TL</b>	-1.074.194.874.50	-454.768.633.00	-948.741.458.50	-1.270.215.837.00	-454.768.633.00
1. Yıl Gelir (11Şcent/kWsaat)	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
2. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
3. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
4. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
5. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
...	...	...	...	...	...
18. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
19. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
20. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
21. Yıl Gelir	226.325.790	89.665.419	158.140.269	155.861.701	46.751.483
<b>IRR Değeri - %</b>	<b>21%</b>	<b>19%</b>	<b>16%</b>	<b>11%</b>	<b>8%</b>

## 5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen tez çalışmasında, İç Anadolu Bölgesin’de kullanılmamış rüzgâr enerji kaynakları analiz edilerek rüzgâr santrali kurulumuna uygun alanlar tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda ilk adım olarak Vaisala OYJ. Firması’nın sağlamış olduğu harita kullanılarak İç Anadolu Bölgesin’de yer alan 13 ilde 61 tane saha tespit edilmiştir. Ardından örnek rüzgâr enerji santralleri, teknik kriterler ve mevzuat incelemesi gerçekleştirilerek saha seçiminde kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Çizelge3.1’de verilen bu kriterler, İç Anadolu Bölgesi’nde 13 ilde seçilen 61 sahaya uygulanmış ve Bölüm 3.1’de açıklandığı gibi rüzgâr hızları kriter alınarak saha sayısı 5’e indirgenmiştir. Bunlar 80 metrede rüzgâr hızlarına göre;

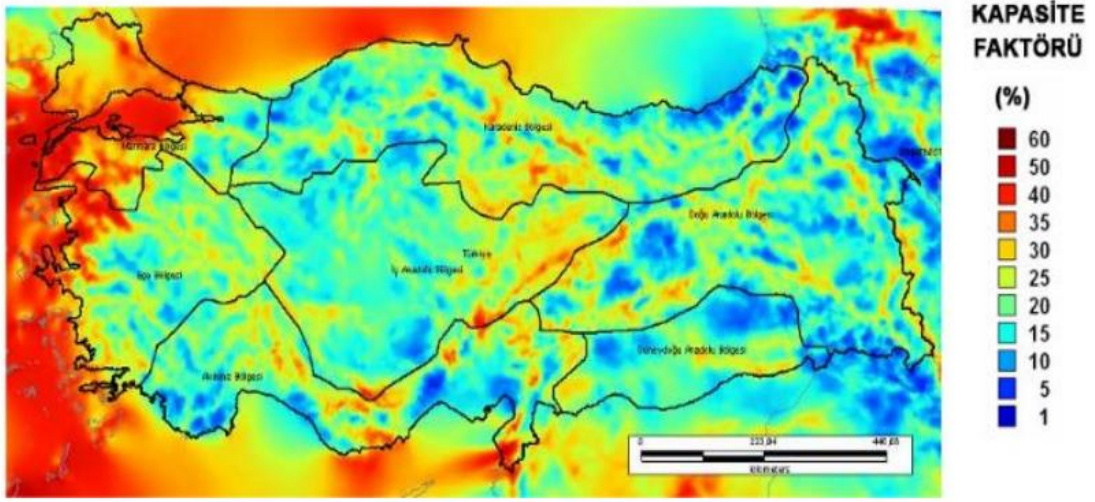
1. 11,68 m/s : Aksaray\_Niğde\_1
2. 11,52 m/s: Konya\_Isparta\_1
3. 9,47 m/s: Karaman\_Mersin\_3
4. 8,2 m/s: Yozgat\_Tokat\_1
5. 7,81 m/s: Niğde\_Nevşehir\_1

olarak seçilip bu sahalarda, WindFarmer yazılımı kullanılarak enerji analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar özetlendiğinde;

- Konya\_Isparta\_1, Aksaray\_Niğde\_1 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahalarında, kapasite faktörleri %30’un üzerinde çıkarak bu sahalarda rüzgâr enerji santrali kurulabilir olarak değerlendirilmiştir. Niğde\_Nevşehir\_1 ve Karaman\_Mersin\_3 sahaları düşük kapasite faktörleri nedeniyle rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından uygun görülmemiştir. Ayrıca Şekil 5.1’de verilen Türkiye Kapasite Faktörü haritasında da görüldüğü gibi tespit edilen sahaların hesaplanan kapasite faktörü ile haritada gösterilen kapasite faktörü uyum içindedir.



- Çizelge 4.16’da belirtilen minimum enerji üretimine sahip türbinlerin üretimini arttırmak için öncelikli olarak iterasyon sayısı artırılabilir. Sonuç değişmediği takdirde enerji üretimi az olan türbinler çıkartılıp modelleme işlemi ve kapasite faktörü hesabı tekrarlanarak önceki çalışmalar ile karşılaştırılması önerilmektedir.



1MW kurulu güçte ve 50 metre yükseklikte bir türbin için kapasite faktörü haritası - [YEGM]

Şekil 5.1. Türkiye Kapasite Raporu Haritası [57]

- Belirsizlik değerleri gözönüne alındığında, bu değerlerin normal değerlerin üzerinde çıktığı görülmektedir, Çizelge 4.18. Önemli faktörlerinden biri olan belirsizliği düşürmek için Konya\_Isparta\_1, Aksaray\_Niğde\_1 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahalarında rüzgâr ölçüm direkleri ve / veya uzaktan ölçüm cihazları ile fiziksel ölçüm gerçekleştirilebilir. Ardından tez çalışmasında gerçekleştirilen analizler tekrarlanarak belirsizlik düşürülebilir.
- Konya\_Isparta\_1 ve Aksaray\_Niğde\_1 sahalarının P90/P50 değerleri %70’in üzerinde çıkmıştır. Bu değerın ekonomik olarak anlamı, yatırım yapılabilir olduğudur. Ekonomik açıdan bu sonuca ilaveten Konya\_Isparta\_1, Aksaray\_Niğde\_1 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahaları amortisman süreleri 10 yılın

altında bulunmuştur ve uygun saha olarak kabul edilmiştir. Bir diğer ekonomik değerlendirme türü olarak IRR değerleri 4 farklı senaryoda incelenmiştir. Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi 5 saha için 4’er adet IRR değerleri hesaplanmıştır. Bu senaryolarda Konya\_Isparta\_1 ve Aksaray\_Niğde\_1 sahalarının bütün IRR değerleri uygun çıkmıştır. Diğer bir deyişle Konya\_Isparta\_1 ve Aksaray\_Niğde\_1 sahalarının bütün ekonomik değerlendirmeleri pozitifdir. Sahalarda etütler yapılarak inşaat analizleri detaylandırılarak maliyet düşürülebilir ve IRR değerleri yükseltilebilir.

- Yozgat\_Tokat\_1 sahası için elde edilen %30.86 kapasite faktörü ve %67 P90/P50 oranı, literatürde kabul edilebilir değerlere yakın değerlere sahiptir [34]. Sahaya hakim bir noktada gerçekleştirilecek fiziksel ölçüm ile P90/P50 oranı ve kapasite faktörünün artırılabilir olduğu düşünülmektedir. Bu öneriyi destekler nitelik olarak 50metre MERRA verilerinin meteorolojik analizi sonucu Yozgat\_Tokat\_1 sahası 5.258 m/s (50 metre’de) ile sahaların içerisinde en yüksek değere sahiptir. Bu sahanın değerleri uygunluk değerlere yakın sınırlarda olduğu için ölçüm sayısı artırılabilir.
- Değerlendirilen 5 saha için yapılan analiz sonuçlarından Konya\_Isparta\_1, Aksaray\_Niğde\_1 ve Yozgat\_Tokat\_1 sahaları uygun bulunmuştur. Bu sahaların toplam kapasitesi Generic Turbine (740 kW) için 237MW olarak belirlenmiştir. Üç saha için toplam 316 adet türbin kullanılmıştır.
- Vaisala OYJ. Firması tarafından sağlanan harita ile Çizelge 2.2 birlikte incelendiğinde İç Anadolu Bölgesi IEC 2 (orta sınıf) Türbin sınıfa girmektedir. Bu gözlem, tespit edilen sahalarda IEC 2 Türbin sınıfı türbinler kullanılırsa kapasitenin 790MW’a kadar çıkarılabileceği şeklinde yorumlanabilir.
- Konya\_Isparta\_1, Yozgat\_Tokat\_1 ve Niğde\_Nevşehir\_1 sahaları sırasıyla 351.3830GWsaat/yıl, 245.5213GWsaat/yıl ve 241.9837GWsaat/yıl değerleri ile en yüksek üretilere sahiptir. Ancak sahaların uygun olup olmadığı tek başına üretim değerlerine bakarak kontrol etmek yanlış bir yaklaşımdır. Yıllık üretimi

241.9837GWsaat olmasına rağmen Niğde\_Nevşehir\_1 sahası %22.7 kapasite faktörüne sahip olduğu için uygun olarak değerlendirilmez. Amortisman süresi uzun olacağı için ekonomik yatırım kapsamına girmeyecektir. P90/P50 oranının %63 çıkması da bu sonucu desteklemektedir. Üretimin büyüklük olarak 3. sırada olmasının sebebi türbin sayısıdır. Aksaray\_Niğde\_1 sahası ise 139.2104 GWsaat/yıl gibi diğer belirtilen 3 sahaya göre düşük üretime sahip olmasına rağmen %36.5070 kapasite ve %74 P90/P50 oranı ile uygun sahalar arasındadır.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Abdullah Alkudhiri, Nidal Hilal. Membrane distillation – Principles, applications, configurations, desing, and implementation, Emerging Technologies for Sustainable Desalination Handbook. **2018**
- [2] Bob Dudley, BP Statistical Review of World Energy 2019 68<sup>th</sup> edition, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> (Erişim tarihi: **24 Ağustos 2019**).
- [3] TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri, [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369) (Erişim tarihi: **24 Kasım 2018**).
- [4] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi, Ankara**2012**, s. 9.
- [5] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Yenilenebilir Enerji, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx> (Erişim tarihi: **9 Eylül 2019**).
- [6] Hava Tahmini, <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteoroloji.aspx> (Erişim tarihi: **28 Nisan 2019**).
- [7] Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Rüzgâr, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (Erişim tarihi: **28 Nisan 2019**).
- [8] Anonim, Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Gelişimi, <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/turkiyede-ruzgar-enerjisi-ve-gelisimi/6859#ad-image-0> (Erişim tarihi: **24 Kasım 2018**).
- [9] Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, Türeb İstatistik Raporu, Kasım 2016 (Erişim tarihi: **25 Nisan 2019**).
- [10] Ömer Faruk ÖZGÜL, Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, Rüzgâr Enerjisi ve Etkileşim Raporu, **2016**, s. 46.
- [11] Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu – **Ocak 2017**.
- [12] YEKA Yarışmaları, <http://www.solarbaba.com/yeka-res-yarismasindan-rekor-fiyat-cikti/> (Erişim tarihi: **25 Nisan 2019**).
- [13] YEKA-2 İhalesi, <https://www.ntv.com.tr/ekonomi/ruzgar-yeka-2-ihalesi-yapildi,4gCOzmOQj0SB0vqXUDG9mA> (Erişim tarihi: **1 Eylül 2019**).

- [14] Rüzgâr İzleme Tahmin Merkezi, [http://www.ritm.gov.tr/guc/ritm\\_tr.html](http://www.ritm.gov.tr/guc/ritm_tr.html) (Erişim tarihi: **29 Ağustos 2019**).
- [15] M. Serdar ATASEVEN, Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu. **Ocak2018**, s. 14.
- [16] Leyla Ozgener, Investigation of wind energy potential of Muradiye in Manisa, Turkey, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Celal Bayar University, **2010**.
- [17] Serhat Küçükali, Çiğdem Dinçkal, Civil Engineering Department, Wind energy resource assessment of Izmit in the West Black Sea Coastal Region of Turkey Çankaya University, **2013**.
- [18] Mert Satir, Fionnuala Murphy, Kevin McDonnell, Feasibility study of an offshore wind farm in Aegea Region Sea, Turkey, **2017**.
- [19] Ramazan Köse, An evaluation of wind energy potential as a power generation source in Kütahya, Turkey, Department of Mechanical Engineering, University of Dumlupınar, **2003**.
- [20] Erdem Kocamustafaoğulları, The George Washington University, “Çok Amaçlı Karar Verme”, [https://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1255440509r7406.Cok\\_Amacli\\_Karar\\_Verme.pdf](https://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1255440509r7406.Cok_Amacli_Karar_Verme.pdf) (Erişim tarihi: **28 Nisan 2019**).
- [21] Kazim Baris Atici, Ahmet Bahadir Simsek , Aydin Ulucan, Mustafa Umur Tosun, A GIS-based Multi Criteria Decision Analysis Approach for Wind Power Plant site Selection, 86 (**2015**) 96.
- [22] VAISALA / Succes Story, Wind Resource Assessment North of the Arctic Circle, <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/Puhuri%20and%20Vaisala%20Triton%20Case%20Study.pdf> (Erişim tarihi: **11 Kasım 2018**).
- [23] DeWind San Juan Wind Turbine, [http://www.dewindco.com/eng/prcenter/record\\_01.asp](http://www.dewindco.com/eng/prcenter/record_01.asp) (Erişim tarihi: **24 Kasım 2018**).
- [24] Yan Li, Ce Sun, Yu Jiang, Xian Yi, Wenfeng Guo, Shaolong Wang and Fang Feng. Ambient Temperature Effect on Wind Turbine Blade Icing Shape by Numerical Simulation, 2017 2nd International Conference on Industrial Aerodynamics (ICIA **2017**)
- [25] Michelle Froese, Windpower Engineering & Development, Cracking the icing problem on türbine blades. **March 28, 2017**

- [26] S.Anand Kumar Varma, Dr. M. Srimurali, Dr. S. Vijaya Kumar Varma, Evolution of Wind Rose Diagrams for RTPP, KADAPA, A.P., India, **December 2013**,p.1.
- [27] Gökhan AHMET, Wind Assessment, Department of Aerospace Engineering METU, **2012**.
- [28] Ahmet Ali AKKAŞ, Rüzgâr Enerjisi Sistemlerinin Performans Değerlendirmesi, Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu **5-7 Nisan 2001**, 75-84.
- [29] Prof. Dr. Olcay KINCAY, Mak. Müh. Burak Tevfik DOĞAN, Y. Müh. Uğur AKBULUT, Yıldız Teknik Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi 3. Bölüm.
- [30] Murat AĞÇAY, Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgâr Elektrik Santrali Tasarımı RES'in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması, Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi. Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, **2007**.
- [31] Berkcan ÇAKIR, Efe HELVACI, Rüzgâr Türbini Kanat Tasarımı ve Analizi, Bitirme Tezi, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği, **2016**.
- [32] Anonim, WindFarmer UserManuel, <http://www.ccpo.odu.edu/~klinck/Reprints/PDF/garradhassan2009.pdf>. (Erişim tarihi: **9 Eylül 2019**).
- [33] U.Bunse, H.Mellinghoff, O.Haack, Uncertainty of Annual Energy Production For a Specific Turbine Model Based On a Set of IEC 614-12 Measurements. German Wind Energy Insitute GmbH (DEWI), [https://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Publikations/1\\_1\\_Bunse.pdf](https://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Publikations/1_1_Bunse.pdf) (Erişim tarihi: **9 Eylül 2019**).
- [34] Andrew Tindal, Financing wind farms and the impacts of P90 and P50 yields, EWEA Wind Resource Assessment Workshop, **11 May 2011**.
- [35] DEWI-UL, The Implications of Resource Assessment Uncertainty on Project Finance, <https://aws-dewi.ul.com/implications-resource-assessment-uncertainty-project-finance/> (Erişim tarihi: **5 Eylül 2019**).
- [36] Enerji İşleri Etüt İdaresi, Mevzuat, [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/y\\_mevzuat.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/y_mevzuat.aspx) (Erişim tarihi: **17 Eylül 2017**).

- [37] Ebru ARICI, Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Çevre ve Planlama Açısından Değerlendirilmesi, İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi, **Aralık 2011**
- [38] IEC Classification of Wind Turbines, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118900116.app2> Appendix 2, (Erişim tarihi: **24 Ocak 2019**).
- [39] Matthew Huaiquan Zhang, Rüzgâr Projelerinde Mikro Konuşlandırma, <https://www.enerjigunlugu.net/ruzgar-projelerinde-mikro-konuslandirma-5688h.html> (Erişim tarihi: **28 Nisan 2019**).
- [40] Kira Kotulska-Kozłowska Proje Yöneticisi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi, Rüzgâr Enerjisi Santralleri. **Aralık 2017**
- [41] SHARMIN SHAMS FERDAUSI and JAHAN ARA ARJU, Effects of Parameters Variation on Wind Power Generation, <http://protorit.blogspot.com/2012/10/effects-of-parameters-variation-on-wind-power-generation16.html> (Erişim tarihi: **5 Eylül 2019**).
- [42] S. Hussain Ather, How to Calculate Air Density, <https://sciencing.com/calculate-air-density-5149935.html> (Erişim tarihi: **5 Eylül 2019**).
- [43] Kazim Baris Atici, Ahmet Bahadır Simsek , Aydın Ulucan, Mustafa Umur Tosun, A GIS-based Multi Criteria Decision Analysis Approach for Wind Power Plant site Selection, 86 (2015) 96.
- [44] D. Latinopoulos, K. Kechagia, A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece, 550 (2015) 560.
- [45] O.Kincay, Dersnotu, <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol3.pdf> (Erişim tarihi: **9 Eylül 2019**).
- [46] I.AnguloaD.de la VegaaI.CascónaJ.CañizoaY.WubD.GuerraP.Angueiraa. Impact analysis of wind farms on telecommunication services, Department of Communications Engineering, University of the Basque Country (UPV/EHU), Alda. Urquijo s/n, 48013 Bilbao, Spain, **2014**
- [47] Milli Parklar, Korunan Alanlar, <http://www.milliparklar.gov.tr/korunanalanlar/korunanalan1.htm> (Erişim tarihi: **24 Kasım 2018**).
- [48] T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı, Enerji Sektörü Raporu, [http://geka.gov.tr/Dosyalar/o\\_19v5e2r6ssd9c17ug6pi11lr8.pdf](http://geka.gov.tr/Dosyalar/o_19v5e2r6ssd9c17ug6pi11lr8.pdf) **Eylül 2012**

- [49] EPDK Lisans Sorgulama, <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-86/lisans>, (Erişim tarihi: **28 Ocak 2019**).
- [50] Rüzgâr Enerjisi Kaynağı ve Belirsizlik, M. Barış Özerdemir, İzmir Ekonomi Üniversitesi Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, (Erişim tarihi: **9 Eylül 2019**).
- [51] National aeronautics and Space Administration, Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications (MERRA), <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA/> (Erişim tarihi: **28 Nisan 2019**).
- [52] Konya Sanayi Odası, Mevlana Kalkınma Ajansı. Konya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Malzeme Üretilirlik Araştırması, **Şubat 2012**
- [53] 750kW Türbin Maliyeti, [http://www.cimo.com.tr/product.php?id\\_product=310](http://www.cimo.com.tr/product.php?id_product=310), (Erişim tarihi: **19 Haziran 2019**)
- [54] Berk ŞAN, İller Bankası Anonim Şirketi, Türkiye’nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Yerel Yönetimlerce Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Uzmanlık Tezi, **Haziran 2018**
- [55] Ismaila,e\*, Samsul Kamalb , Purnomob , Sarjiyac , Budi Hartonod, Economic Feasibility of Wind Farm: A Case Study for Coastal Area in South Purworejo, Indonesia, Conference and Exhibition Indonesia - New, Renewable Energy and Energy Concervation, [The 3 rd Indo EBTKE ConEx] 2014
- [56] re-consult, Türkiye’de faaliyette olan 7,3 GW’lık Rüzgâr Santrali – Bununla gerçekten gurur duyabilir miyiz?, <http://eenenerji.com.tr/turkiyede-faaliyette-olan-73-gwlik-ruzgar-santrali-bununla-gercekten-gurur-duyabilir-miyiz/> (**Erişim Tarihi: 14 Haziran 2019**)
- [57] Doç. Dr. Selim SOLMAZ, Gediz Üniversitesi Hibrit Enerji Santrali ve 100 kW Rüzgâr Türbini Uygulaması, [https://www.tureb.com.tr/files/turek/2015/sunumlar/selim\\_solmaz.pdf](https://www.tureb.com.tr/files/turek/2015/sunumlar/selim_solmaz.pdf) (Erişim tarihi: **3 Eylül 2019**).
- [58] TEİAŞ, Trafo Merkezleri, <https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-01/7612-2-Ek-2-EK-2%20TE%C4%B0A%C5%9E%20Trafo%20Merkezleri%20ve%20Tarife%20B%C3%B6lgeleri%20Listesi.pdf> (Erişim tarihi: **3 Eylül 2019**).
- [59] Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar, <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=5f3978146c4643438ab446620e275269&extent=24.5227,34.7939,45.6165,42.8984> (Erişim tarihi: **28 Ocak 2019**).



## EKLER

### EK1. Vaisala OYJ Firması Tarafından Hazırlanan Rüzgâr Hızı Haritası İçin Elektronik Ortamda Alınan İzin

- On 18 Jun 2017, at 21:01, Ekim Külüm <[ekim@martild.com.tr](mailto:ekim@martild.com.tr)> wrote:

Thank you Giovanni

Best Wishes

Ekim

iPhone'umdan gönderildi

<[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> şunları yazdı (17 Haz 2017 13:14):

Fyi

Kind regards

Giovanni Battista Rosada

[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)

Begin forwarded message:

**From:** Eichelberger Scott SEI <[Scott.Eichelberger@vaisala.com](mailto:Scott.Eichelberger@vaisala.com)>

**Date:** 16 June 2017 at 22:33:56 GMT+2

**To:** Rosada Giovanni ROBGİ <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)>

**Cc:** Hunerli Nihat NIHUN <[nihat.hunerli@vaisala.com](mailto:nihat.hunerli@vaisala.com)>

**Subject: Re: About My Thesis**

Hi Giovanni,

I've actually been working on this all week! I came across from bugs in the kmz code, but Jim was able to help resolve things. Here's the link to a zip file containing a kmz and csv file of annual-mean wind speed values at 80m across Turkey.

Please let me know if you have any questions on things,

Scott

Scott Eichelberger, PhD | Technology Evangelist & Senior Scientist

- On Jun 16, 2017, at 1:30 AM, Rosada Giovanni ROBGİ <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> wrote:

Scott,

It is possible sent the map before the 22<sup>nd</sup>?

**From:** Rosada Giovanni ROBGİ

**Sent:** Friday, 02 June, 2017 17:34

**To:** Eichelberger Scott SEI <[Scott.Eichelberger@vaisala.com](mailto:Scott.Eichelberger@vaisala.com)>

**Cc:** Hunerli Nihat NIHUN <[nihat.hunerli@vaisala.com](mailto:nihat.hunerli@vaisala.com)>

**Subject:** RE: About My Thesis

Scott,

In that case .kml and Ekim will figure out how to use it then we it is CSV otherwise no worries

**From:** Eichelberger Scott SEI

**Sent:** Friday, 02 June, 2017 17:33

**To:** Rosada Giovanni ROBGI <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)>

**Cc:** Hunerli Nihat NIHUN <[nihat.hunerli@vaisala.com](mailto:nihat.hunerli@vaisala.com)>

**Subject:** Re: About My Thesis

Hi Giovanni,

Thanks for the info. Kml is a standard format, so that's fine. Unfortunately, I don't know how to make Ncz formatted files. Would a Geotiff or CSV file work instead?

Thanks,

Scott

**Scott Eichelberger, PhD | Technology Evangelist & Senior Scientist**

- On Jun 2, 2017, at 12:24 AM, Rosada Giovanni ROBGI <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> wrote:

Hi Scott

80-meter height

Kml and Ncz format.

Thanks for your help!

Kind regards

Giovanni Battista Rosada

[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)

0049 172 45 83 233

- On 1 Jun 2017, at 18:17, Eichelberger Scott SEI <[Scott.Eichelberger@vaisala.com](mailto:Scott.Eichelberger@vaisala.com)> wrote:

Ok, sounds good. What height do I need to make the map at? And in what format?

Thanks,

Scott

**Scott Eichelberger, PhD | Technology Evangelist & Senior Scientist**

- On May 31, 2017, at 11:10 AM, Hunerli Nihat NIHUN <[nihat.hunerli@vaisala.com](mailto:nihat.hunerli@vaisala.com)> wrote:

Hi both,

Yes I totally agree.

Nihat

Von mei em iPhone gesendet

Am 31.05.2017 um 19:29 schrieb Rosada Giovanni ROBGI <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)>:

Thank Scott i believe Nihat agrees ut let see his feedback

Kind regards

Giovanni Battista Rosada

[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)

0049 172 45 83 233

- On 31 May 2017, at 19:28, Eichelberger Scott SEI <[Scott.Eichelberger@vaisala.com](mailto:Scott.Eichelberger@vaisala.com)> wrote:

Hi Giovanni,

Ok, if you and Nihat are good with this, then I'll get the map setup for you. Do you know what data format(s) are preferred here? KMZ, CSV, Geotiff??

Thanks,

Scott

**Scott Eichelberger, PhD | Technology Evangelist & Senior Scientist**

- On May 31, 2017, at 8:16 AM, Rosada Giovanni ROBGI <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> wrote:

Scott

I report the answer

how the data will be used?

I will use for finding wind potential in Tukety

Will the data be in the public domain?

The owner of the thesis will be university. So there is no public domain next 3 year. After 3 year University will publish thesis.

Who is this person, are they well known in the industry?

Head of Clean Energy Department at Hacettepe University. Also my teacher and my thesis advisor.

Are we going to have any agreement in place that limits their ability to share the data with others?

Yes we can do agreement about data or map privacy. Also if it acceptable, I will use name of 3Tier on thesis. I think, it will be also add for 3Tier in Turkey.

We can generate a map across Turkey from the 1 arc-minute data set. Is it ok?

1arc-minute is ok.

Kind regards

Giovanni Battista Rosada

[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)

- On 31 May 2017, at 01:16, Eichelberger Scott SEI <[Scott.Eichelberger@vaisala.com](mailto:Scott.Eichelberger@vaisala.com)> wrote:

Hi Giovanni,

Yes, it's possible for us to create a map across Turkey from the 1 arc-minute data set. I will need a few hours to make the data files. Are we sure there's no way to get even a little bit of money here?

Also, do you exactly how the data will be used? Will the data be in the public domain? Who is this person, are they well known in the industry? Are we going to have any agreement in place that limits their ability to share the data with others?

I keep asking you questions, so that I can understand the situation and make a decision. If you have already covered all this stuff, and you feel like it's ok to give away the map, then we can do that.

Cheers,

Scott

**Scott Eichelberger, PhD | Technology Evangelist & Senior Scientist**

- On May 29, 2017, at 12:37 PM, Rosada Giovanni ROBGI <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> wrote:

Hi Scott!

No worries!

Ekim would like to use the turkey map we developed for google

Do you think it is possible?

Kind regards

Giovanni Battista Rosada

[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)

- On 29 May 2017, at 20:42, Eichelberger Scott SEI <[Scott.Eichelberger@vaisala.com](mailto:Scott.Eichelberger@vaisala.com)> wrote:

Hi again Giovanni,

Ok, I saw the mention about a map across Turkey, but which one? Is this from the 5km resolution global GIS layers? Or 1 arc minute resolution data? Or some custom engagement?

What heights and data formats are we providing? Also, is this free work, or are we getting some cash out of this?

Sorry for all of the questions, but I still don't understand what maps we need to provide.

Thanks,

Scott

**Scott Eichelberger, PhD | Technology Evangelist & Senior Scientist**

- On May 29, 2017, at 11:30 AM, Rosada Giovanni ROBGI <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> wrote:

Hi Scott

Turkey map  
Kind regards

Giovanni Battista Rosada

[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)

- On 29 May 2017, at 20:23, Eichelberger Scott SEI <[Scott.Eichelberger@vaisala.com](mailto:Scott.Eichelberger@vaisala.com)> wrote:

Hi Giovanni,

What map are we talking about here? It's not clear to me what data set and data files are being referenced.

Thanks!

Scott

**Scott Eichelberger, PhD | Technology Evangelist & Senior Scientist**

Vaisala Inc., 2001 6<sup>th</sup> Avenue, Suite 2100, Seattle, WA 98121 USA  
Tel +1 206 708 8454 | Mobile +1 206 331 5558 | Main +1 206 325 1573  
Email [scott.eichelberger@vaisala.com](mailto:scott.eichelberger@vaisala.com) | [www.vaisala.com/dd](http://www.vaisala.com/dd)  
Follow us on: [Twitter](#) | [Facebook](#) | [YouTube](#) | [LinkedIn](#)

- On May 28, 2017, at 11:38 PM, Rosada Giovanni ROBGI <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)> wrote:

Hi Scott!

Can we approve Ekim's request?

If yes i ask ekim to send all the paper

Kind regards

Giovanni Battista Rosada

[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)

Begin forwarded message:

**From:** Ekim Kulum <[ekim@martiltd.com.tr](mailto:ekim@martiltd.com.tr)>

**Date:** 29 May 2017 at 08:35:54 GMT+2

**To:** <[giovanni.rosada@vaisala.com](mailto:giovanni.rosada@vaisala.com)>

**Subject:** About My Thesis

Hello Giovanni,

How are you doing?

I have to start doing my thesis. I want to use 3Tier Google Earth Map for Turkey.

My Thesis subject is that "Drawing optimum wind plant area in Tukey using 3Tier map". The use of the map requires official approval by 3tier to give my depertmant. Could we start the processes ?

Best Regards

Ekim

**EK2. Rüzgâr enerji santrali yatırımı aşamasında uygulanması zorunlu kanun, yönetmelik ve tebliğler [38]**

**Kanunlar;**

- 30/03/2013 tarih ve 28603 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Piyasası Kanunu
- 14/02/2019 tarih ve 7164 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu
- 08/09/1956 tarih ve 9402 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Orman Kanunu

**Yönetmelikler;**

- 23/03/2012 tarih ve 28242 sayılı Korunan Alanlarda Yapılacak Planlara Dair Yönetmelik
- 02/11/2013 tarih ve 28809 sayılı Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
- 02/10/2013 tarih ve 28783 sayılı Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik
- 01/10/2013 tarih ve 28782 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik
- 20/10/2015 tarih ve 29508 sayılı Rüzgâr Kaynağına Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik
- 09/10/2016 tarih ve 29852 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alanları Yönetmeliği
- 24/06/2016 tarih ve 29752 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksam Destekleme Hakkında Yönetmelik
- 13/05/2017 tarih ve 30065 sayılı Rüzgâr veya Güneş Enerjisine dayalı üretim Tesisi Kurmak üzere Yapılan Ön Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği
- 25/02/2015 tarih ve 29278 sayılı Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Rüzgâr Gücü İzleme ve Tahmin Merkezine Bağlanması Hakkında Yönetmelik
- 23/08/2013 tarih ve 28744 sayılı Haberleşme, Seyrüsefer, Gözetim Sistemleri Mania Kriterleri Hakkında Yönetmelik

**Tebliğler;**

- 17/06/2014 tarih ve 29033 sayılı Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Ön Lisans Başvuruları için Yapılacak Rüzgâr ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ

### EK3. Türkiye’de Bulunan Korunan Alanlar

	<b>Korunan Alanlar [58]</b>	<b>Trafo Merkezleri [59]</b>
<b>Kırşehir</b>	Hirfanlı Barajı, Seyfe Gölü Tabiat Koruma Alanı, Seyfe Gölü Aşıkpaşa Tabiat Parkı	HirfanlıHes TM Kırşehir 2 TM Petlas TM
<b>Yozgat</b>	Kadınpınar Tabiat Parkı Oluközü Tabiat Parkı Çorum Boğazkale Alacahöyük Milli Parkı (Yozgat_Çorum_2 Sahası İçerisinde olduğu için dahil edilmiştir.) Üçtepelere Tabiat Parkı Yozgat Çamlığı Milli Parkı	Boğazlıyan TM Yerköy TM Yibitaş TM Yozgat TM Sorgun TM Akdağmağdeni TM
<b>Karaman</b>	Ereğli Sazlıkları Gökdere Cehennem Deresi Yaban Hayatı Geliştirme Sahası (Konya İl Sınırı ve Karaman_Konya_Mersin_1sahası içerisinde)	Karaman OSB Karaman Gezende
<b>Sivas</b>	Gölova Gölü Karşiyaka Tabiat Parkı Tödürge Gölü Ulaş Gölleri Hafik Gölü	Suşehri Zara SivasOSB Demirdağ Deceko Şarkışla Sızır Kangal

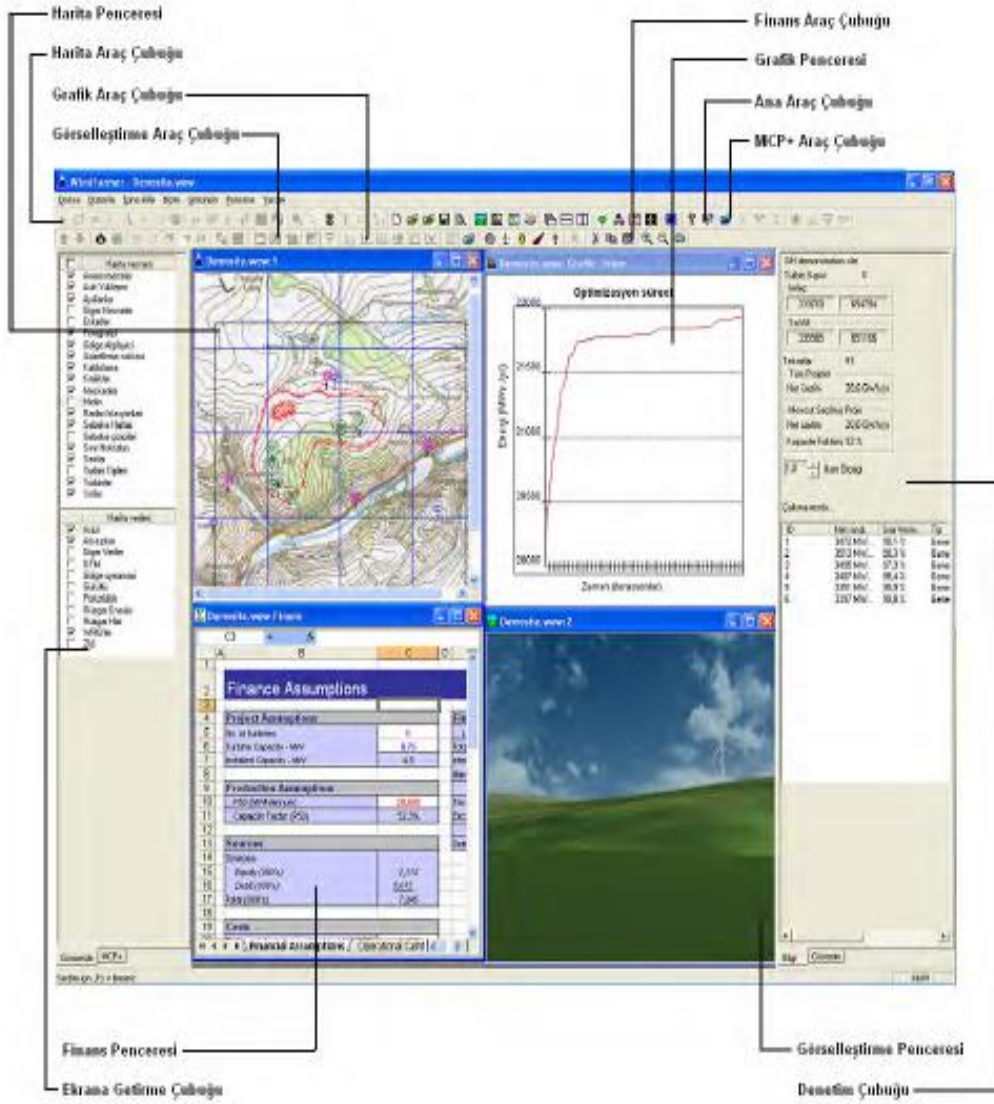


<b>Kayseri</b>	Palas Gölü	Pınarbaşı TM
	Zamanti Nehri	Sendremeke TM
	Sarımsaklı Barajı	Taksan TM
	Hormetçi Sazlığı	Kayseri_1 TM
	Aladağlar Yaban Hayatı Geliştirme Sahası	Kayseri_2 TM
		Kayseri_3 TM
		Kalaba TM
		Kayseri_Kap TM

#### **EK4. WindFarmer Kullanımı**

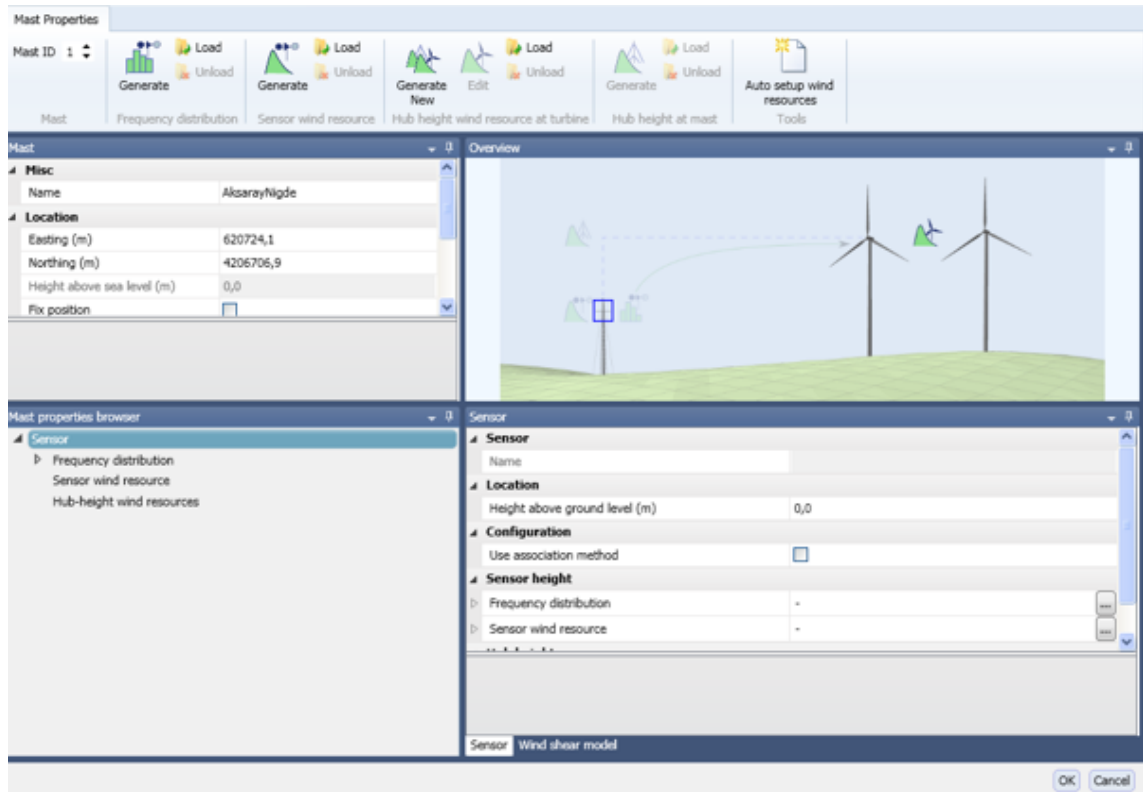
*Temel Modül, Türbin sütüdyosu (Turbine Studio), grafik çizme birimi( Graph drawing unit), dosya alma/gönderme (file receive/send), rapor oluşturma (report) seçenekleri ile, rüzgâr çiftliği enerji hesaplaması, gürültü modellemesi ve türbin yerleşimi optimizasyon fonksiyonları dahil olmak üzere rüzgâr çiftliği temel yerleşim tasarım ve optimizasyon araçları kullanılmıştır.*

*Türbin, Konut, Sınır, Bakış Açısı, Anemometre Direği, Metin Ekleme, Fotoğraf İşaretleme, Gölge Alıcı, Yol, Kablolama, Yaklaşma, Radar, Kırpma, Pürüzlülük modlarını barındıran ve çalışılacak saha ve çevresinin plan görünümünü içeren Harita penceresinde bulunduğu ana giriş ekranı Şekil EK1’te gösterilmiştir.*



Santral sahası belirleme;

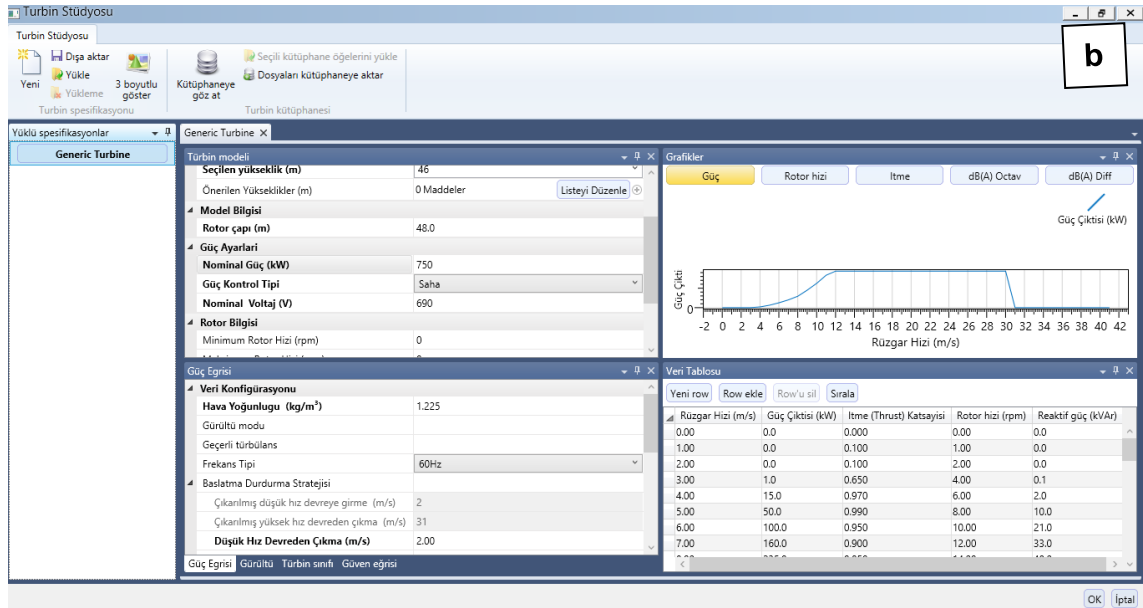
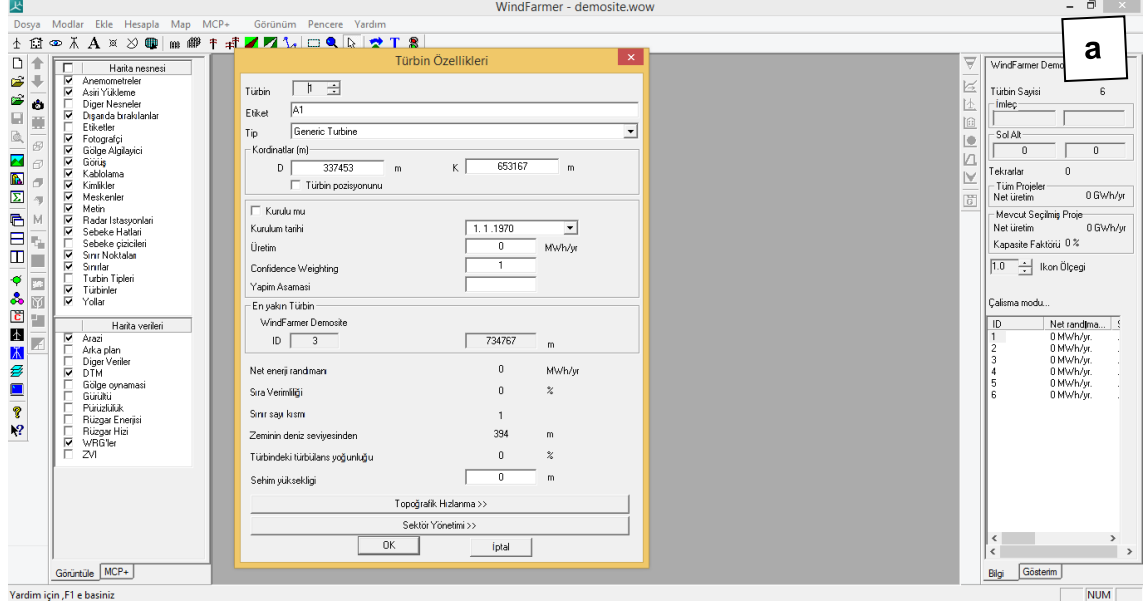
Yüklenen harita üzerinde santral sahası belirlemek gerekmektedir. Santral sahası belirleme işlemleri için iki yöntem mevcuttur. Bunlardan birincisi harita penceresi kullanılarak manuel olarak yapılır. Tez çalışmasında bu yöntem kullanılmıştır. İkincisi ise sınır noktalarının koordinatlarından oluşan \*.WOB dosyası yüklenerek oluşturulur. Bu yöntem santral sahası genişletmek ve ya aynı santral sahasını farklı ayarlar ve türbinler ile çalıştırırken santral sahasını bire bir aynı tasarlamak için kullanılır.



Şekil EK2 WindFarmer Programı İçerisinde Yer Alan WindStudio Çalışma Sayfası

Şekilde EK2.'de gösterilen ekran WindFarmer programı içeriğinde bulunan WindStudio çalışma alanıdır. Oluşturulan \*.tab dosyaları bu sayfa üzerinden yüklenmektedir. Windographer ile oluşturulan \*.tab dosyaları (Frequency distribution) Frekans Dağılımı ve (Sensor wind resource) rüzgâr sensörü kaynağı sekmelerine tanımlamak analiz işleminin bir parçasıdır. WindFarmer Generic Turbine standart yüksekliği 48 metredir. İndirilen veriler 50 metre olduğu için TürbinStudio (Şekil EK3b) bölümünden türbin yüksekliği 50 metre olarak ayarlanmıştır. Türbine dair diğer özellikleri gösteren ve proje

enasında türbin özelliklerini kontrol etmemizi sağlayan TürbinÖzellikleri sekmesi Şekil EK3a’da orijinal ekran çıktısı olarak gösterilmiştir.



Şekil EK3. a) WindFarmer Programı Türbin Özellikleri Penceresi b) Türbin Studio Bölmesi

Ardından, Şekil EK4’da gösterilen, WindFarmer kontrol paneli açılarak “Optimizasyoncu” sekmesinden tekrar sayıları 200-400 arasında harita büyüklüğüne göre değiştirilmiştir. Yine aynı panelden Enerji ve Enerji Raporları sekmelerinde proje bazlı ayarlamalar gerçekleştirilebilir. (Zone of Visual Influence) ZVI sekmesinde ise

görüş algoritması ve düzlem yüksekliği ayarlanmıştır. Bu kısımda yükseklik ve harita bölgesinin doğru ayarlanması noktasal rüzgâr hesabı yapılırken önemli noktalardan biridir. Yani 50 metre yükseklikte indirilen MERRA referans uzun dönem verilerinin yükseklik bilgisi WindFarmer analizi yapılırken kullanılmıştır.

Rüzgâr hız ve yön değişkenleri proje sahasının noktasal yüksekliğine, pürüzlülüğe ve engellere göre şekillenerek değerleri değişmektedir. Bu parametrelere göre yapılan hesaplamalara rüzgâr akış modellemesi denilmektedir. WindFarmer, özelleştirilebilir dikey rüzgâr kesmesi ve araziye temel alan yatay modele sahip “basit akış modeli” içerir. Adından da anlaşılacağı ön fizibilite çalışmalarında kullanılmaya uygun doğruluk düzeyine sahip basit bir algoritmadır. Rüzgâr hızı değişimi doğrusal hesaplama yöntemi ile eşitlik (Ek4.1) ve (Ek4.2)’e göre hesaplanır.

WindFarmer programı kullanılırken saha analizi esnasında “Basit Rüzgâr Akış” modeli kullanılmıştır. Bu program WindFarmer özellikleri içerisinde yer almakla birlikte ekstra yazılım gerektirmemektedir. Bu seçeneğin kullanılma amacı ön değerlendirme çalışmaları yapılırken bilgi sahibi olmaktır. Basit saha akışı, rüzgâr verisi bulunan koordinat olan veri setini sahanın diğer noktalarına kolere edilmesi gerekmektedir.

Basit Rüzgâr Akış Modeli kullanılırken eğimin %3’ten küçük olduğu şartlar için,

$$S = 1 + 0.001 * \Delta z \quad (\text{Ek4.1})$$

Formülü kullanılır[32]. Burada;

S= Rüzgâr artış değeri → m/s

$\Delta z$  = Yükseklik farkı → m

0.001 değeri ise rüzgârın her metrelik artışını ifade eden sabit değerdir.

Eğimin %3’ten büyük olduğu durumlar için rüzgâr kesmesi modeli uygulanmaktadır.

Santral sahasının her noktası aynı pürüzlülüğe (ağaçlar, binalar, bitki örtüleri vb.) sahip olmadığı bu işlem sırasında

$$S = \ln(Z/Z_0) / \ln(Z_r/Z_0) \quad (\text{Ek4.2})$$

formülü kullanılır [29]. Burada;

$$S = V(z) / V(z_r)$$

$V(z)$  = Türbin hub yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s)

$V(z_r)$  = Ölçüm noktasındaki rüzgâr hızı (m/s)

$Z$  = Yükseklik (m)

$Z_r$  = Ölçüm noktası yüksekliği (m)

$Z_0$  = Pürüzlülük uzunluğu (m)

$S$  = Rüzgâr artış değeri

olarak adlandırılır. Eş. (Ek4.2)'deki hesaplamanın amacı referans yükseklikten farklı yükseklikte ve referans yükseklikten farklı hub yüksekliğinde olan noktalar için rüzgâr hızını belirlemektir.

**WindFarmer Kontrol Paneli**

Akis Modeli | Harita Verileri | Harita Nesneleri | Optimizasyoncu | Seçenekler | Harita Yazdırma | Görselleştirme Yazımı  
Enerji | Enerji Raporları | ZVI | Gürültü Modeli | Gölge Modeli | Çalışma kitabı dosyaları | MCP+ | Belirsizlik

Test Üzerinde Enerji Raporları Üret

Word Raporu  Excel Raporu  Sekme Sınırlandı

Konum  
c:\

Dosyaadı (uzantısı yok) Central

Genişletilmiş Enerji & Türbin Sonuçları Raporunu Göster  
 tab ile ayrılmış text(txt) veya excel(xls) dosya formatları için,  
Genişletilmiş Enerji & Türbin Sonuçları Raporunda her bir öge için ayrı dosya üret.

Significant digits to display for low precision energy values 3

Çıktı dosyası yüksek kesinlikte  
Düşük ve yüksek netlik değerleri arasında önemli sayı 1

Türbinin her bir proje için sıralama tabloları  
Dahil edilecek türbinlerin maksimum sayısı  
 Projenin tüm türbinlerini dahil et 6

Tamam İptal Uygula Yardım

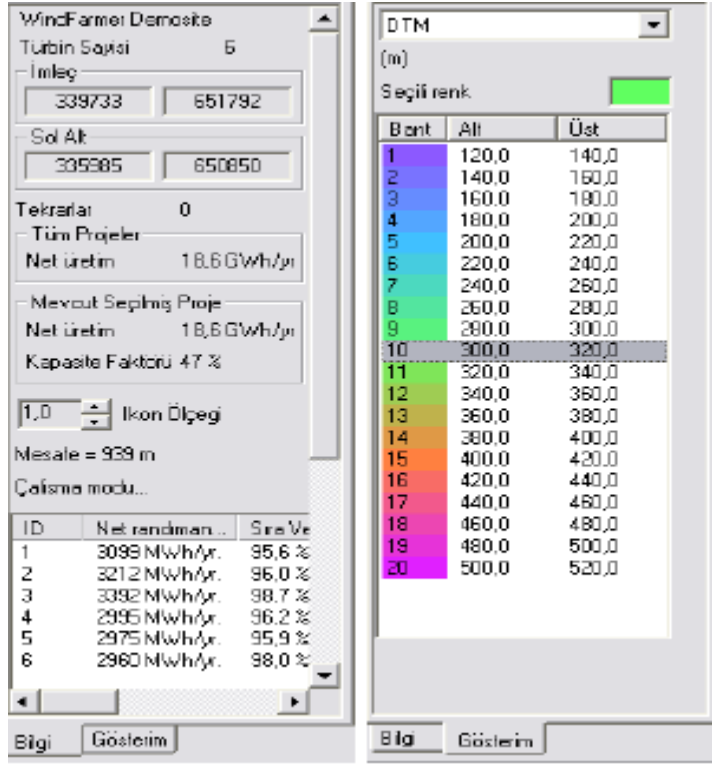
Şekil EK4. WindFarmer Kontrol Paneli

Gerçekleştirilen işlemler sonrası Görünüm→Proje Özellikleri sekmesine gidilerek, enerji penceresinde WindGrapher analizi sonucu oluşturulan rapordan meteorolojik referans değerler doldurulmuştur.

Bu işlemler bittikten sonra optimizasyonu başlatmak için ana ekranda Başla/Durdur butonuna basarak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Program sahadaki uygun yerlere türbinleri yerleştirmiş ve enerji hesaplamasını başlatmıştır. Bu işlem sahanın büyüklüğü, tekrarlaması sayısı, donanım özellikleri, harita büyüklüğü gibi birçok etkene bağlı olarak günler sürebilir. Optimizasyon işlemi gerçekleştiği sırada ve gerçekleştikten



sonra Şekil EK5.'de verilen denetim çubuğu üzerinden projeye dair bilgileri takip edilmiş ve optimizasyonun gidişatı gözlemlenmiştir. Türbin bazlı elektrik üretiminde diğer türbinlere göre azalma yaşanan türbinler projeden çıkarılmıştır. Bu durum toplam elektrik üretimini azaltsa da kapasite faktörünü arttıran ve amortisman süresini azaltan bir etkidir.



Şekil EK5. WindFarmer Denetim Çubuğu

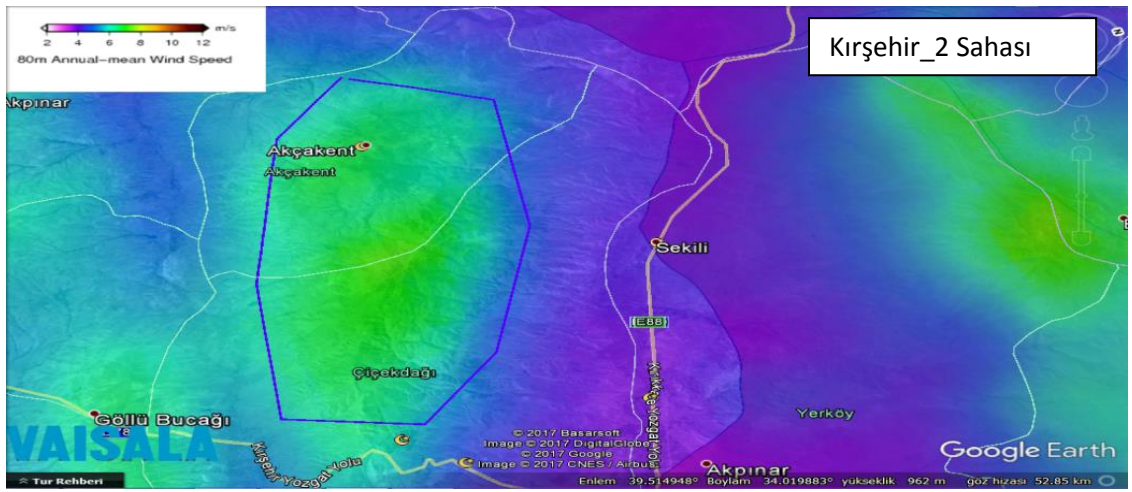
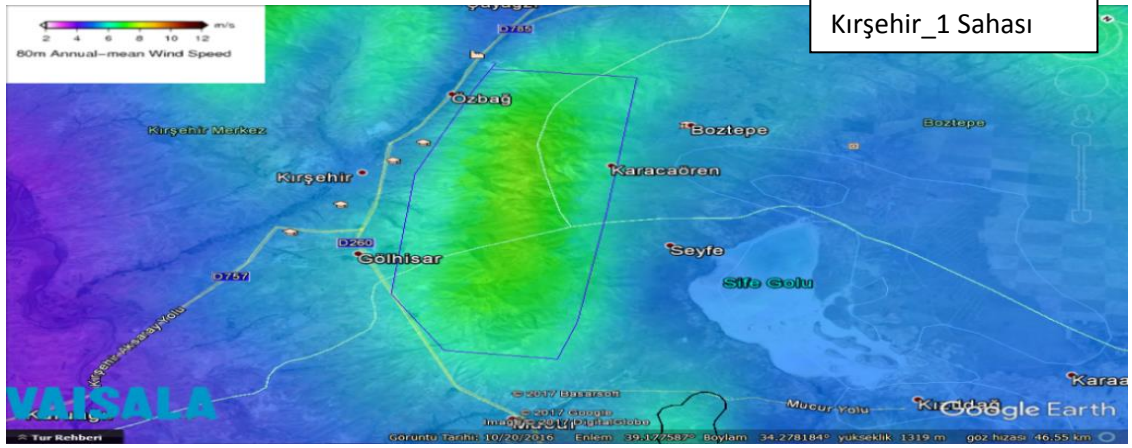
Şekil EK5'de Denetim Çubuğu ile projenin aşamalarında projeyi kontrol altında tutmayı sağlamaktadır.

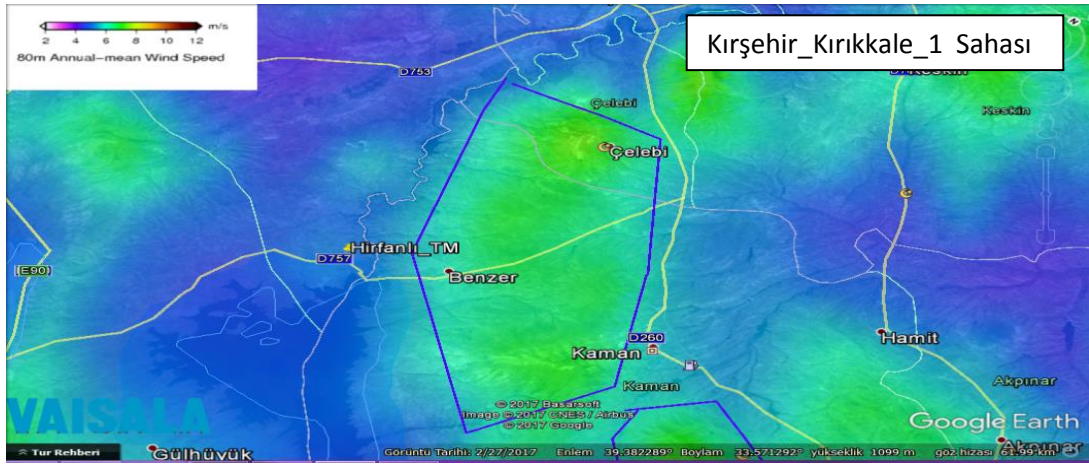
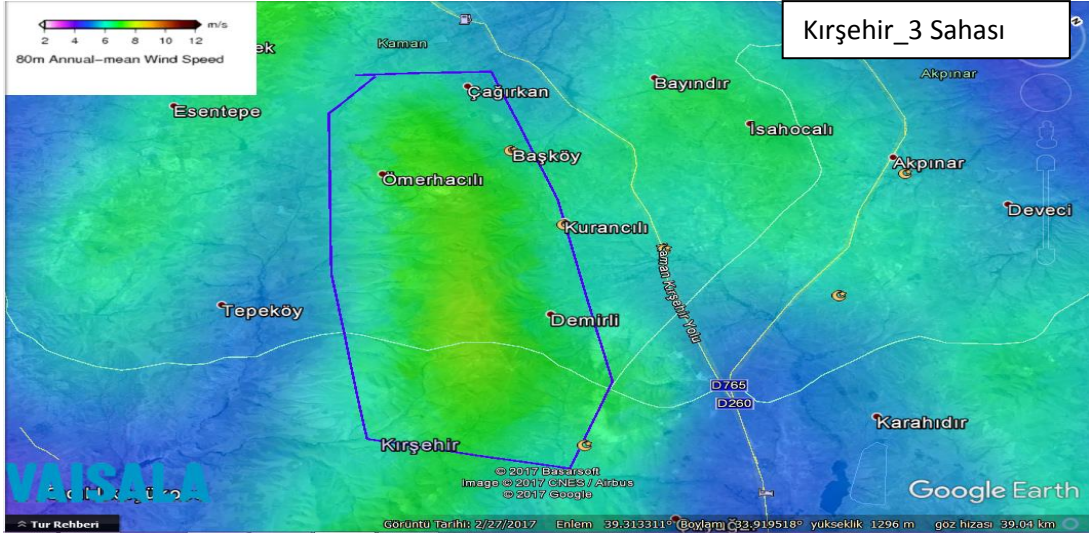
- Üzerinde çalışılan proje ismi
- Projenin toplam türbin sayısı
- İmleç koordinatları
- Mevcut harita pencere görünümünün sol alt köşesinin koordinatları
- Gerçekleştirilen iterasyonların sayısı
- Ön görülen net enerji çıkışı
- Kapasite faktörü

## EK5. WindFarmer Sonuç Göstergeleri ve Analiz Ayarları

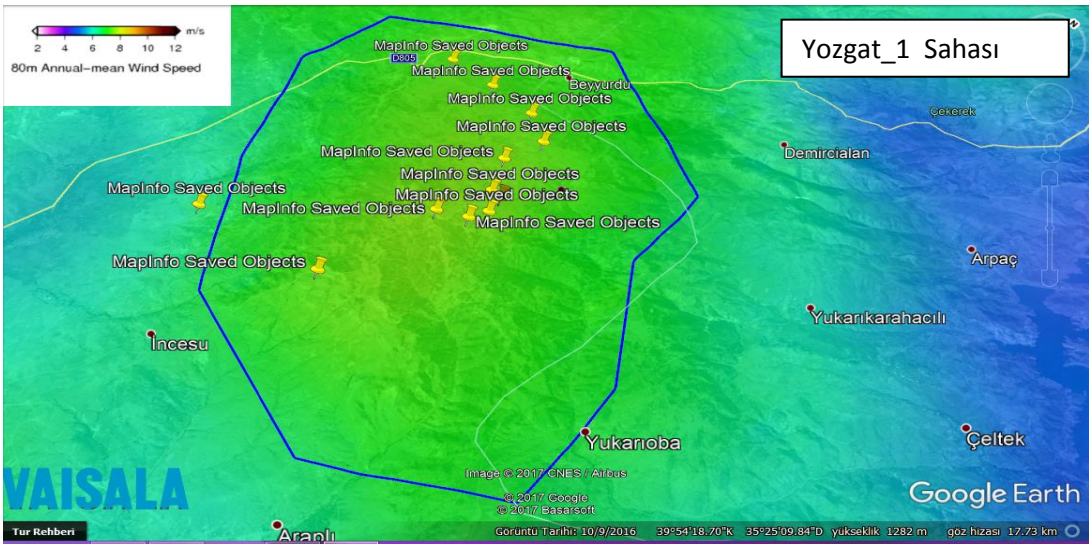
<b>Ideal Energy</b>	İdeal Enerji: Bütün sahanın referans alınan rüzgâr rejimine ve hızına sahip olduğu kabul edilerek yapılan hesaplamadır.
<b>Gross Yield</b>	Brüt Verim: Türbinlerin enerji hesapları yapılırken sahanın coğrafik durumu ve rüzgâr akış hesaplamaları yapılarak yapılan hesaplamadır. Ancak bu hesaplamada wake loss (rüzgâr çıkması kaybı) hesaba katılmaz.
<b>Net Yield</b>	Net Verim: Brüt verim hesabına wake loss kayıpları eklenerek elde edilen verim türüdür.
<b>Wake Loss</b>	Rüzgâr Çıkması Kaybı: Bir rüzgâr türbini çalıştığı süre içerisinde kanatların dönmesi sebebiyle gelen rüzgârın gücünü keser. Bu durumda arkada ve ya yan bir başka türbin konuşlandırılmışsa gücü kesilen rüzgâr bu türbinin üretimini düşürür.
<b>Topographic efficiency</b>	Topografik Verim: Brüt verim ile İdeal Enerjinin oranlanması ile hesaplanan yüzdelik değerdir. Referans alınan rüzgâr veri setlerinin konumuna göre %100'den küçük ve ya büyük olabilir. Sahanın rüzgâr hızı değerleri genel olarak veri setlerinin bulunduğu rüzgâr hızı değerinden yüksek ise %100'den büyük çıkar.
<b>Array efficiency</b>	Dizi Verimi: Sıralanan rüzgâr türbinlerinin birbirleri ile olan etkileşimlerini tespit etmek adına hesaplanan değerdir. Net Verim ile Brüt Verim'in oranlanması ile hesaplanır.
<b>Electrical efficiency</b>	Türbin jeneratörü ve güç elektroniği ekipmanlarının çalışma verimini hesaba katılarak oluşturulan orandır.
<b>Availability</b>	Rüzgâr türbinin bakım ve arıza gibi değerler göz önüne alınarak verilen bir değerdir.
<b>Other Factors</b>	Kayıplara neden olabilecek diğer etmenler.
<b>Icing and blade degradation</b>	Buzlanma ve Kanat Bozulması: İşletme esnasında buzlanma kanat bozulmasını düşünülerek oluşturulan oran. Enerji hesabı için önemlidir.
<b>Substation maintenance</b>	Trafo Bakımı.
<b>Utility downtime</b>	Hizmet dışı kalma süresi.
<b>Power curve turbulence variation</b>	Güç Eğrisinin Türbülans'a oranıdır. Yüzdelik değer olarak ifade edilir.
<b>Hysteresis</b>	Histeriz: Rüzgâr belirli seviyelerin üzerine çıktığında rüzgâr türbinleri kazaları önlemek için frenler aracılığı ile çalışmayı durdurur. Rüzgâr hızı düştüğünde ise türbinin devreye girmesi beklenir. Bu gecikmelerden kaynaklanan kayıplardır.
<b>Sector Management</b>	Sektör Yönetimi: Türbinlerin kapatılmasından ve wake loss etkisinden kaynaklanan kayıplara verilen değerdir.
<b>Estimated Annual Net Energy Production</b>	<b>GWsaat/yıl olarak Yıllık tahmini enerji üretimi</b>
<b>Estimated Capacity factor</b>	Tahmini kapasite faktörü.
<b>Air Density</b>	Hava yoğunluğu.

## EK6. Seçilen Bölgelerin Vaisala Rüzgâr Haritası

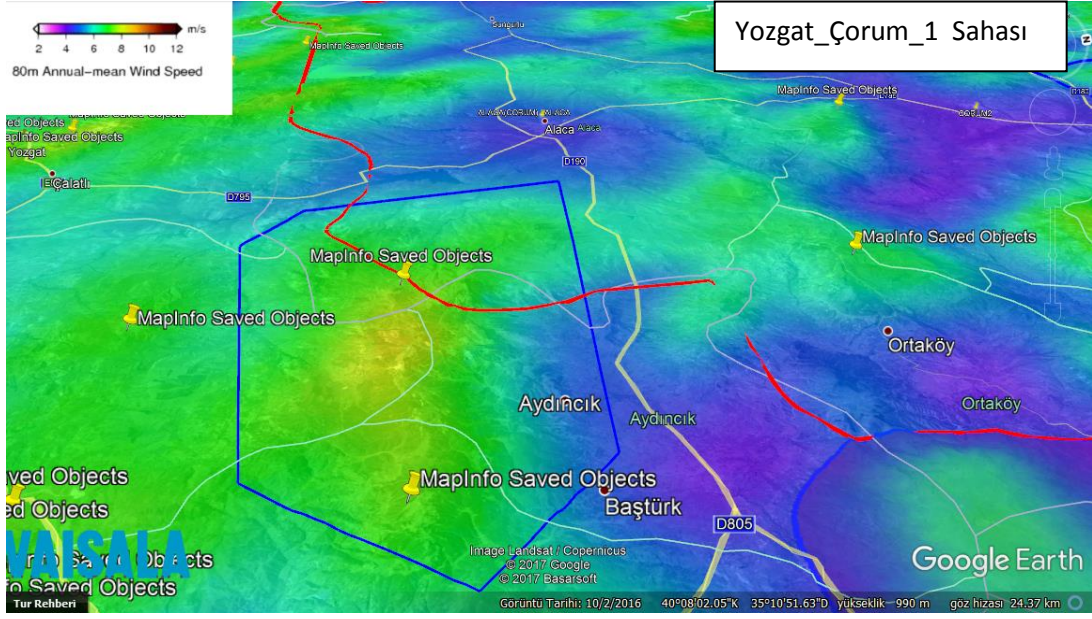




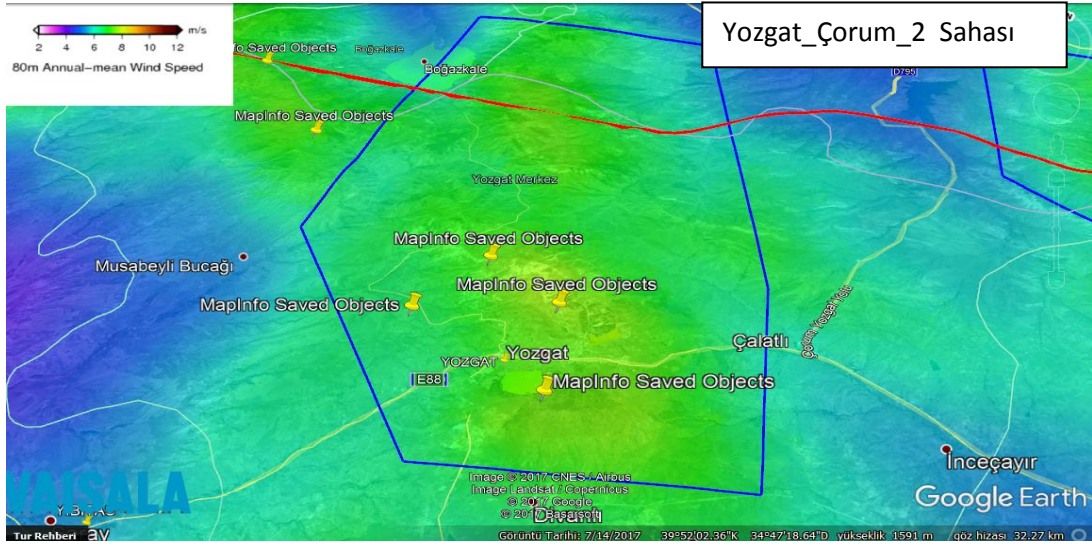
Şekil Ek6. Kırşehir için seçilen dört sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası



Yozgat\_1 Sahası

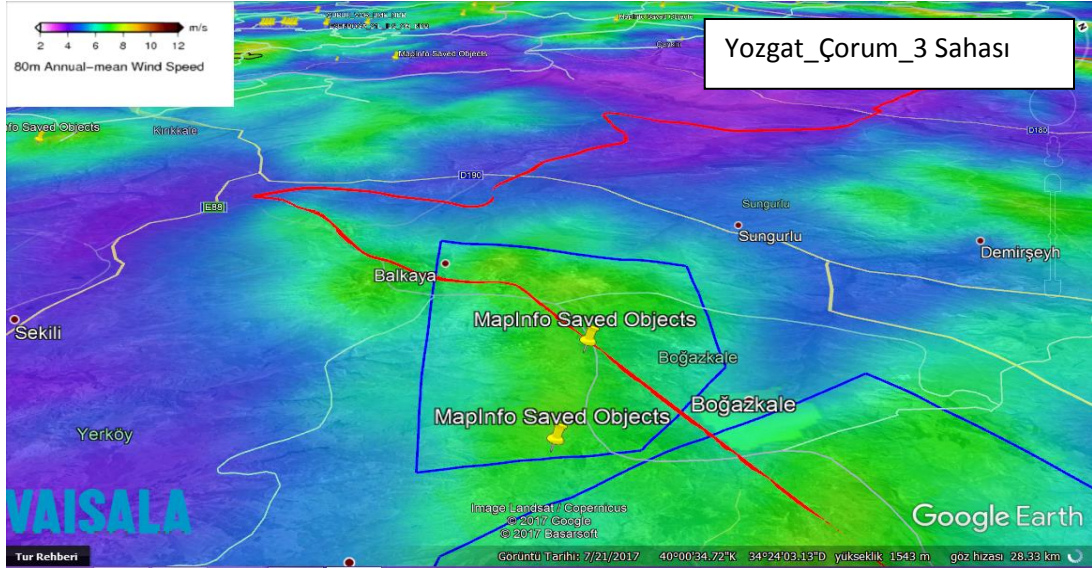


Yozgat\_Çorum\_1 Sahası

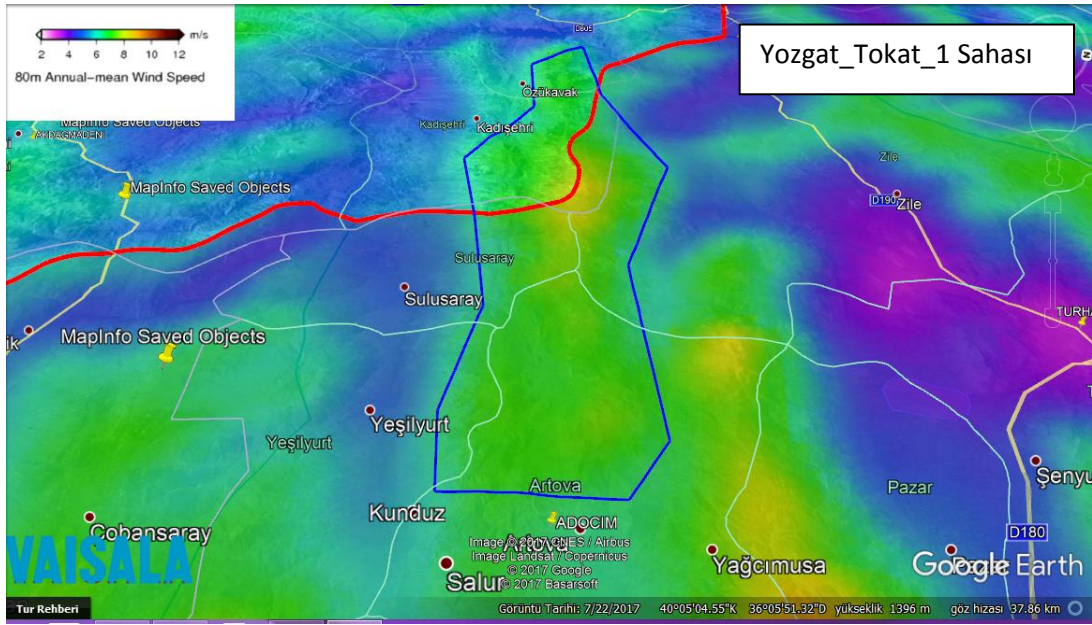


Yozgat\_Çorum\_2 Sahası

Şekil Ek7. Yozgat için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası ( devam ediyor)

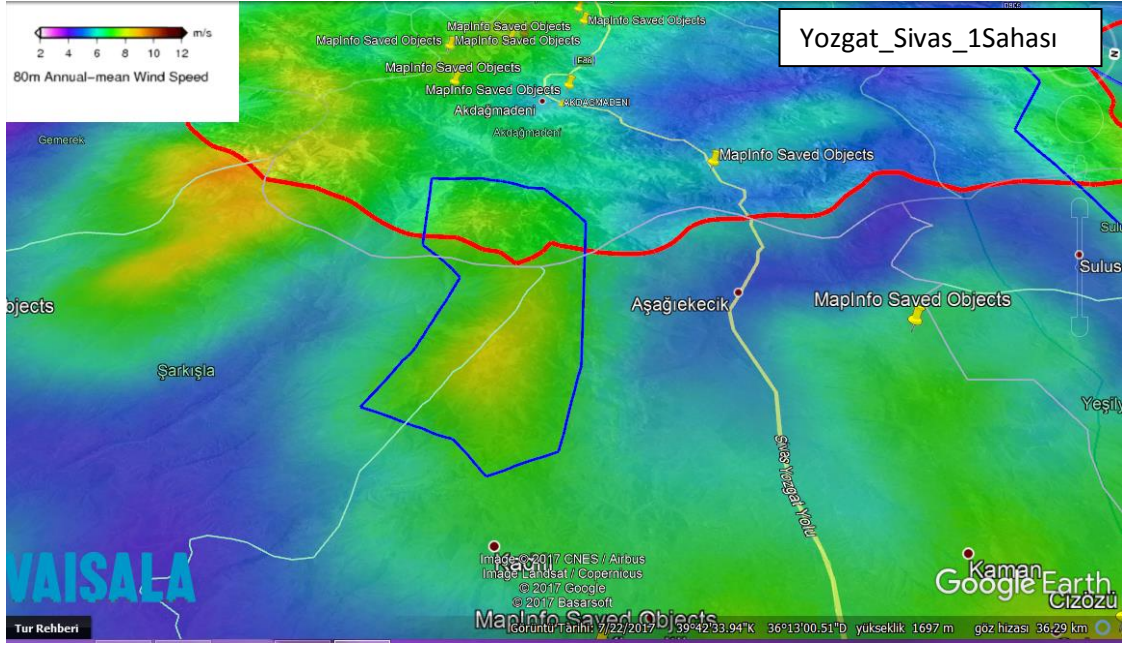


Yozgat\_Çorum\_3 Sahası

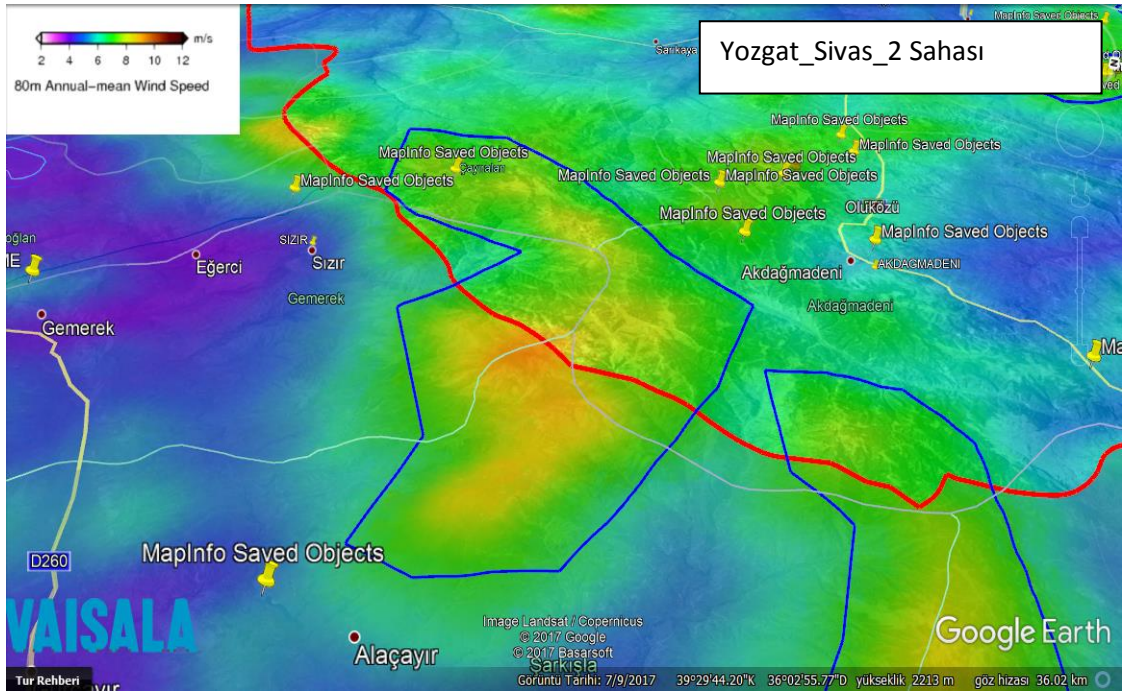


Yozgat\_Tokat\_1 Sahası

Şekil Ek7. Yozgat için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası ( devam ediyor)

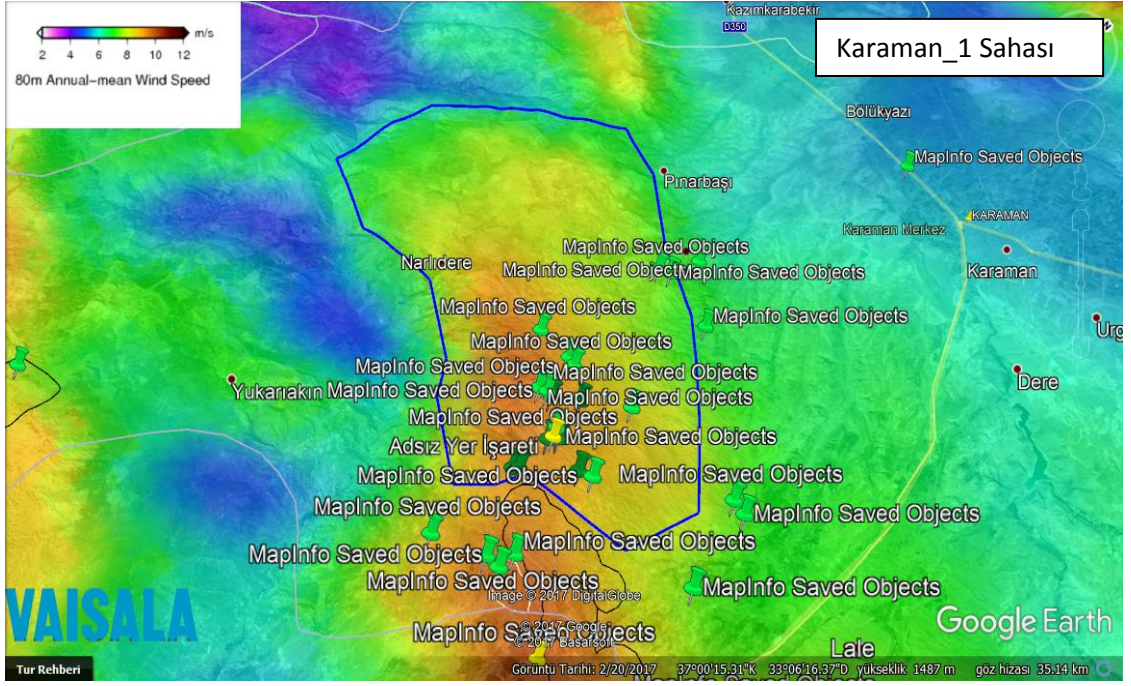


Yozgat\_Sivas\_1 Sahası

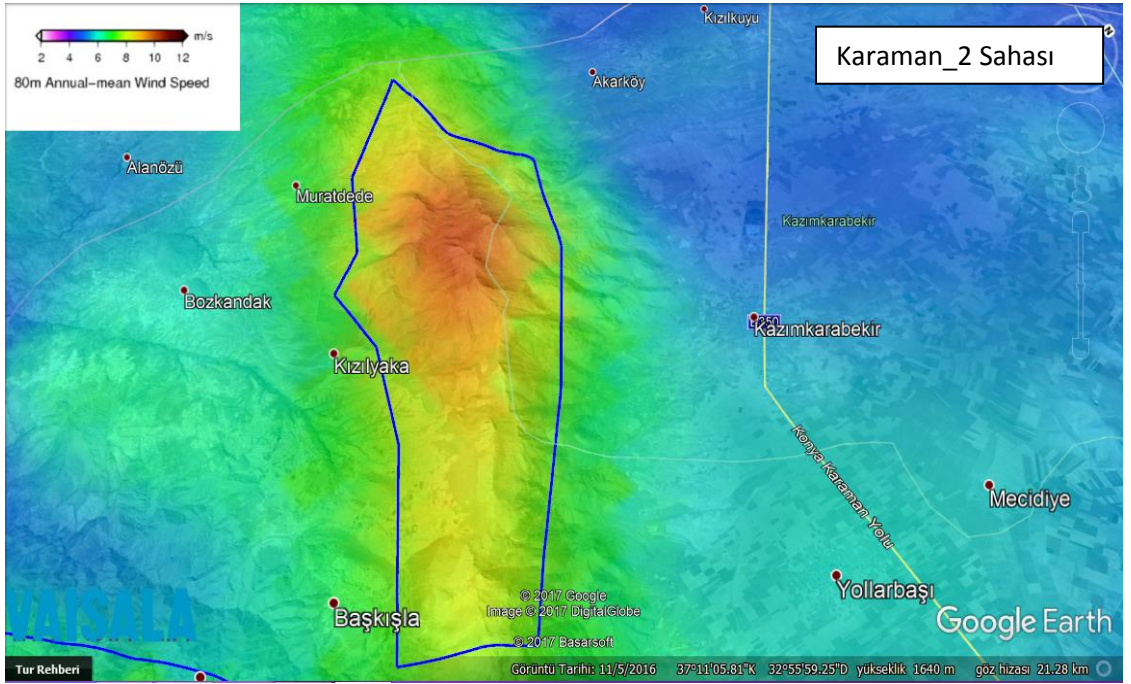


Yozgat\_Sivas\_2 Sahası

Şekil Ek7. Yozgat için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası



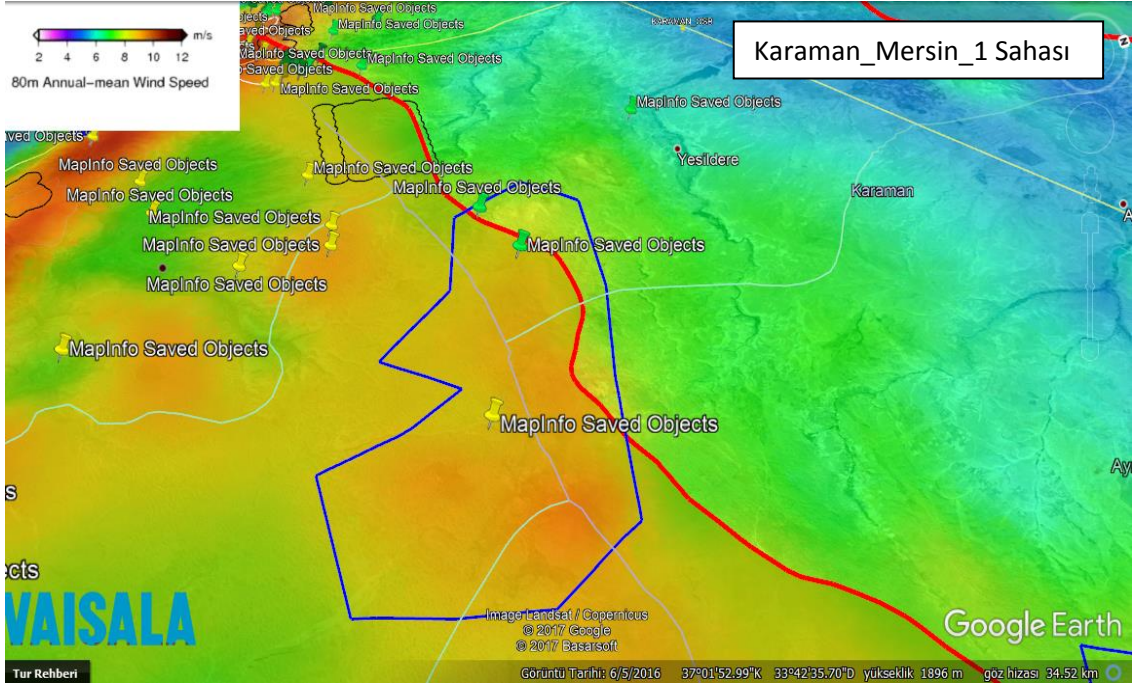
Karaman\_1 Sahası



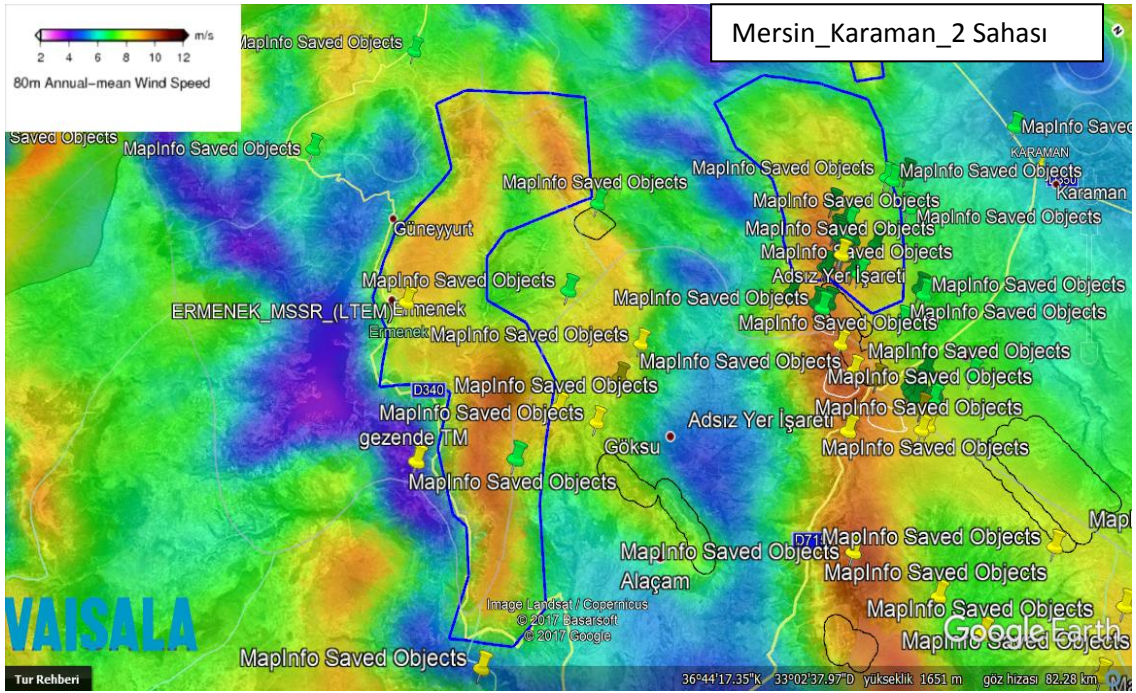
Karaman\_2 Sahası

Şekil Ek8. Karaman için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası /devam ediyor)



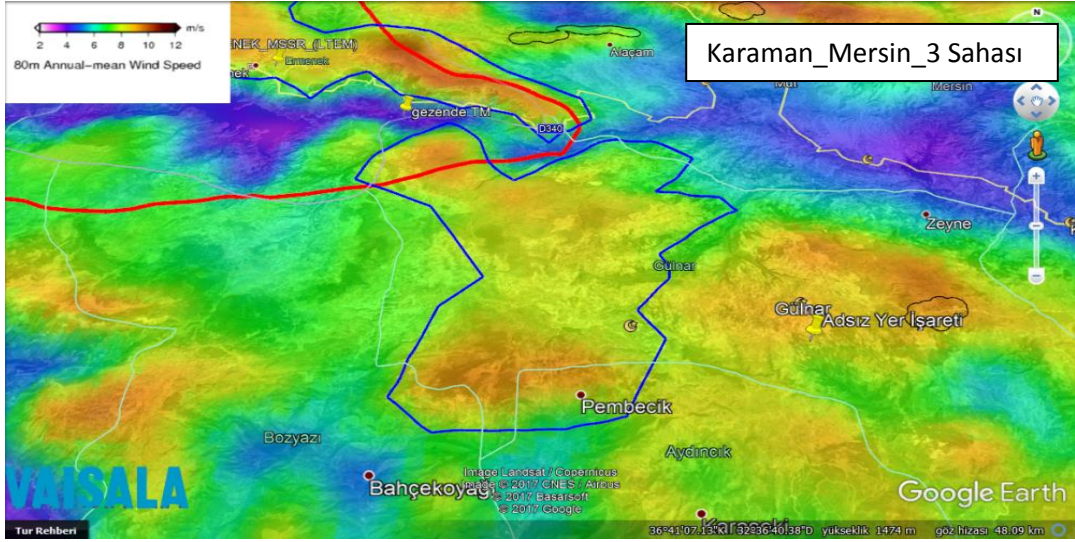


*Karaman\_Mersin\_1 Sahası*

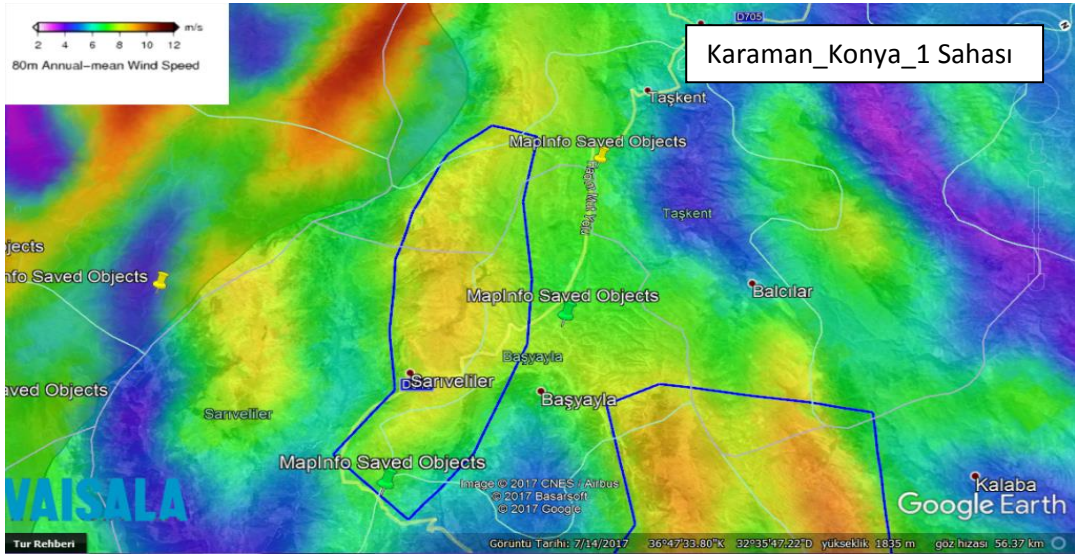


*Karaman\_Mersin\_2 Sahası*

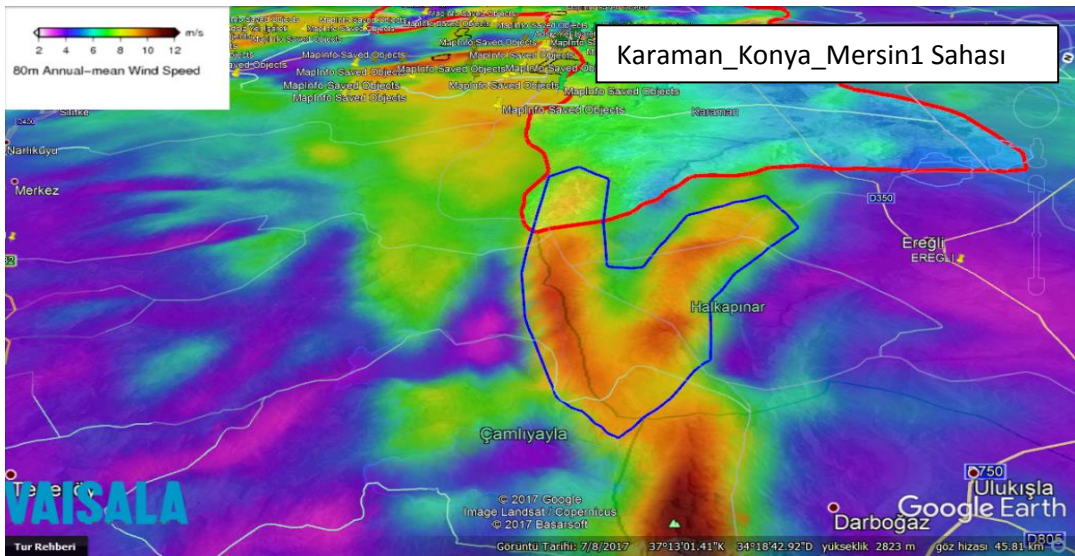
*Şekil Ek8. Karaman için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası /devam ediyor)*



Karaman\_Mersin\_3 Sahası

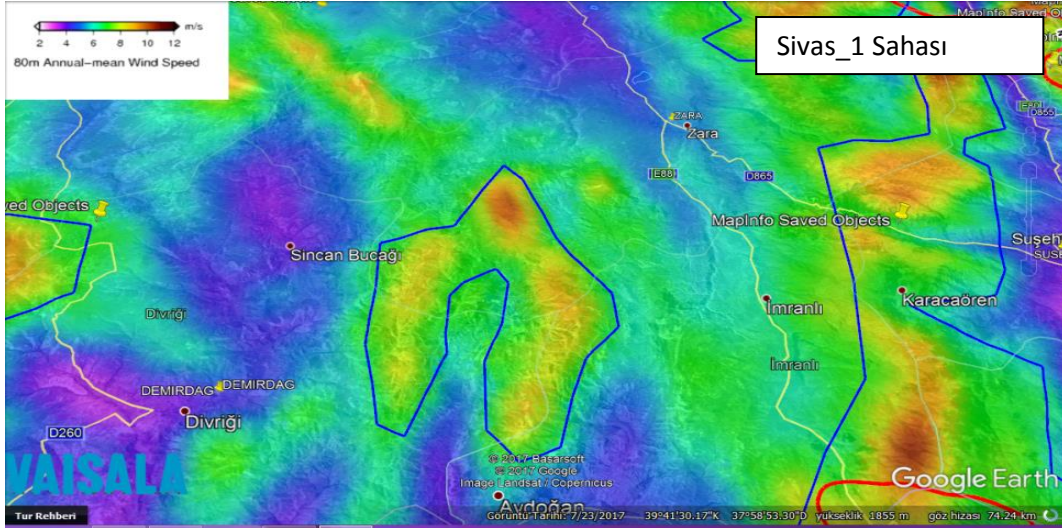


Karaman\_Konya\_1 Sahası

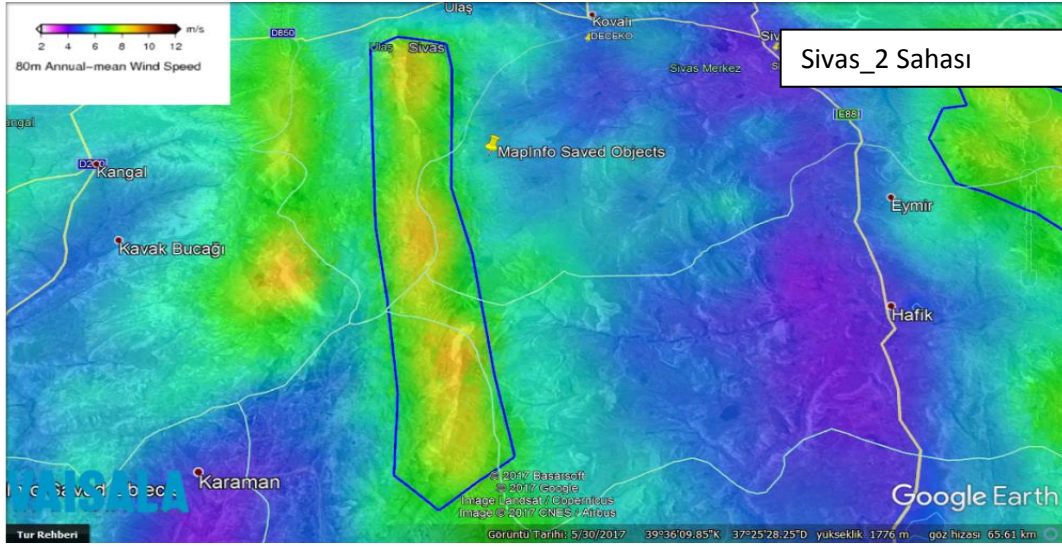


Karaman\_Konya\_Mersin\_1 Sahası

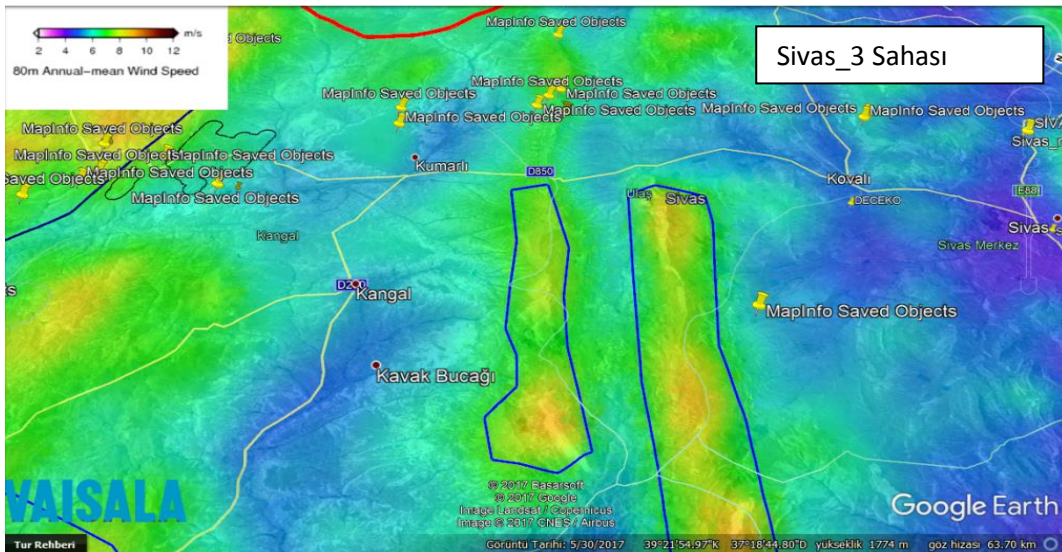
Şekil Ek8. Karaman için seçilen yedi sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası



Sivas\_1 Sahası

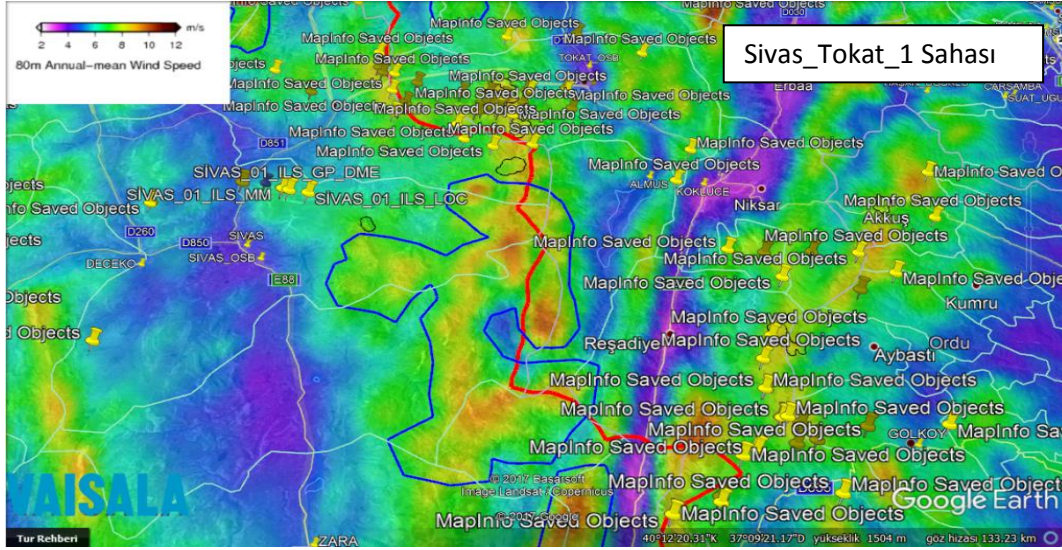


Sivas\_2 Sahası

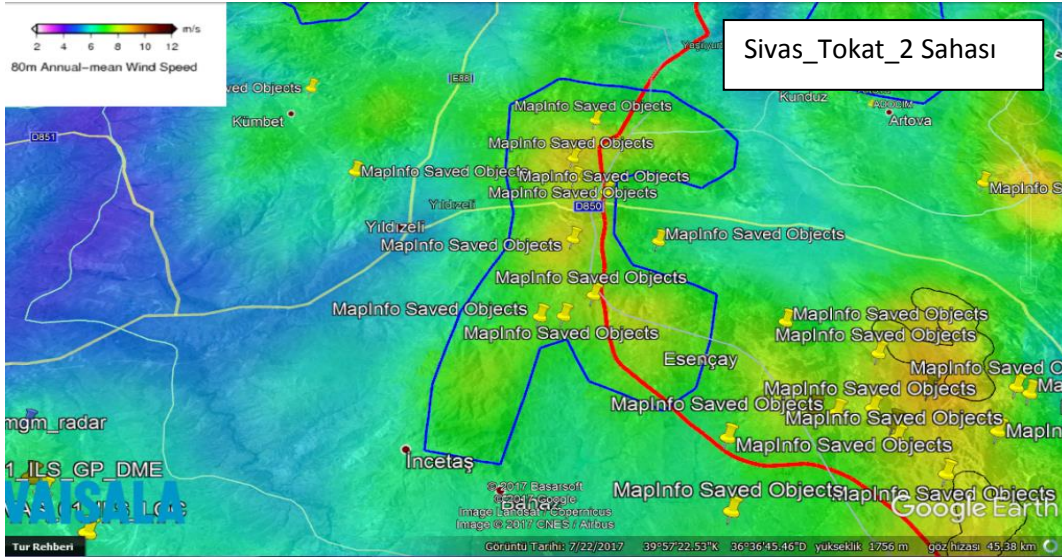


Sivas\_3 Sahası

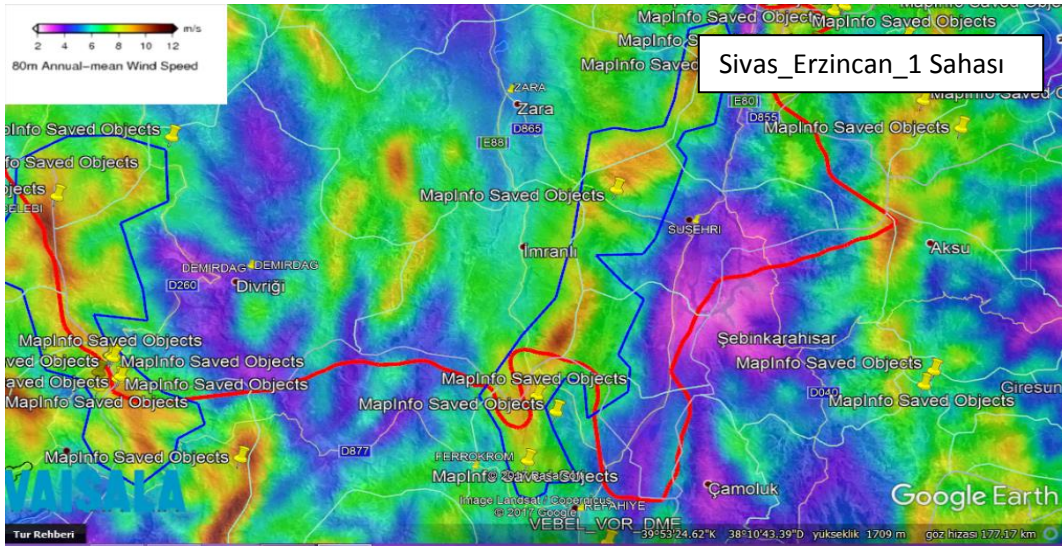
Şekil Ek9. Sivas için seçilen sekiz sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası (devam ediyor)



Sivas\_Tokat\_1 Sahası

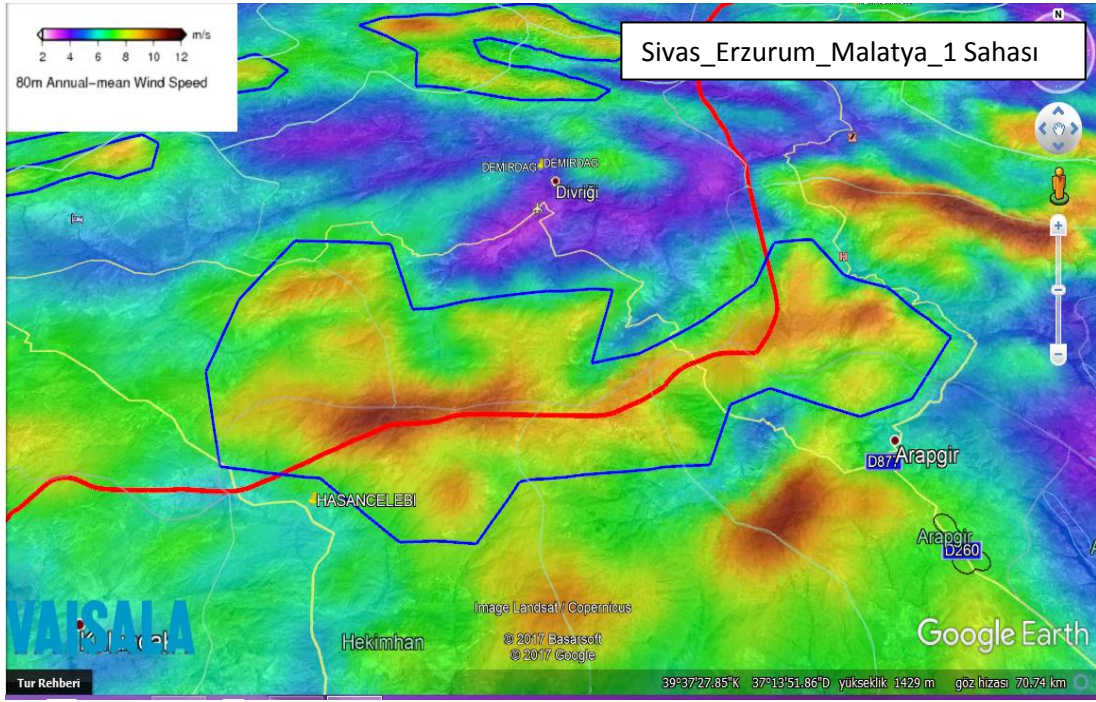


Sivas\_Tokat\_2 Sahası

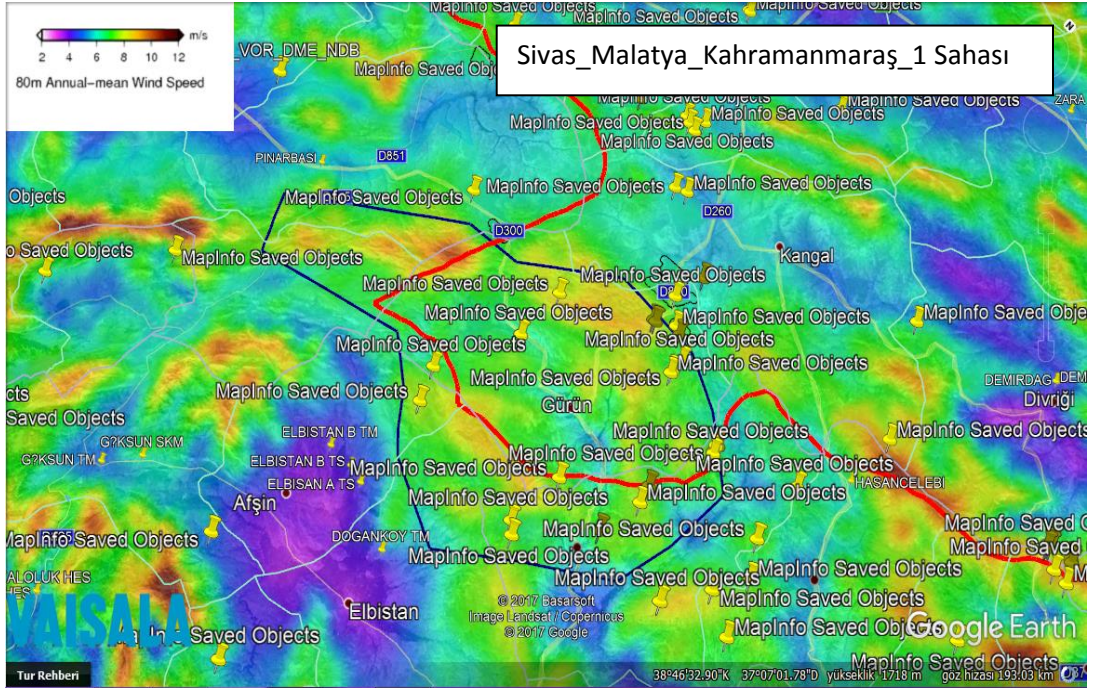


Sivas\_Erzincan\_1 Sahası

Şekil Ek9. Sivas için seçilen sekiz sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası (devam ediyor)

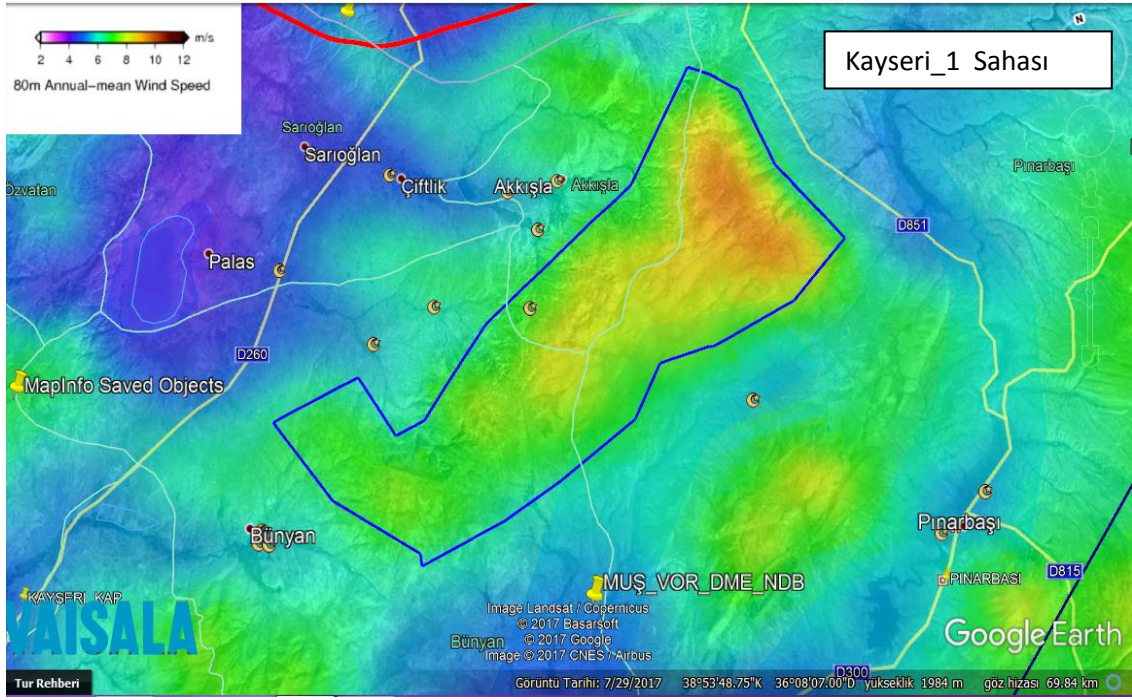


Sivas\_Erzurum\_Malatya\_1 Sahası

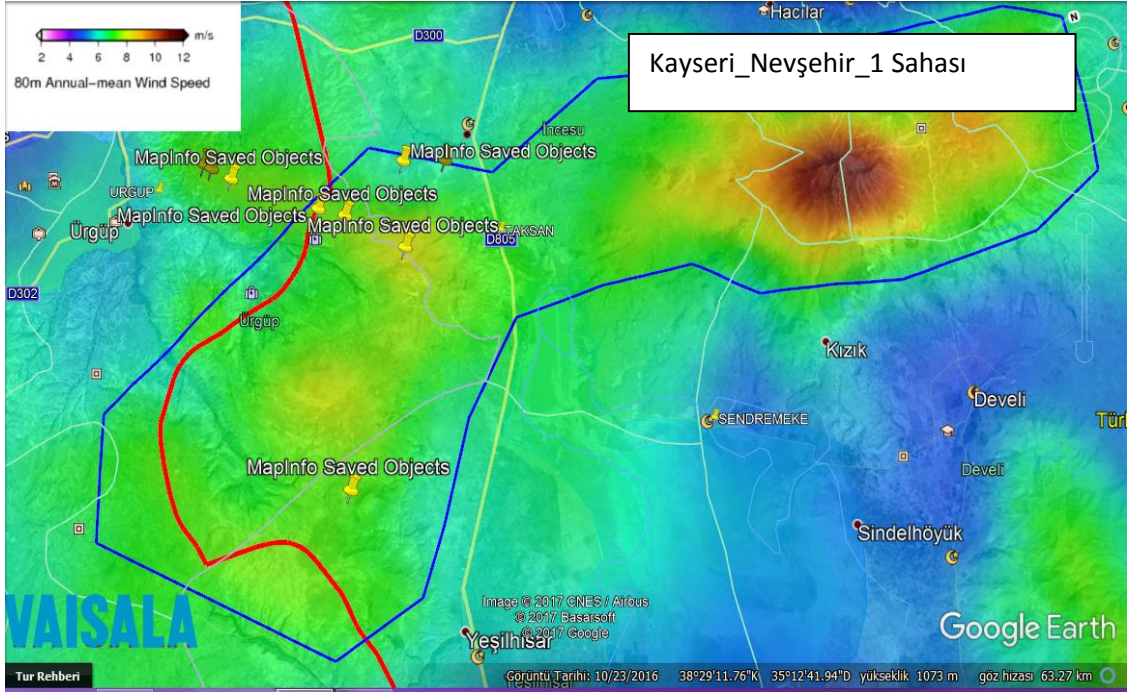


Sivas\_Malatya\_Kahramanmaraş\_Kayseri\_1 Sahası

Şekil Ek9. Sivas için seçilen sekiz sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası

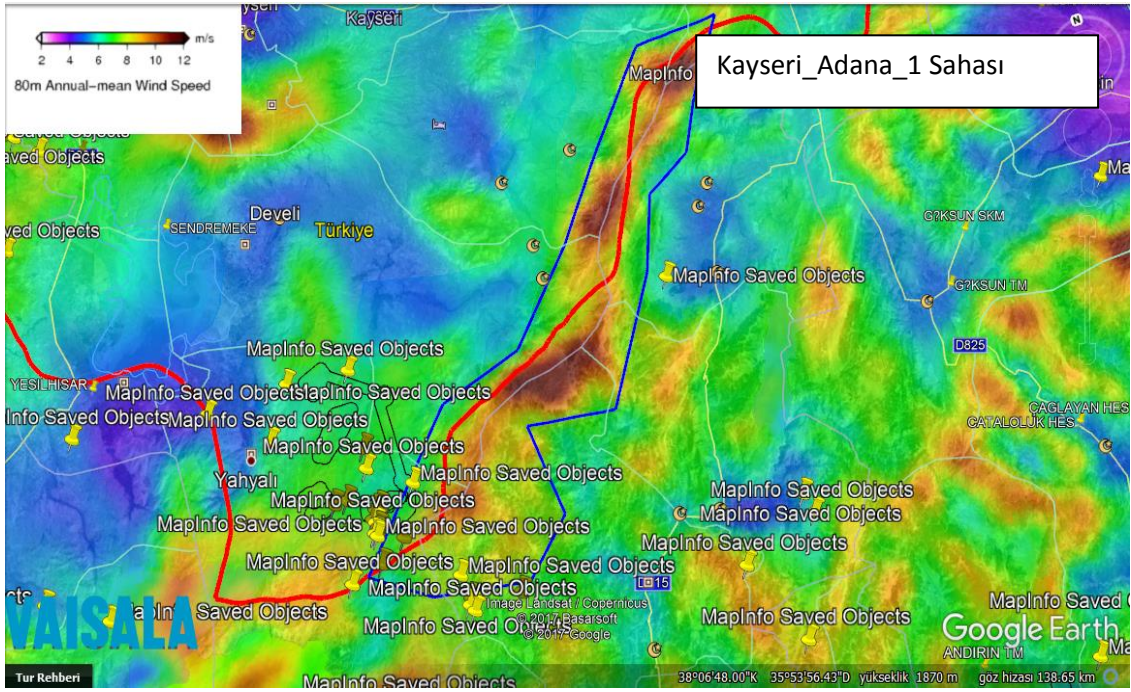


Kayseri\_1 Sahası

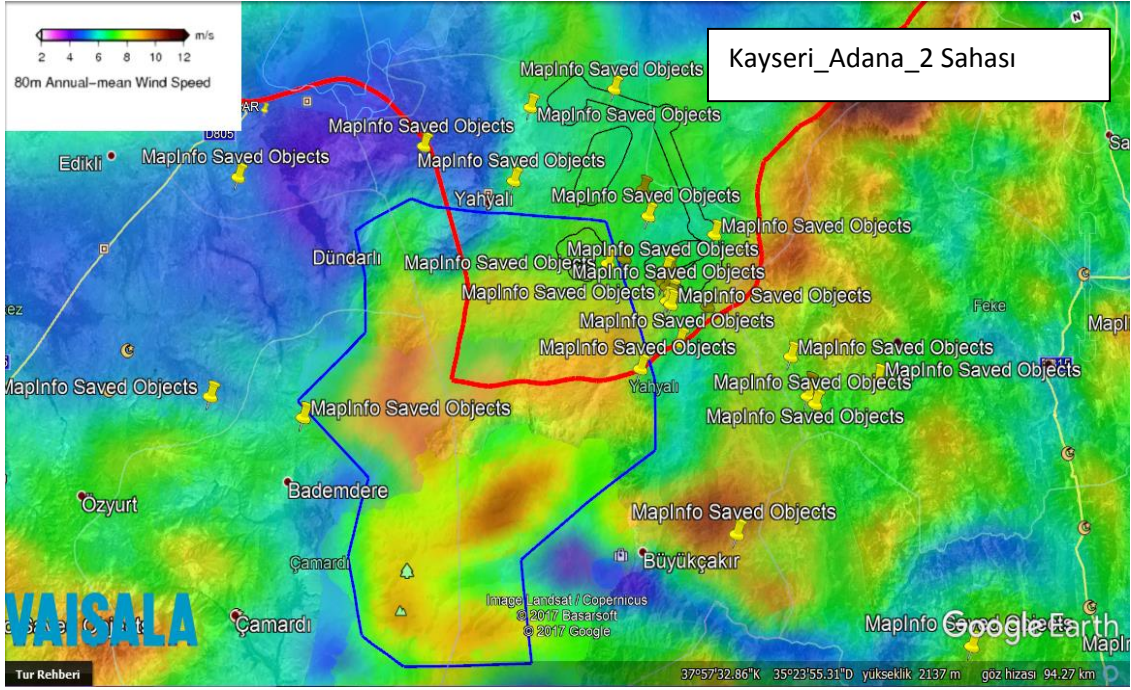


*Kayseri\_Nevşehir\_1 Sahası*

*Şekil Ek10. Kayseri için seçilen dört sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası (devam ediyor)*

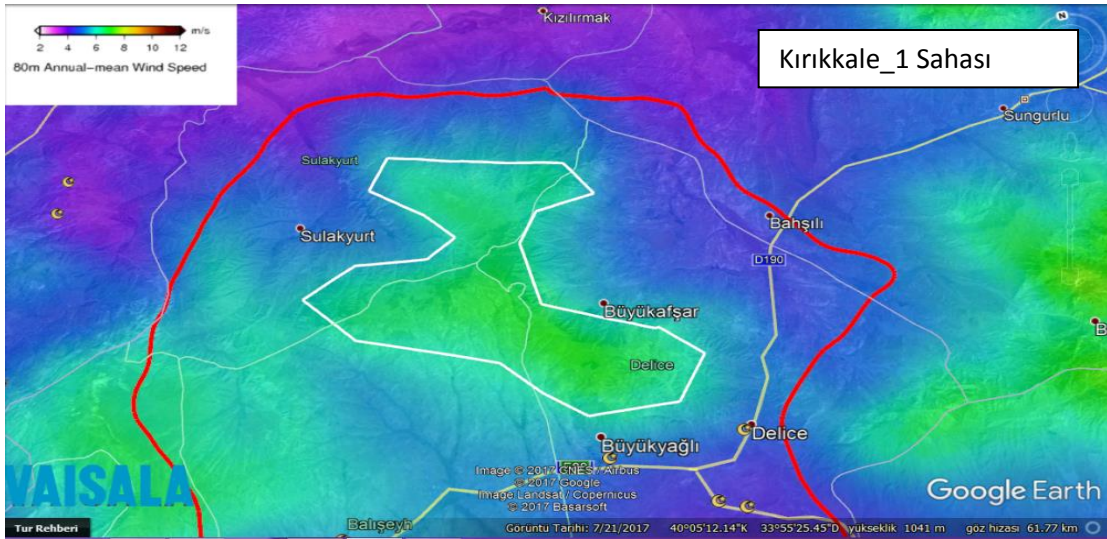


*Kayseri\_Adana\_1 Sahası*



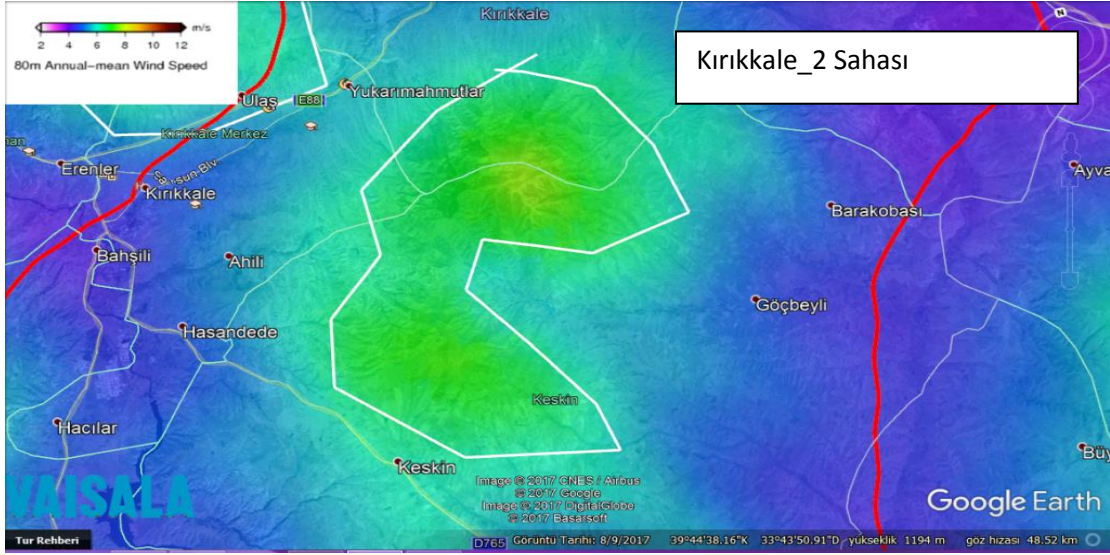
*Kayseri\_Adana\_2 Sahası*

Şekil Ek10. Kayseri için seçilen dört sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası

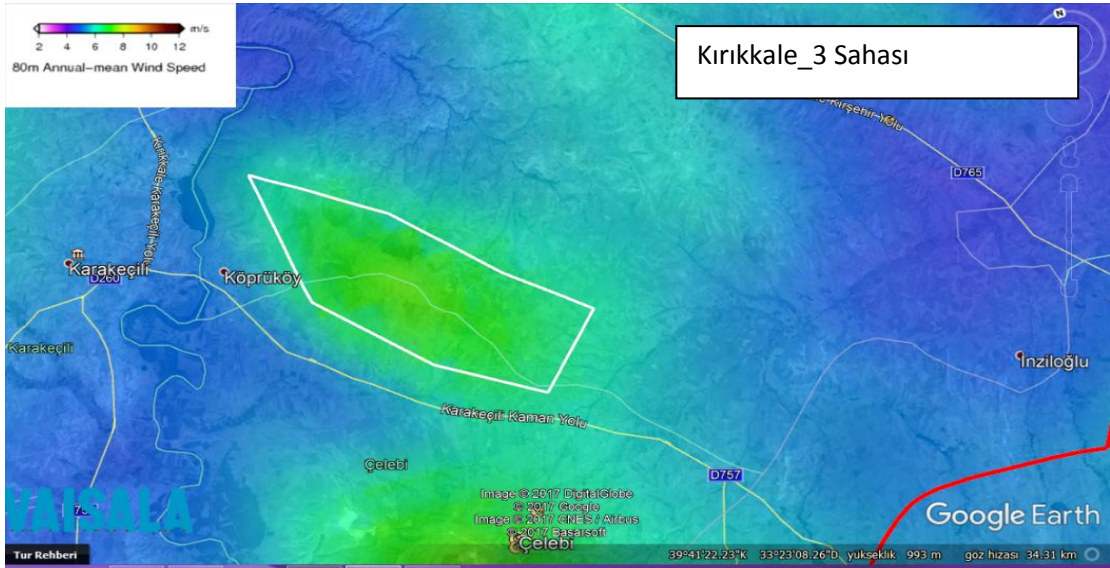


*Kırıkkale\_1 Sahası*



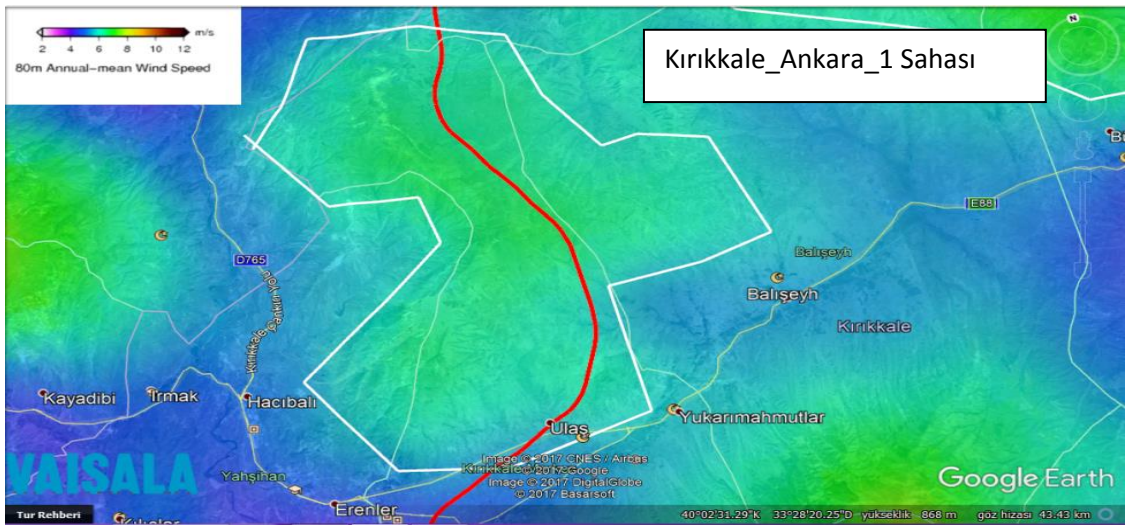


Kırıkkale\_2 Sahası

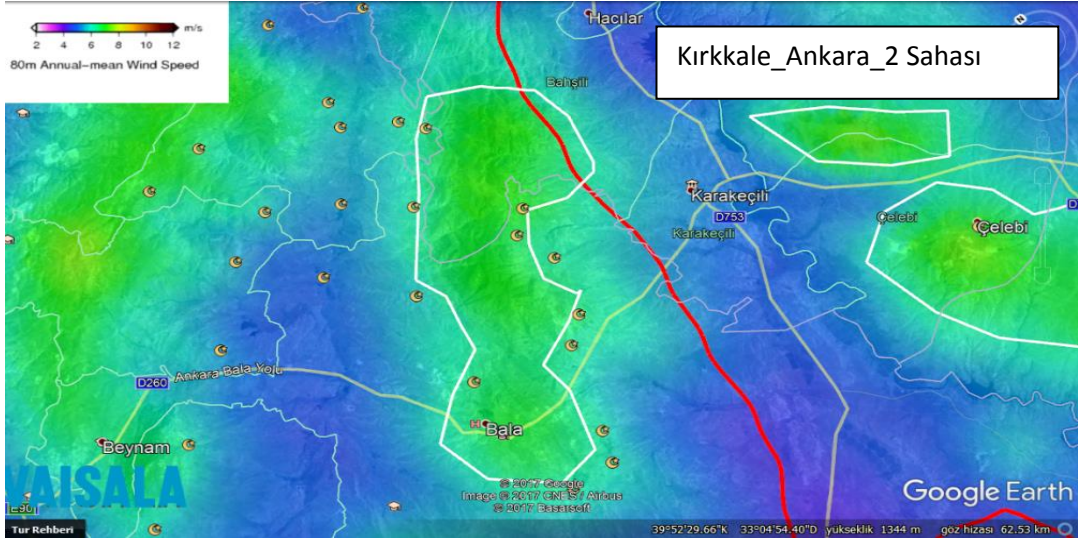


Kırıkkale\_3 Sahası

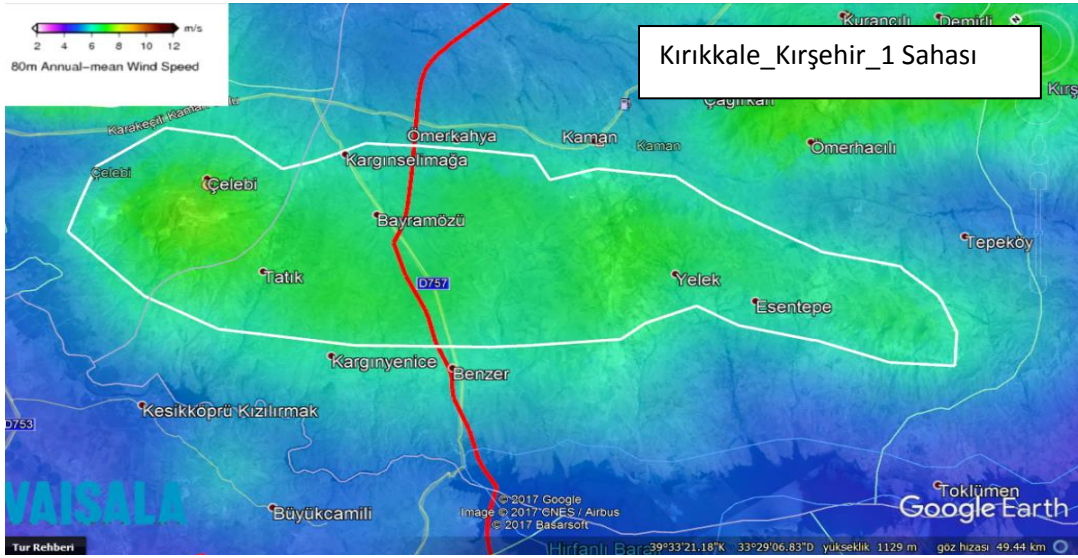
Şekil Ek11. Kırıkkale için seçilen altı sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası (devam ediyor)



Kırıkkale\_Ankara\_1 Sahası

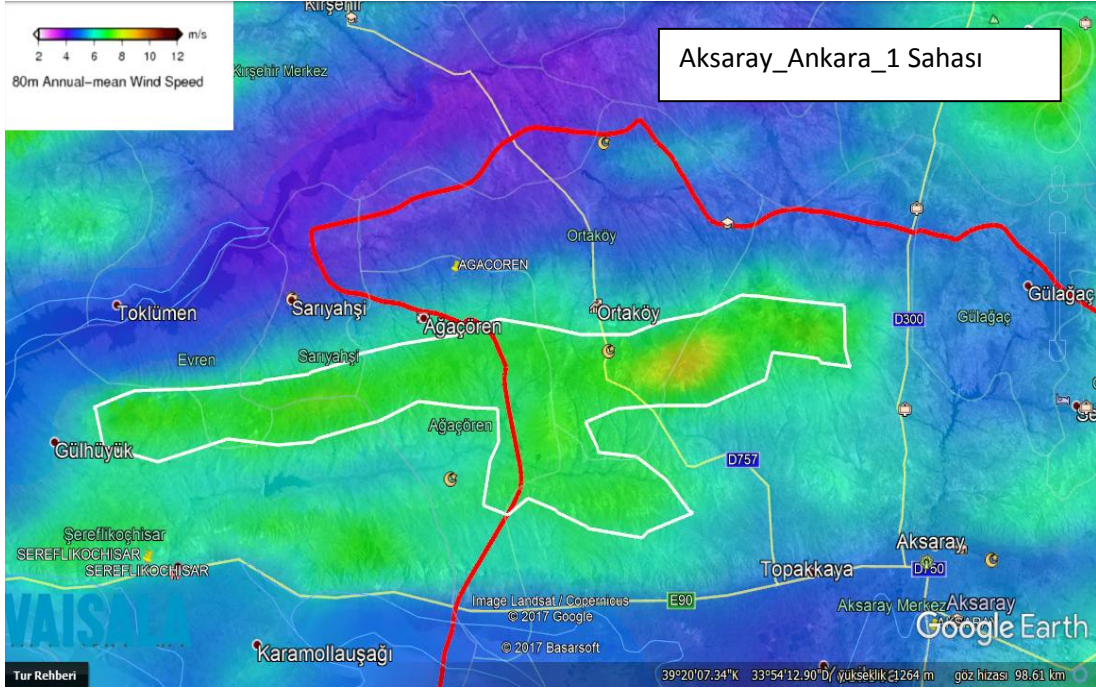


Kırıkkale\_Ankara\_2 Sahası

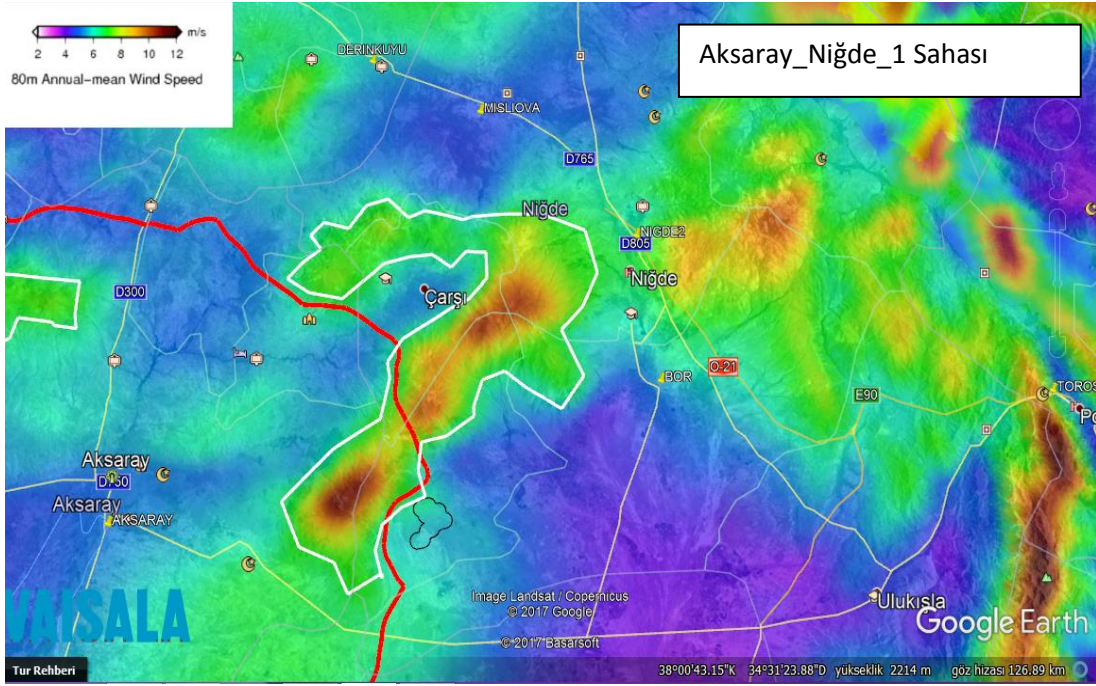


Kırıkkale\_Kırşehir\_1 Sahası

Şekil Ek11. Kırıkkale için seçilen altı sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası

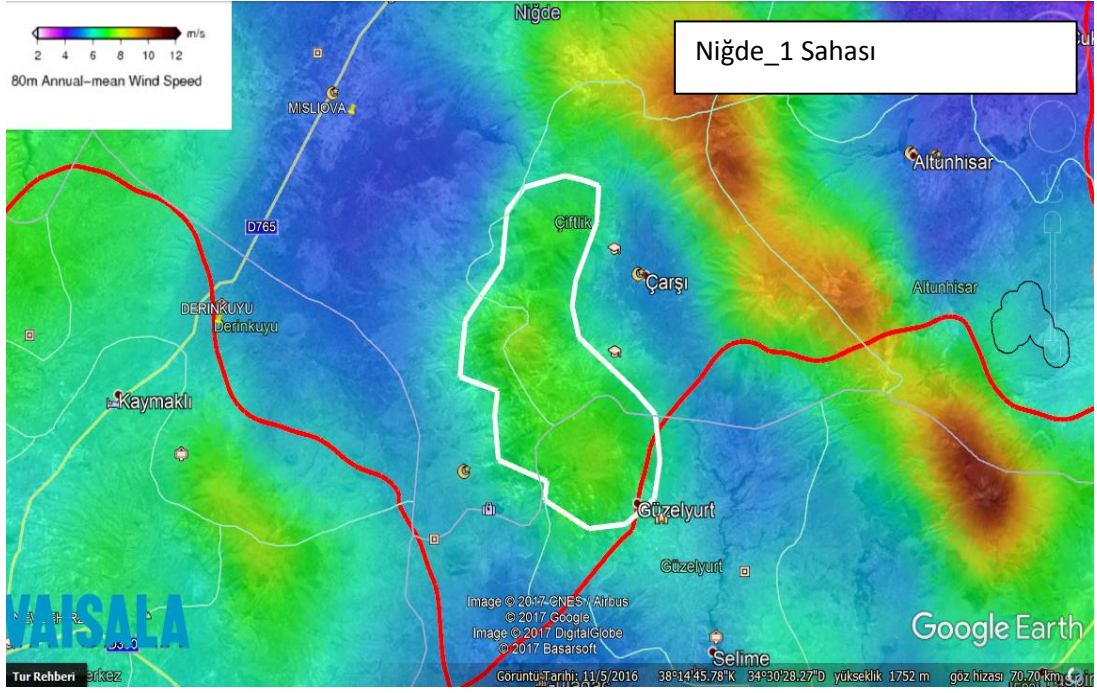


Aksaray\_Ankara\_1 Sahası

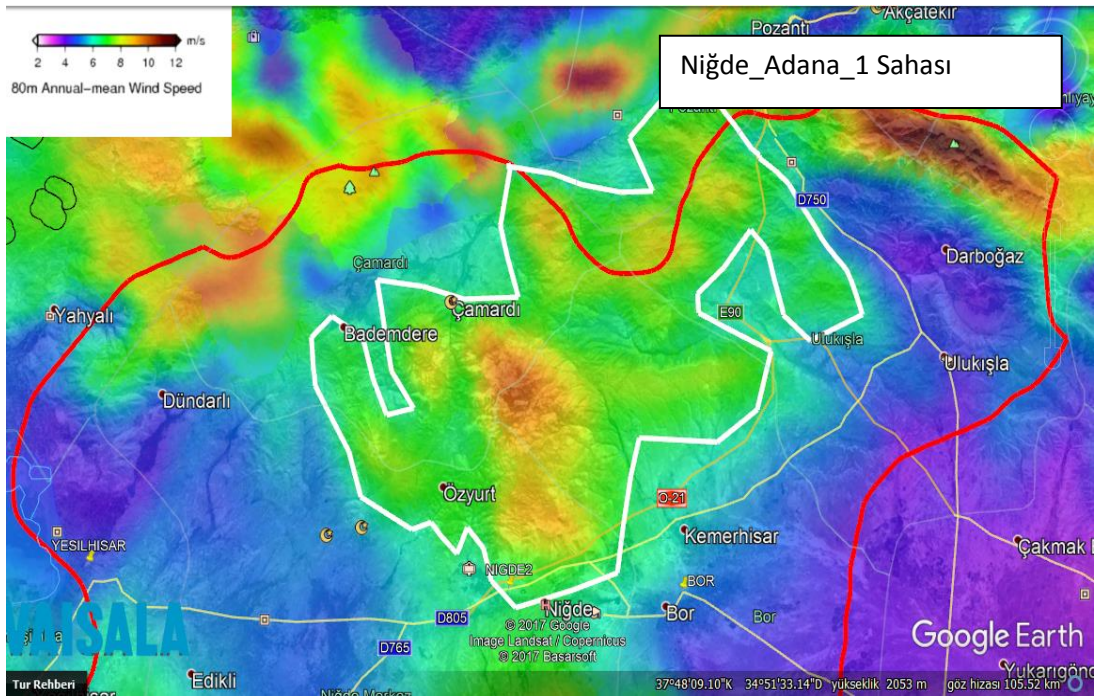


Aksaray\_Niğde\_1 Sahası

Şekil EK12. Aksaray için seçilen iki sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası

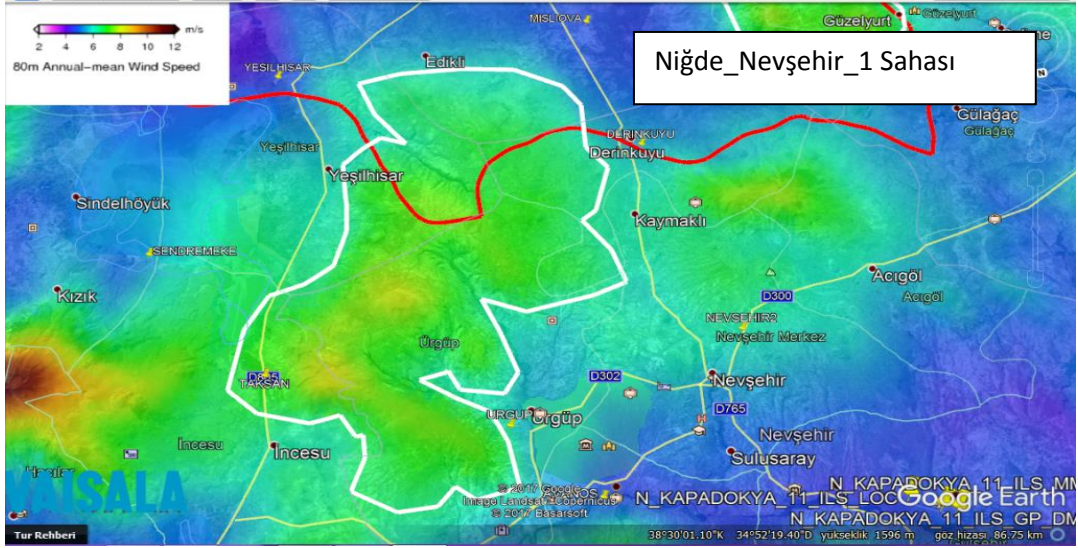


*Niğde\_1 Sahası*

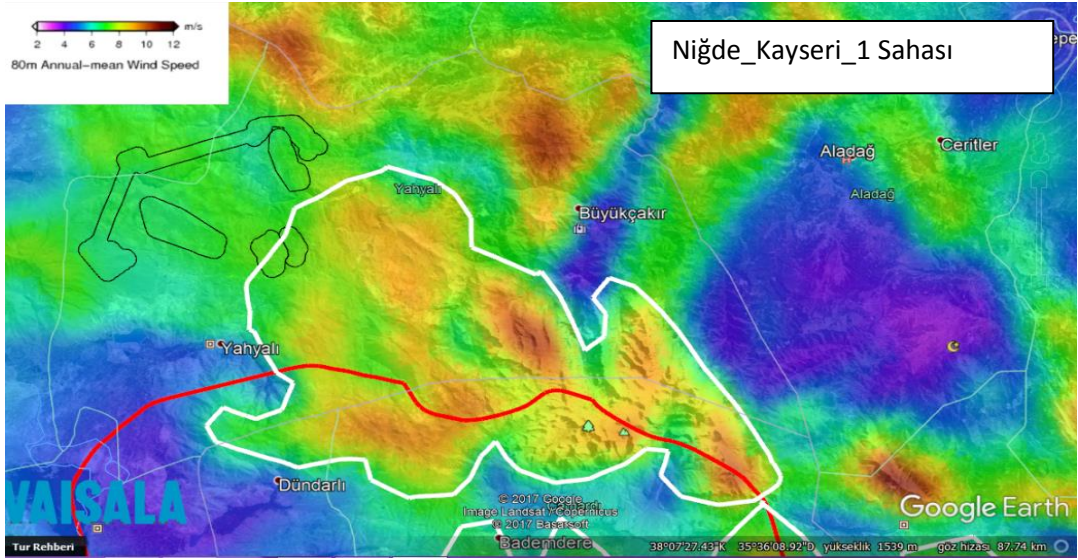


*Niğde\_Adana\_1 Sahası*

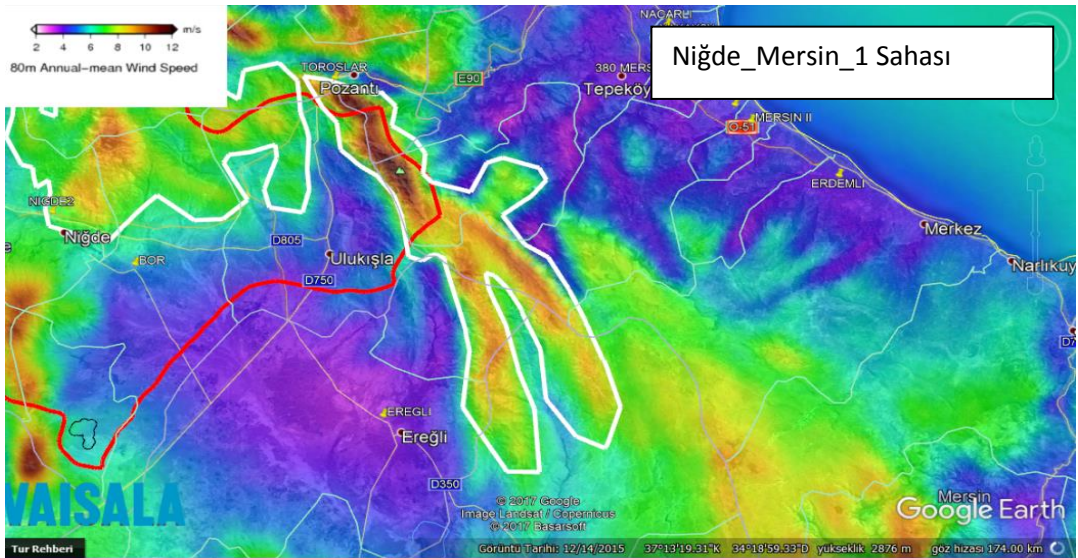
*Şekil Ek13 . Niğde için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası (devam ediyor)*



Niğde\_Nevşehir\_1 Sahası

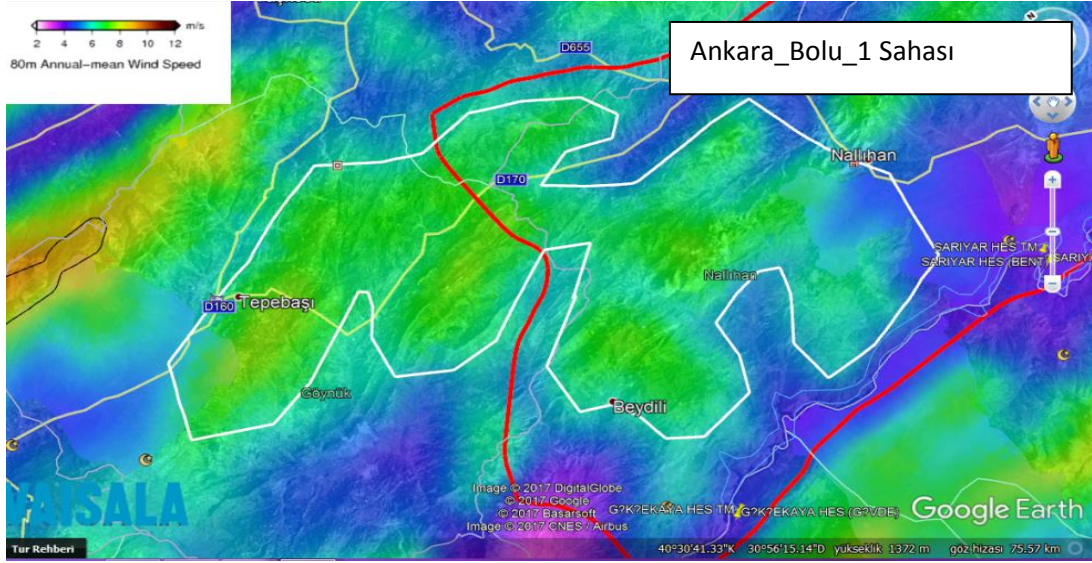


Niğde\_Kayseri\_1 Sahası

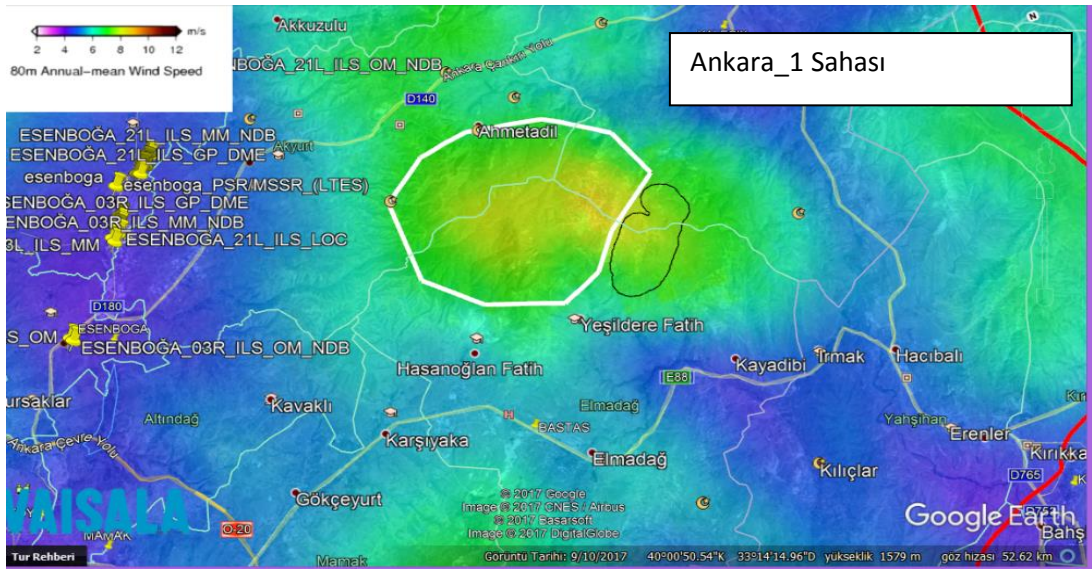


Niğde\_Mersin\_1 Sahası

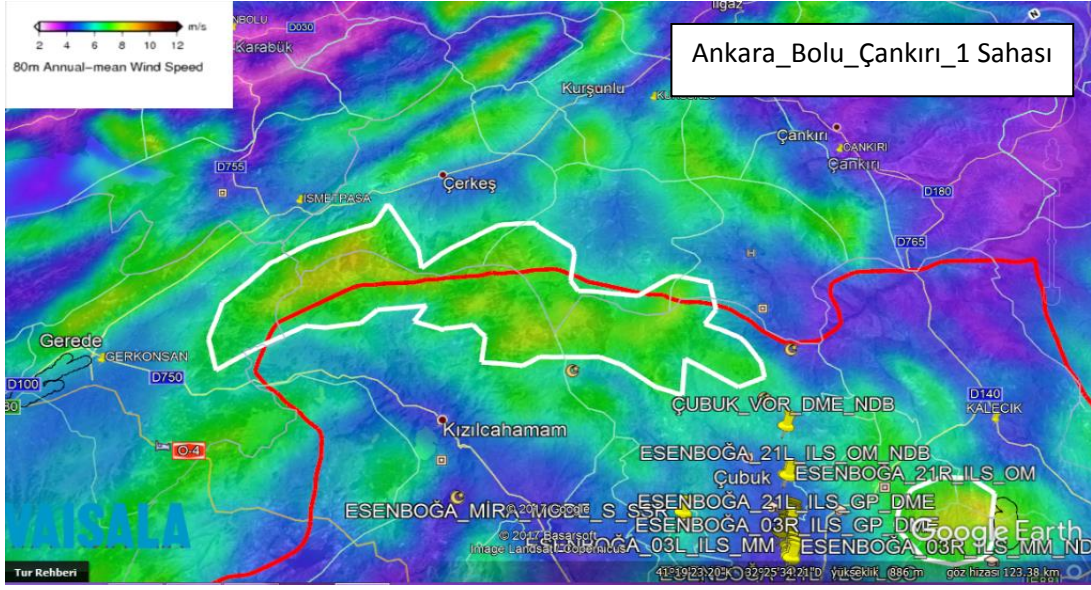
Şekil Ek13. Niğde için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası



Ankara\_Bolu\_1 Sahası

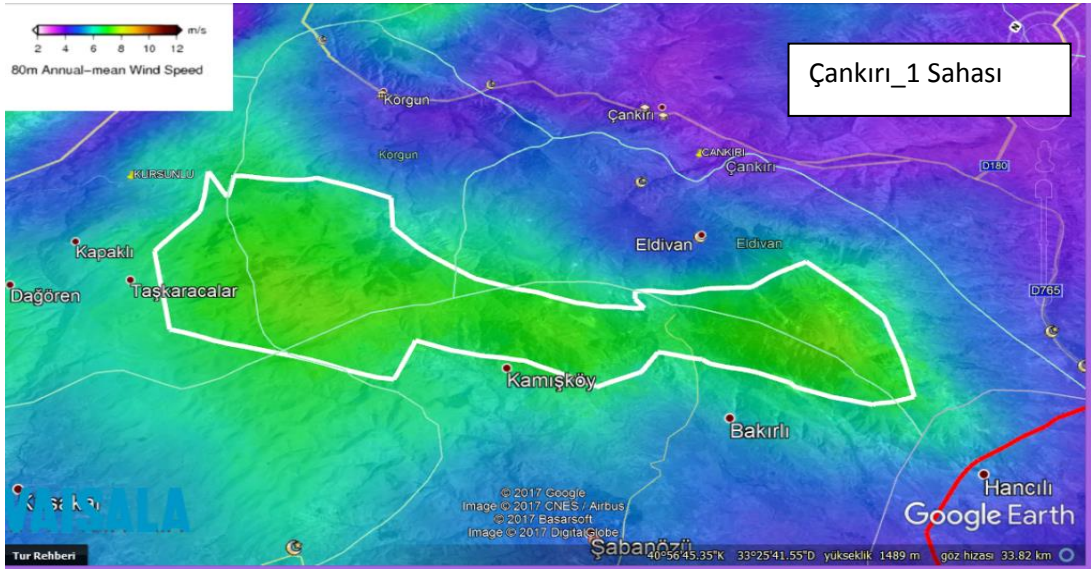


Ankara\_1 Sahası

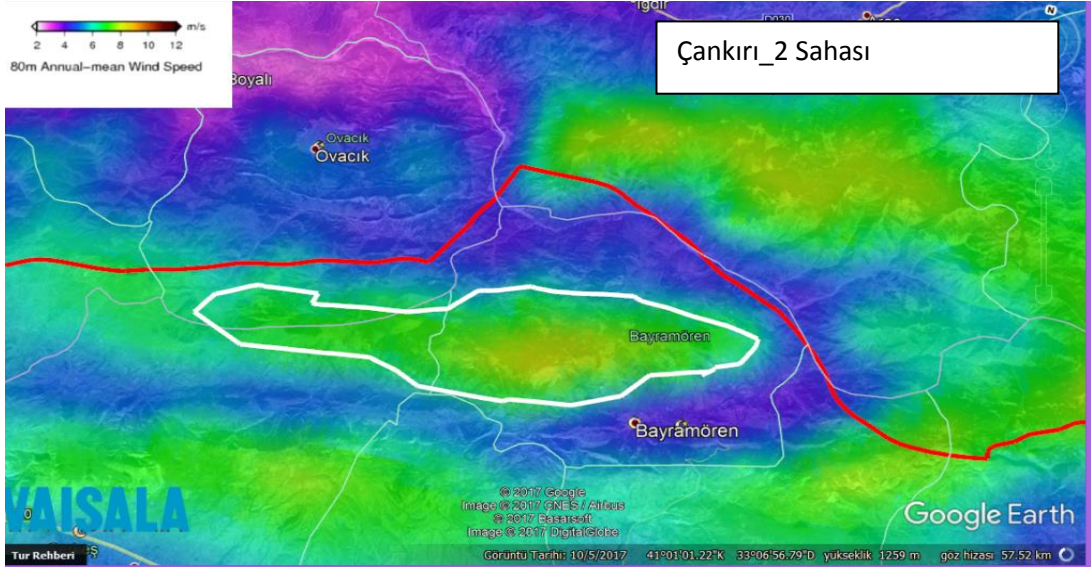


Ankara\_Bolu\_Çankırı\_1 Sahası

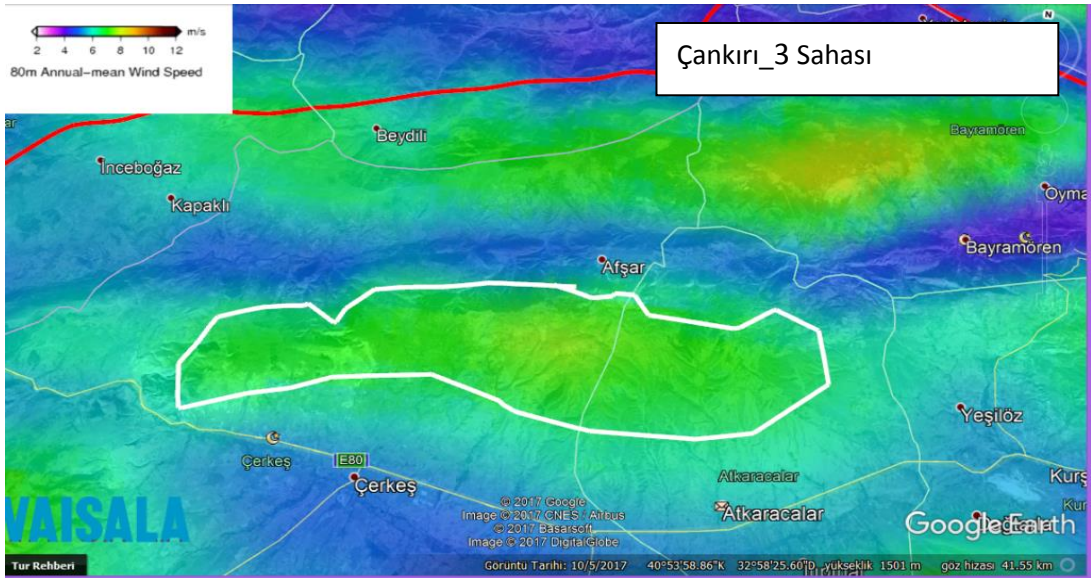
Şekil Ek14. Ankara için seçilen üç sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası



Çankırı\_1 Sahası



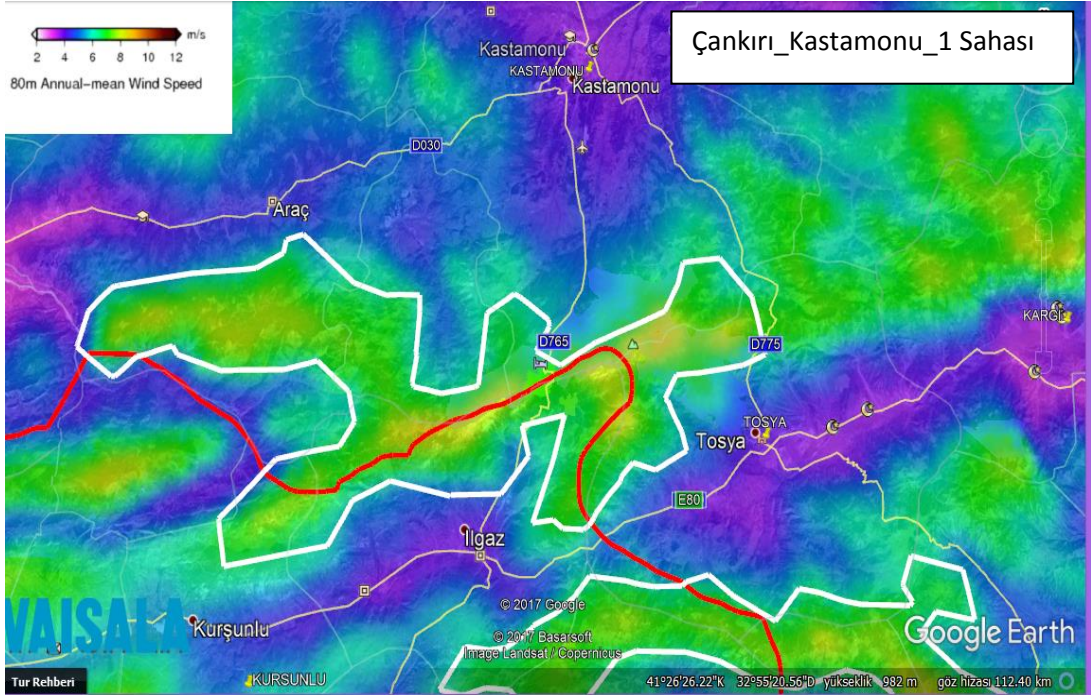
Çankırı\_2 Sahası



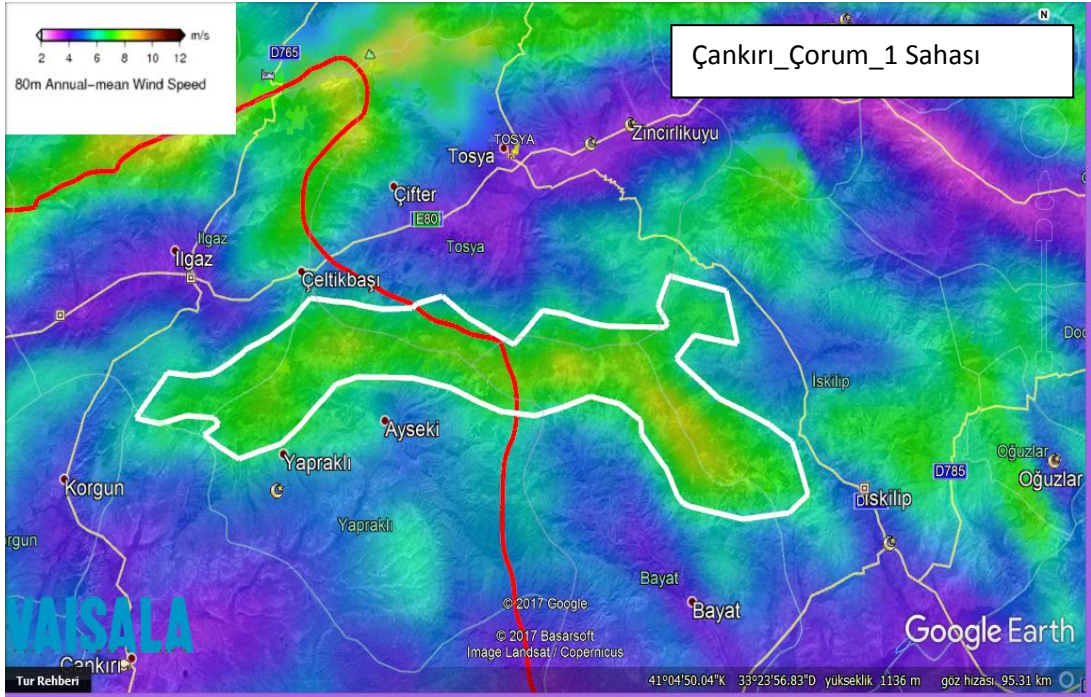
Çankırı\_3 Sahası

Şekil Ek15 . Çankırı için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası (devam ediyor)



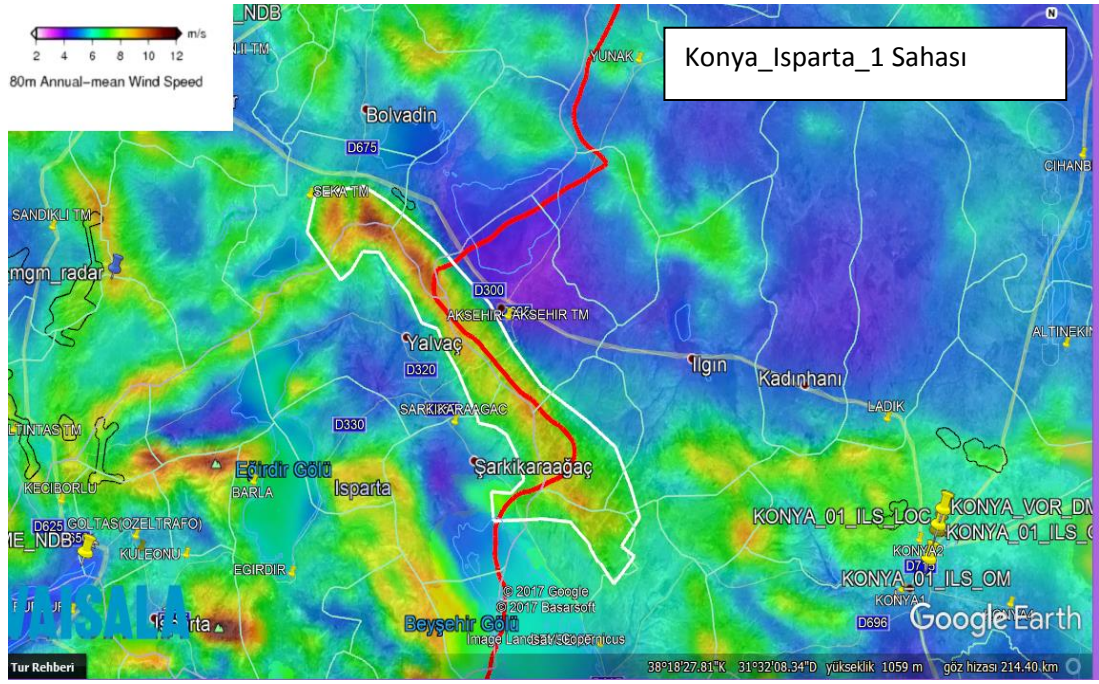


Çankırı\_Kastamonu\_1 Sahası

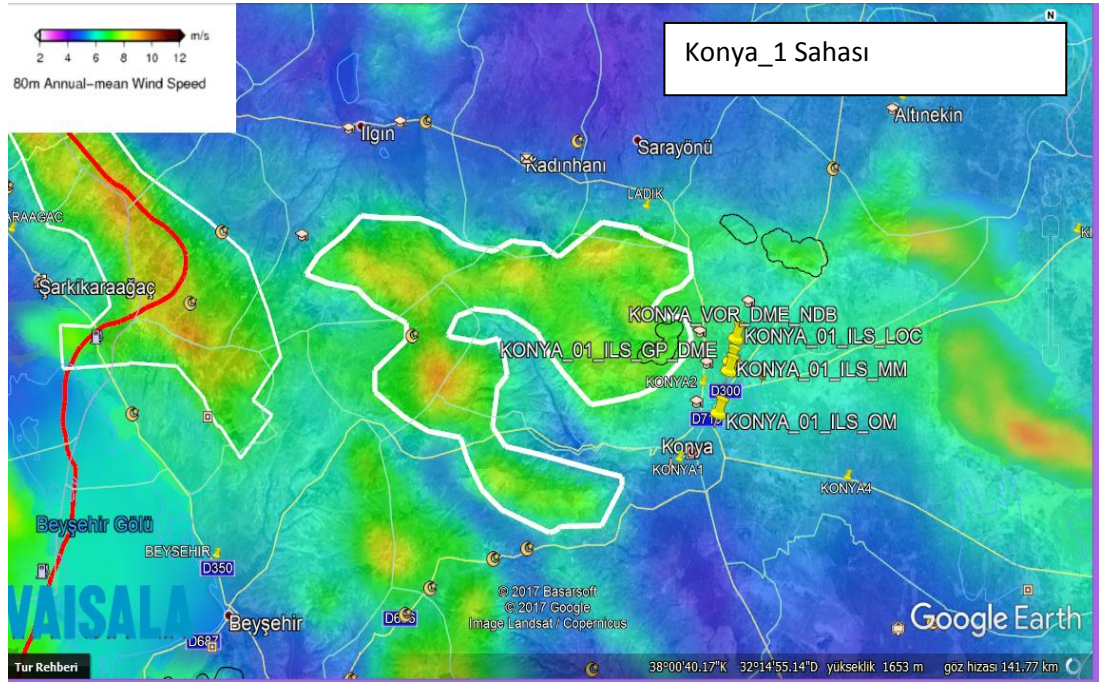


Çankırı\_Çorum\_1 Sahası

Şekil Ek15. Çankırı için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası

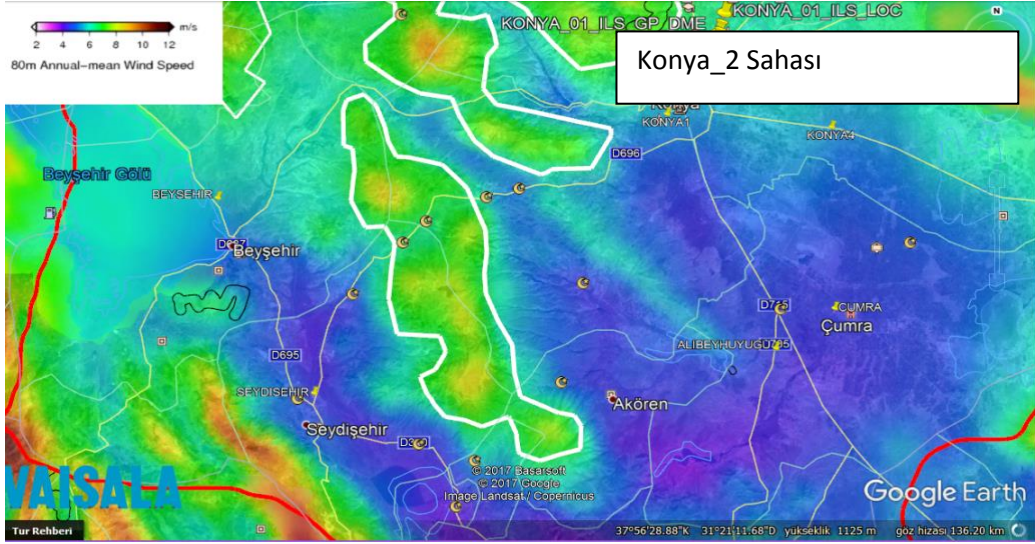


Konya\_Isparta\_1 Sahası

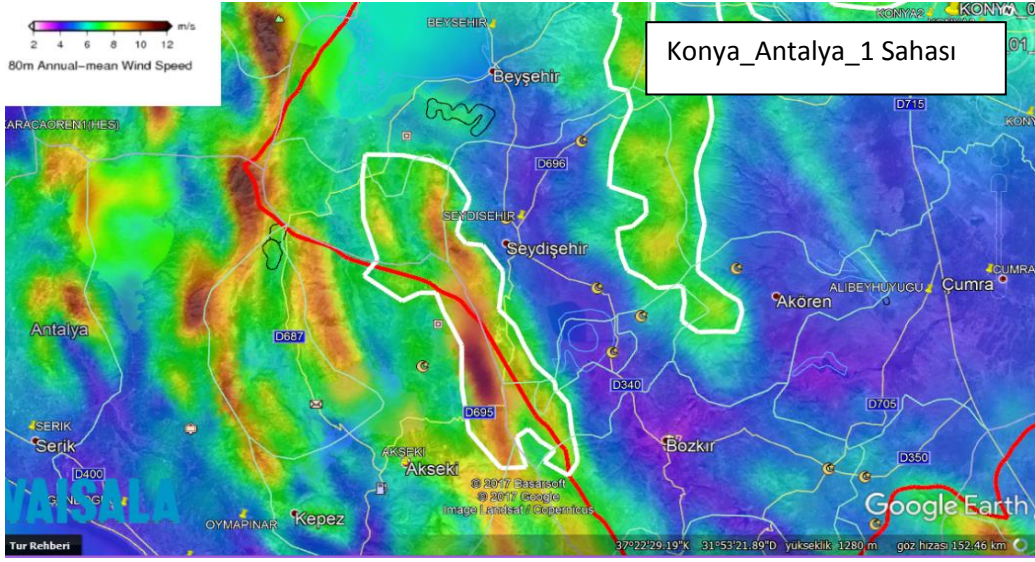


Konya\_1 Sahası

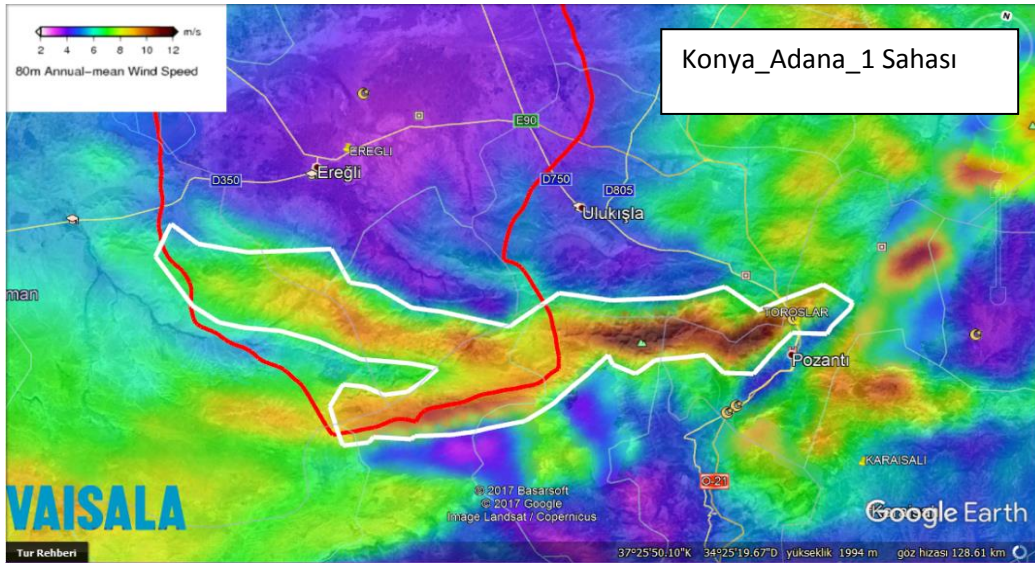
Şekil Ek16 .Konya için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası (devam ediyor)



Konya\_2 Sahası

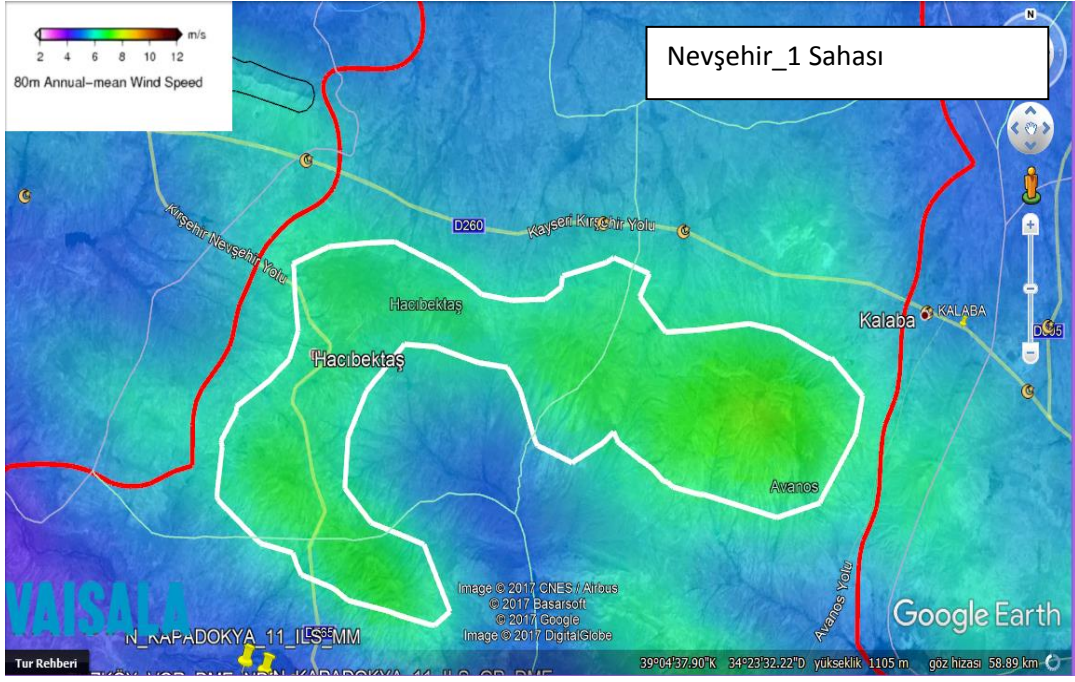


Konya\_Antalya\_1 Sahası

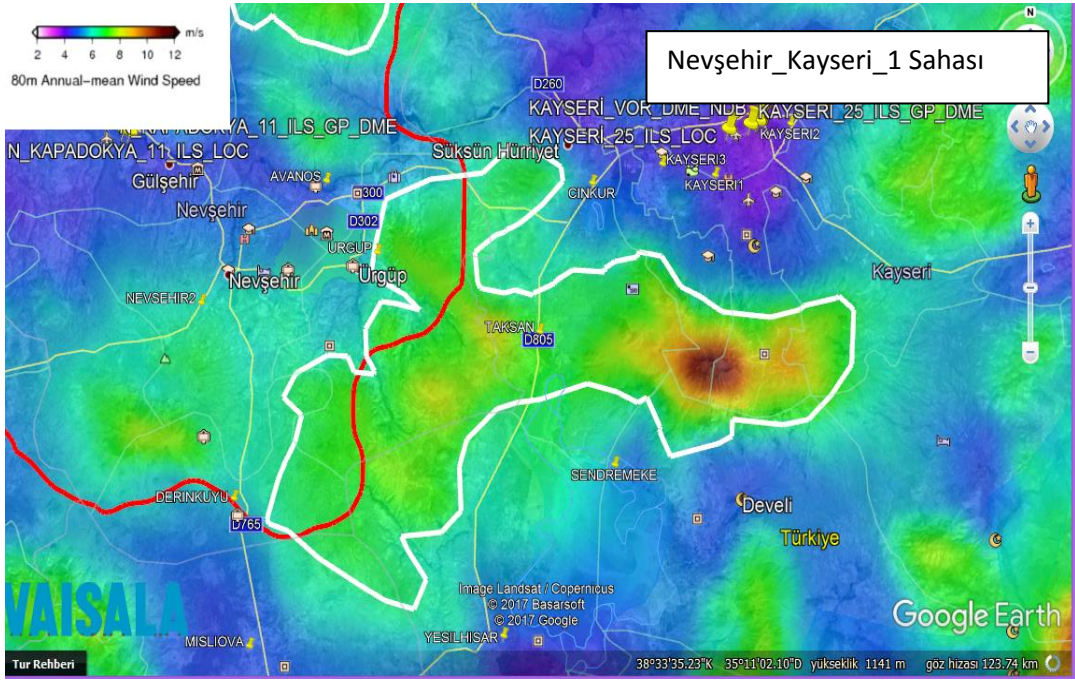


Konya\_Adana\_1 Sahası

Şekil Ek16. Konya için seçilen beş sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası

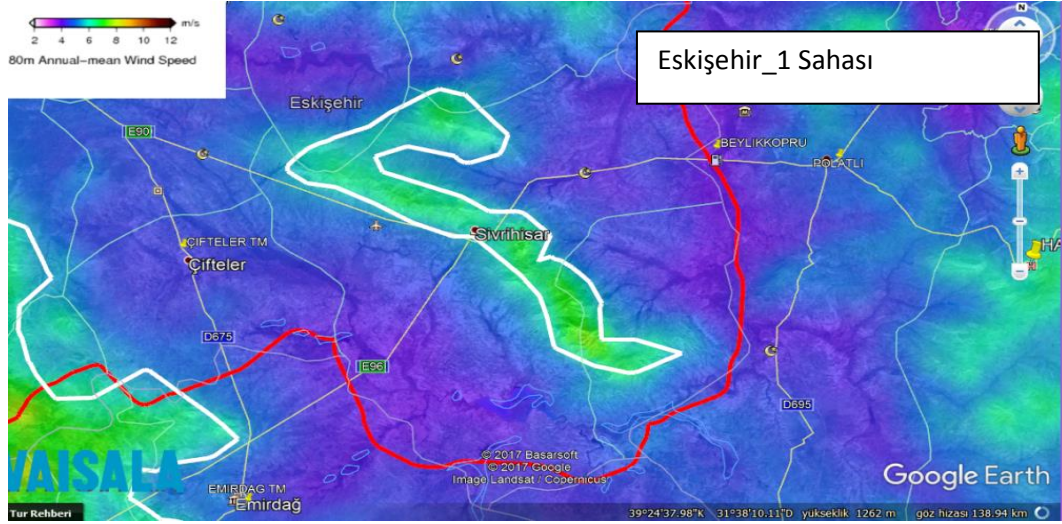


*Nevşehir\_1 Sahası*

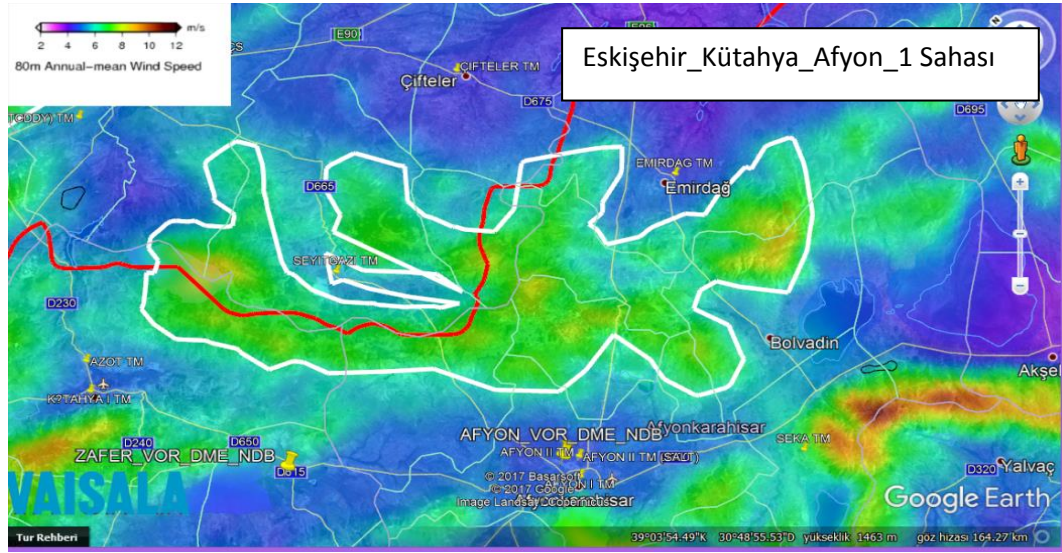


*Nevşehir\_Kayseri\_1 Sahası*

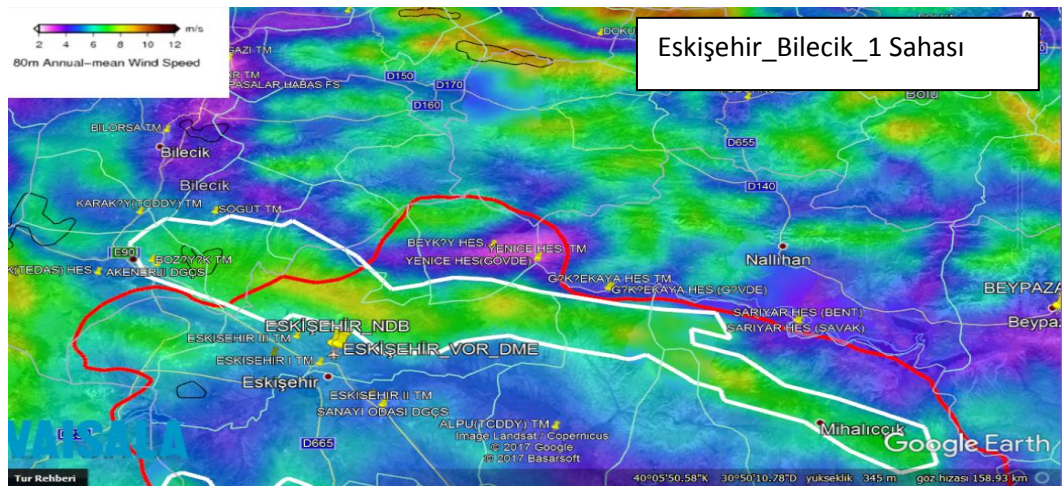
Şekil Ek17. Nevşehir için seçilen iki sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası



Eskişehir\_1 Sahası



Eskişehir\_Kütahya\_Afyon\_1 Sahası



Eskişehir\_Bilecik\_1 Sahası

Şekil Ek18. Eskişehir için seçilen üç sahanın Vaisala Rüzgâr Haritası

## EK7. İncelenen Sahaların 12\*24 Maris Şeklinde Saatlik Bazda Aylık Enerji Üretimleri

Saat	MW/saat	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
<b>Aksaray Niğde_1</b>													
00:00 - 01:00	560.09	547.4668	463.2203	317.2499	177.9535	213.9243	398.0184	355.7971	229.3254	241.9535	371.8015	508.5944	
01:00 - 02:00	526.9593	518.3296	431.9996	301.1823	163.0451	185.6937	345.9676	308.0203	198.2408	223.7275	346.0899	483.3643	
02:00 - 03:00	506.9705	499.1807	416.804	288.8539	154.0944	166.124	305.1716	271.1334	174.1394	213.8352	327.8369	468.1013	
03:00 - 04:00	517.0591	506.6573	422.0323	288.4275	146.4185	146.9005	265.1218	241.0294	160.9195	215.405	328.0697	474.3465	
04:00 - 05:00	541.5542	528.2459	428.9292	277.3716	142.4134	185.1578	325.2697	238.8742	146.3627	225.1651	345.6074	499.8009	
05:00 - 06:00	551.4324	524.4012	451.3062	330.0612	212.3716	302.4252	494.845	352.4598	151.7069	213.5461	356.3257	511.4158	
06:00 - 07:00	528.89	572.7631	587.5615	456.6516	280.5266	358.8525	545.2918	390.7455	197.6707	243.2443	335.9978	485.7881	
07:00 - 08:00	594.3681	713.0042	720.8235	564.4576	335.6222	378.8959	530.8321	375.1292	216.9553	310.7889	399.2835	524.6696	
08:00 - 09:00	698.6436	798.2518	812.7732	666.8459	385.6936	399.5678	502.783	358.8826	239.8438	354.5885	468.5914	627.5706	
09:00 - 10:00	730.7333	808.5218	873.5549	743.0127	428.4138	411.2433	479.4897	353.0233	263.6285	383.8477	487.8233	651.3739	
10:00 - 11:00	714.9598	797.9779	904.1401	792.4591	457.4367	429.7224	477.1623	368.523	293.7454	406.157	487.5228	632.1281	
11:00 - 12:00	674.6378	768.9433	901.4818	815.9966	479.4548	455.3203	503.6019	410.46	329.044	420.0067	477.9716	590.9922	
12:00 - 13:00	604.1809	720.039	874.1525	812.6346	490.4253	482.1896	556.4611	475.5113	364.329	423.7897	449.7833	514.1524	
13:00 - 14:00	513.9151	614.3228	800.1266	767.0652	483.5864	508.6635	628.6117	556.3864	392.9083	410.4007	385.8772	430.8814	
14:00 - 15:00	498.9555	516.7474	637.6863	646.0314	451.7566	528.8964	710.9145	645.3631	415.2145	377.7711	343.485	428.0943	
15:00 - 16:00	554.9982	532.6724	546.4443	497.6086	396.2236	544.3358	807.1941	744.1881	464.3417	388.3459	358.6636	503.2933	
16:00 - 17:00	637.374	601.6887	554.9704	448.0771	357.4936	534.816	876.3374	832.96	514.7145	404.5214	409.9637	602.7394	
17:00 - 18:00	721.0463	668.7936	594.7813	445.5259	350.7674	557.4982	940.5204	852.4207	500.3498	420.2717	477.4707	687.7492	
18:00 - 19:00	763.0309	722.7657	639.4884	454.3545	334.4351	535.9802	913.2123	802.2171	479.7118	424.641	531.0654	739.104	
19:00 - 20:00	768.3908	745.5462	657.4615	448.6274	311.8994	498.5591	855.8689	753.6279	452.483	408.9452	550.893	753.2447	
20:00 - 21:00	751.5713	741.9179	651.5562	435.9179	292.9777	451.3478	797.7003	706.3941	418.7067	387.7383	547.9371	740.7111	
21:00 - 22:00	690.9741	699.4791	606.9845	404.0013	260.654	380.2952	677.0901	603.6181	363.5969	347.5579	506.1018	673.6881	
22:00 - 23:00	632.6352	641.0216	555.1813	366.3561	225.7274	309.7821	554.5748	496.7255	309.4598	306.921	455.931	597.1498	
23:00 - 24:00	591.4515	592.146	506.1018	331.5356	197.0102	260.3339	463.4517	414.1076	262.5083	272.4346	416.5199	547.7334	
<b>Konya Isparta_1</b>													
00:00 - 01:00	1241.077	1328.178	1082.955	767.4235	531.2104	719.769	1166.534	952.4811	600.1041	601.0187	884.1017	1219.135	
01:00 - 02:00	1193.608	1284.135	1031.406	730.6114	494.6705	644.5329	1064.574	873.9349	557.7655	585.3118	859.9518	1166.17	
02:00 - 03:00	1175.269	1263.281	997.7381	712.1158	462.9038	590.15	979.8921	809.6521	535.1878	585.3118	864.2535	1136.923	
03:00 - 04:00	1259.533	1319.126	1033.491	730.6114	454.0843	555.9516	914.8456	791.8012	542.7548	630.2532	913.1623	1185.179	
04:00 - 05:00	1366.219	1414.094	1096.648	755.0186	458.1373	608.2437	983.1899	795.8089	554.4653	682.8618	978.8327	1277.694	
05:00 - 06:00	1448.755	1518.92	1251.797	958.2405	605.3933	770.8412	1151.548	943.2337	593.929	713.5055	1010.969	1357.255	
06:00 - 07:00	1545.228	1859.05	1690.882	1342.06	765.9203	833.2155	1127.993	958.2832	717.6551	917.0941	1073.019	1427.899	
07:00 - 08:00	1891.227	2420.605	2126.545	1628.05	876.2704	837.3481	1014.819	849.2072	721.3423	1246.667	1411.813	1689.105	
08:00 - 09:00	2330.947	2863.531	2433.245	1880.009	972.0074	829.1388	884.5386	720.4019	693.8589	1345.926	1823.449	2144.718	
09:00 - 10:00	2487.462	2936.289	2562.726	2039.957	1046.574	825.0467	772.5347	606.9271	647.5454	1316.738	1907.231	2342.913	
10:00 - 11:00	2376.583	2854.973	2570.273	2137.28	1122.693	839.133	702.4336	536.5737	627.3981	1240.571	1845.69	2298.91	
11:00 - 12:00	2212.564	2724.57	2600.756	2252.682	1201.662	897.6989	690.1479	523.4092	649.5338	1200.908	1761.778	2131.777	

<b>12:00 - 13:00</b>	1966.552	2505.717	2569.009	2283.91	1256.219	981.0315	723.4394	560.5501	704.245	1167.274	1630.444	1856.841
<b>13:00 - 14:00</b>	1584.217	2118.321	2403.239	2203.539	1306.47	1067.981	796.9931	638.7807	772.5098	1114.777	1366.82	1450.068
<b>14:00 - 15:00</b>	1297.395	1610.348	1999.942	1974.835	1266.188	1140.259	903.7112	745.1093	831.4832	1006.129	1074.225	1223.162
<b>15:00 - 16:00</b>	1316.103	1447.761	1591.746	1615.063	1157.676	1198.427	1045.986	879.1811	900.987	947.4392	1042.784	1274.06
<b>16:00 - 17:00</b>	1424.439	1483.763	1488.049	1352.281	1056.734	1193.737	1174.006	1022.118	992.0683	968.3421	1079.37	1357.392
<b>17:00 - 18:00</b>	1514.415	1552.068	1490.418	1242.887	993.4023	1197.486	1326.229	1154.072	1029.458	945.4997	1105.193	1435.602
<b>18:00 - 19:00</b>	1583.865	1617.744	1475.42	1165.071	930.0967	1199.399	1431.403	1218.751	999.79	902.7803	1134.603	1501.54
<b>19:00 - 20:00</b>	1628.803	1683.262	1458.777	1101.323	883.4579	1182.891	1527.937	1259.321	955.0694	867.7294	1152.408	1550.244
<b>20:00 - 21:00</b>	1649.681	1707.526	1437.069	1059.565	840.2465	1140.095	1582.438	1267.1	918.6534	826.6843	1159.133	1597.818
<b>21:00 - 22:00</b>	1535.214	1612.792	1352.392	967.4733	755.8642	1034.232	1525.29	1201.243	825.1512	752.9735	1090.895	1506.328
<b>22:00 - 23:00</b>	1406.369	1476.921	1243.122	874.6778	661.3867	919.2866	1418.886	1116.932	721.9235	682.7339	1006.193	1387.602
<b>23:00 - 24:00</b>	1313.387	1372.372	1156.318	808.9698	585.416	815.172	1295.328	1029.458	648.5403	635.2615	949.3913	1297.082
<b>Karaman_Mersin_3</b>												
<b>00:00 - 01:00</b>	339.0425	318.0508	259.968	170.9558	171.6521	322.8284	408.8886	363.5283	277.6448	269.6358	300.5976	302.5065
<b>01:00 - 02:00</b>	343.7766	323.0439	266.3164	176.6389	181.2612	344.5722	437.9447	386.8928	289.1406	277.5045	308.6664	308.8833
<b>02:00 - 03:00</b>	347.1165	329.2429	271.7527	181.0598	189.181	359.5171	464.7911	406.7638	296.0612	283.0408	316.8783	315.3491
<b>03:00 - 04:00</b>	353.1344	336.4574	276.6466	183.0652	175.5138	299.6691	399.8389	393.1175	296.6958	284.074	324.3243	323.0439
<b>04:00 - 05:00</b>	357.9984	341.1675	270.9427	163.8093	124.6931	238.1188	353.8991	288.6646	246.113	277.0973	330.5024	332.9535
<b>05:00 - 06:00</b>	348.7946	320.7679	247.0679	161.3249	123.4205	201.0928	312.9206	250.4642	156.1958	210.7819	309.9883	329.474
<b>06:00 - 07:00</b>	313.5565	317.2546	286.889	202.5282	135.7018	158.1596	224.7772	174.9188	119.7299	166.1107	247.8616	285.3516
<b>07:00 - 08:00</b>	325.4141	360.8608	332.1099	245.7817	159.8196	154.1942	186.0393	137.5727	109.0717	165.5749	227.238	276.0316
<b>08:00 - 09:00</b>	353.3794	392.765	368.6934	297.3313	207.3236	179.813	179.1249	134.0117	125.5147	175.3659	238.9103	288.024
<b>09:00 - 10:00</b>	355.7578	406.0883	404.2435	354.2502	263.2213	217.4146	191.0998	148.043	160.354	196.6847	246.9251	290.13
<b>10:00 - 11:00</b>	355.0327	412.4594	428.5345	401.4694	313.0733	258.1612	209.9622	171.9549	204.351	220.3411	255.6498	287.098
<b>11:00 - 12:00</b>	346.4088	413.7913	442.0083	430.3623	344.1338	293.2477	229.8375	198.948	243.085	239.866	262.0472	282.3177
<b>12:00 - 13:00</b>	313.3096	388.9706	426.9037	423.8854	345.5289	310.5263	247.0059	219.6718	262.169	241.1461	251.4432	256.8751
<b>13:00 - 14:00</b>	247.2576	323.8697	375.8788	380.1075	311.5496	304.1283	254.2177	226.3663	256.6865	219.6518	212.3964	209.0011
<b>14:00 - 15:00</b>	214.6722	240.1166	278.3201	297.9677	252.3057	277.5312	255.2543	221.3756	231.9112	181.6821	171.1667	183.6379
<b>15:00 - 16:00</b>	216.7575	213.9801	202.281	197.7918	178.3152	236.1937	246.7115	209.5529	191.091	138.6324	144.6261	185.2923
<b>16:00 - 17:00</b>	236.5055	211.741	172.3607	133.5755	118.1084	180.5029	218.772	183.1261	133.8021	100.3728	136.449	200.4483
<b>17:00 - 18:00</b>	267.888	227.027	163.9961	99.96301	86.10356	145.77	198.0596	161.6053	103.3131	97.42002	155.3332	226.6676
<b>18:00 - 19:00</b>	294.4987	251.4047	177.483	92.42636	77.06823	142.6493	213.4934	178.852	111.4986	118.1399	190.4114	257.2225
<b>19:00 - 20:00</b>	318.9548	280.5678	199.4797	102.9836	87.9726	169.4772	253.4728	213.8303	141.2883	153.1913	228.2228	281.5988
<b>20:00 - 21:00</b>	338.101	301.8519	222.8684	121.8037	110.4962	210.9747	295.4291	252.53	183.208	194.5964	261.3704	298.9645
<b>21:00 - 22:00</b>	341.6409	307.5567	234.2108	138.6243	128.7876	242.5192	318.5898	281.4961	214.5247	224.641	280.527	301.7815
<b>22:00 - 23:00</b>	339.514	307.336	242.2798	149.7127	144.8738	270.2631	344.8309	306.1484	241.2861	244.2963	287.6041	298.1013
<b>23:00 - 24:00</b>	341.8777	308.6619	250.2518	160.3828	159.9854	300.8973	375.2122	333.3349	262.1465	260.3525	293.0955	298.1602
<b>Neveşehir_Niğde_1</b>												
<b>00:00 - 01:00</b>	1035.699	1040.527	925.8368	650.5353	331.7153	256.015	377.012	350.3165	262.1196	375.6489	673.4956	958.0838
<b>01:00 - 02:00</b>	984.1608	992.3361	883.1633	633.6072	321.5446	234.2964	327.9152	304.4001	243.4151	366.3431	641.6475	903.2753
<b>02:00 - 03:00</b>	940.5628	945.0902	853.8749	628.4583	313.9877	222.6377	294.8588	273.9419	230.5832	359.2452	609.557	861.1773
<b>03:00 - 04:00</b>	936.6132	947.3593	866.4998	625.4676	293.5624	210.1447	284.5212	254.7321	227.3397	367.8335	605.3609	863.3037
<b>04:00 - 05:00</b>	954.1885	977.1892	858.0941	556.8472	270.9732	284.2721	427.289	306.404	223.7006	381.7354	618.0073	892.8034
<b>05:00 - 06:00</b>	954.1885	944.462	878.3255	639.7785	402.9068	494.7122	729.238	524.1024	242.438	356.4702	623.1148	898.8958
<b>06:00 - 07:00</b>	912.0403	1062	1167.29	889.0537	520.4687	587.5025	851.7211	649.818	352.9347	416.3644	573.6494	838.539

<b>07:00 - 08:00</b>	1065.669	1352.461	1397.67	1061.692	595.2912	628.9826	844.8113	628.67	384.0929	569.1445	698.8998	928.6182
<b>08:00 - 09:00</b>	1296.027	1515.95	1564.528	1249.807	682.5165	659.277	810.5949	587.0917	395.4941	642.1726	850.152	1171.585
<b>09:00 - 10:00</b>	1386.367	1575.989	1671.732	1391.239	766.2759	699.8279	780.1126	561.6441	420.9112	689.5923	894.9616	1235.163
<b>10:00 - 11:00</b>	1362.866	1582.316	1763.154	1500.947	835.0428	755.6472	789.9734	579.2305	469.0882	725.6726	911.7519	1211.812
<b>11:00 - 12:00</b>	1296.58	1550.067	1816.122	1581.627	891.0517	826.8562	848.806	647.8794	540.2428	768.2004	906.8558	1137.164
<b>12:00 - 13:00</b>	1161.86	1446.985	1784.387	1605.987	923.223	894.5242	953.3208	763.6911	614.5927	786.6442	859.9039	980.4053
<b>13:00 - 14:00</b>	984.8431	1232.479	1640.094	1526.001	923.7657	971.7482	1097.006	920.7933	701.1774	771.0932	755.4293	811.0584
<b>14:00 - 15:00</b>	946.1576	1042.09	1339.62	1302.061	881.7179	1024.721	1275.054	1119.265	782.4555	734.5919	697.9844	791.7348
<b>15:00 - 16:00</b>	988.628	1025.938	1110.346	1007.328	761.9575	1048.673	1488.641	1362.853	916.7278	748.3026	682.5449	850.1944
<b>16:00 - 17:00</b>	1051.044	1055.904	1057.151	866.7354	672.6505	1029.606	1641.899	1628.929	1015.731	711.308	666.4264	939.3873
<b>17:00 - 18:00</b>	1115.401	1086.001	1023.026	785.6299	633.6369	1042.649	1751.918	1676.765	908.9141	628.2173	655.3638	1032.95
<b>18:00 - 19:00</b>	1187.793	1128.071	1023.618	736.8344	576.7171	928.9909	1653.044	1516.205	733.1153	561.4469	675.8147	1122.358
<b>19:00 - 20:00</b>	1229.193	1175.784	1055.375	720.1753	509.8293	774.2009	1409.315	1266.275	594.9388	512.0835	729.362	1192.203
<b>20:00 - 21:00</b>	1240.031	1211.439	1075.514	712.7268	461.3083	624.7563	1142.484	1017.472	493.0172	478.3509	776.3151	1231.554
<b>21:00 - 22:00</b>	1190.436	1182.334	1049.322	684.8009	413.1409	479.4846	826.939	742.9609	396.8883	441.0763	776.3151	1181.022
<b>22:00 - 23:00</b>	1133.841	1130.617	1011.722	656.7352	372.1381	366	590.8337	536.4094	324.6397	415.7417	751.385	1095.327
<b>23:00 - 24:00</b>	1085.894	1087.138	970.4367	640.6153	344.6561	300.2774	455.9137	414.713	284.4989	398.182	724.632	1025.771
<b>Yozgat_Tokat_1</b>												
<b>00:00 - 01:00</b>	1429.842	1371.475	1111.199	818.627	385.1759	271.1883	374.0076	361.6165	352.7686	565.0494	1002.354	1400.12
<b>01:00 - 02:00</b>	1378.765	1334.109	1092.531	807.9816	393.0556	264.4089	346.3871	337.4071	342.3605	567.224	974.336	1343.223
<b>02:00 - 03:00</b>	1344.528	1294.242	1078.983	794.6912	405.0754	259.2387	325.8428	320.8984	334.6903	573.0504	947.3592	1295.516
<b>03:00 - 04:00</b>	1358.285	1315.361	1098.21	779.7458	376.0253	239.2316	345.3528	326.8377	340.3038	592.6349	957.1576	1309.579
<b>04:00 - 05:00</b>	1400.791	1356.314	1064.433	634.3048	294.5439	254.0918	455.3377	404.1333	336.7244	616.1054	994.9014	1362.233
<b>05:00 - 06:00</b>	1390.083	1281.554	943.2536	585.3979	319.4492	312.5688	558.9471	488.2083	294.8282	532.3973	969.6308	1364.869
<b>06:00 - 07:00</b>	1239.033	1237.38	1048.88	692.1739	376.191	362.4912	611.6133	540.7574	307.7749	464.7312	798.3428	1176.805
<b>07:00 - 08:00</b>	1275.333	1377.535	1170.088	789.7367	425.0729	409.7408	650.2264	567.7612	339.4048	518.969	815.3772	1133.641
<b>08:00 - 09:00</b>	1424.901	1474.032	1266.106	890.9172	480.5586	455.3061	686.2084	595.4055	379.9978	559.557	911.8906	1282.826
<b>09:00 - 10:00</b>	1448.645	1473.216	1310.69	948.9651	521.8032	501.3865	723.1304	624.0462	417.0526	589.2876	940.1071	1313.601
<b>10:00 - 11:00</b>	1379.514	1433.684	1322.105	986.9603	546.3054	550.1265	772.0734	683.9467	466.4712	610.4859	936.0593	1252.761
<b>11:00 - 12:00</b>	1260.935	1352.202	1295.571	1002.123	571.7823	607.5026	866.9928	790.4727	530.4728	640.3228	897.2003	1130.999
<b>12:00 - 13:00</b>	1067.764	1206.427	1213.894	972.9819	582.2635	666.3535	994.903	941.3367	600.816	656.7841	806.619	935.8478
<b>13:00 - 14:00</b>	890.956	986.5447	1057.69	875.9252	568.1974	722.5906	1155.161	1129.764	674.3162	647.735	663.6539	779.5276
<b>14:00 - 15:00</b>	857.746	840.6281	850.092	714.1143	530.3255	769.1817	1343.05	1351.239	751.8584	627.7159	587.0476	765.6211
<b>15:00 - 16:00</b>	924.5352	841.5776	752.8256	576.0095	471.9451	798.3433	1589.352	1658.788	879.9835	642.9474	567.224	835.4186
<b>16:00 - 17:00</b>	1045.053	930.6344	788.3276	550.6384	467.8072	820.5586	1762.138	1881.522	1006.879	627.3898	593.5092	956.8552
<b>17:00 - 18:00</b>	1183.967	1056.652	865.034	575.4782	503.7938	871.5518	1753.176	1823.08	965.4208	600.3023	667.682	1098.779
<b>18:00 - 19:00</b>	1329.567	1200.188	973.8125	621.2059	499.8328	792.9026	1482.593	1456.308	819.9925	574.7479	777.9471	1254.706
<b>19:00 - 20:00</b>	1448.287	1332.087	1083.987	683.2104	463.2984	645.1874	1118.497	1058.176	664.9771	566.0324	896.7619	1391.165
<b>20:00 - 21:00</b>	1538.604	1434.223	1172.304	740.1867	433.3945	510.1329	829.2966	773.3476	554.7758	571.1057	1008.771	1498.36
<b>21:00 - 22:00</b>	1545.758	1448.973	1188.371	765.1643	408.2634	397.9266	623.4936	580.8449	463.929	570.8609	1046.752	1510.287
<b>22:00 - 23:00</b>	1513.739	1408.858	1162.263	778.9815	384.6172	330.3952	493.5643	461.1978	404.8059	568.6769	1048.401	1478.853
<b>23:00 - 24:00</b>	1484.953	1382.752	1135.38	792.057	374.3773	291.988	422.2534	397.3591	370.6709	567.587	1043.46	1462.742





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 14/10/2019

Tez Başlığı / Konusu: İÇ ANADOLU BÖLGESİ'NDE KULLANILMAYAN RÜZGAR ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 91..... sayfalık kısmına ilişkin, 14./10./2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ekim KÜLÜM  
Öğrenci No: N14225050  
Anabilim Dalı: Temiz Tükenmez Enerjiler  
Programı:  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

14.10.2019

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Aynur ERAY

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ekim Külüm  
Doğum yeri : Bakırköy  
Doğum tarihi : 31.05.1990  
Medeni hali : Bekâr  
Yazışma adresi : Ragıp Tüzün Caddesi 238/8 /Yenimahalle / Ankara  
Telefon : 541 233 3160  
Elektronik posta adresi : ekimkulum@gmail.com  
Yabancı dili : İngilizce

### EĞİTİM DURUMU

Lisans : Kocaeli Üniversitesi Elektronik Haberleşme Mühendisliği  
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı  
Doktora : -

### İş Tecrübesi

2013 – 2015 : Ventus Enerji Yatırımları İnş. Danışmanlık Müh. Tic. Ltd. Şti.  
Proje Mühendisi; Rüzgâr Enerjisi Anahtar Teslim Proje Sorumlusu  
2016 – Devam Ediyor : Martı Elektronik Sistemler Dan. Tem. Ve Tic. Ltd. Şti.  
Proje Mühendisi; Uzaktan Algılama Ölçüm Sistemleri Sorumlusu