



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

**AREL ÜNİVERSİTESİ ÖN ENERJİ ETÜDÜ  
VE  
BULANIK AHP YÖNTEMİYLE  
YENİLENEBİLİR ENERJİYE GEÇİŞ ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tez

**Sinan ÇORUK**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Volkan Çakır

İSTANBUL, Haziran 2018



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

**AREL ÜNİVERSİTESİ ÖN ENERJİ ETÜDÜ  
VE  
BULANIK AHP YÖNTEMİYLE  
YENİLENEBİLİR ENERJİYE GEÇİŞ ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tez

**Sinan ÇORUK**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Volkan Çakır

İSTANBUL, Haziran 2018

## KABUL VE ONAY

Sinan ÇORUK tarafından hazırlanan “AREL ÜNİVERSİTESİ ÖN ENERJİ ETÜDÜ VE BULANIK AHP YÖNTEMİYLE YENİLENEBİLİR ENERJİYE GEÇİŞ ANALİZİ” başlıklı bu alışma, Savunma Sınavı tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz Tarafından Tezin Türü olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Volkan akır

Üye :

Üye :

Üye :

Üye :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, izelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## **YEMİN METNİ**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “AREL ÜNİVERSİTESİ ÖN ENERJİ ETÜDÜ VE BULANIK AHP YÖNTEMİYLE YENİLENEBİLİR ENERJİYE GEÇİŞ ANALİZİ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Sinan ÇORUK

## ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.

Bu surenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Sinan ÇORUK

## TEŐEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bilgi, tecrübe ve fedakarlıklarıyla bana büyük desteği olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Volkan ÇAKIR'a, Arel Üniversitesi İdari İşler birimi çalıőanlarına, Eserlerinden yararlandığım tüm bilim insanlarına teőekkür ederim. Son olarak bu günlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan eőim Zuhal'e en içten teőekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

# AREL ÜNİVERSİTESİ ÖN ENERJİ ETÜDÜ VE BULANIK AHP YÖNTEMİYLE YENİLENEBİLİR ENERJİYE GEÇİŞ ANALİZİ

Sinan ÇORUK

Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Günümüzde, enerji ihtiyacında görülen artış, mevcut enerji kaynaklarının tükenmekte olması ve fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliği yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Enerji kullanımı ihtiyaçlar ile orantılı olarak artmakta ve bu durum sürdürülebilir bir yaşamı tehdit etmektedir. Bu nedenle tüketilen enerjide yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının artırılmasına ihtiyaç vardır.

Enerji tüketimin büyük bir kısmının yapılardan kaynaklanması yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi başlatmıştır. Arel Üniversitesinin enerji tüketimini yenilenebilir enerji teknolojisi olan rüzgar enerjisinden sağlanabilir. Bu çalışmada bu amaca yönelik olarak çeşitli rüzgar türbinleri arasından en uygun olanı seçilecektir. Belirlenen ölçütlerin ağırlıklarını bulmak için enerji sektörüyle ilgili akademisyen ve üreticilerin yanında konuyla ilgili bilgi alınmıştır. Bu süreçte söz konusu tedarikçilerin belirlenen ölçütlere göre ağırlıklandırma ve seçimi işlemi Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** yenilenebilir enerji, rüzgar enerjisi, sürdürülebilirlik, Bulanık AHP

## **ABSTRACT**

# **THE TRANSITION TO RENEWABLE ENERGY, FUZZY AHP METHOD ENERGY AUDIT AND PREMIER FEASİBİLİT ANALYSIS OF AREL UNIVERSITY Sinan ÇORUK**

Nowadays, the increase in energy use, the extenuation of the potential fossil energy resources and environmental pollution necessitates the use of renewable energy sources. Energy use increases with respect to the needs and this situation threatens a sustainable life. For this reason; there is a need to increase the ratio of renewable energy sources at the consumed energy.

As large portion of the energy consumption, is from the buildings the need for renewable energy sources that can be obtained from or near the buildings increased. The main purpose of this study is to provide energy from the wind energy to the Istanbul Arel University. Information to be used at the selected methodology is collected from scholars related to energy sector, manufacturers and chamber member related to Energy in Turkey. The weighting of factors effecting a proper wind-turbine selection and alternative comparisons will be conducted using Fuzzy Analytical Hierarchy Proses and participant's idea will be used for these purposes.

**Key Words:** renewable energy, wind energy, sustainability, Fuzzy AHP.



## İÇİNDEKİLER TABLOSU

KISALTMALAR.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
1. BÖLÜM.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Projenin Tanımı ve Problemin Tespiti.....	1
1.2 Araştırma Metodunun Belirlenmesi .....	2
1.3 Araştırma Soruları .....	3
1.4 Çalışma Planı .....	3
2. BÖLÜM.....	5
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
2.1 Enerji Verimliliği Nedir?.....	5
2.2 Yeşil Bina Kavramı .....	5
2.3 Karbon Ayak İzi (CO <sub>2</sub> Salınımı).....	6
2.3.1 Birincil ayak izi.....	6
2.3.2 İkincil ayak iz .....	6
2.4 Yenilenebilir Enerji .....	7
2.4.1 Niçin Yenilenebilir Enerji Kaynakları? .....	8
2.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantajları.....	8
2.4.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dezavantajları .....	8
2.5 Binalarda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı.....	9
2.6 Ton Eşdeğer Petrol .....	9
2.7 Rüzgarın Tanımı .....	10
2.7.1 Rüzgar Hızlarının İstatistiksel Tarifi .....	11
2.7.2 Rüzgarın Gücü - Güç Yoğunluk Fonksiyonu .....	11
2.8 Rüzgar Santralleri Tarihsel Gelişimi .....	12
2.8.1 Danimarka Örneği .....	13
2.9 Dünya Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli.....	13
2.10 Rüzgar Enerjisinin Avantajları .....	14
2.11 Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları.....	14
2.12 Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	14
2.12.1 Türkiye'deki Rüzgar Enerji Santralleri .....	15

2.13 Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA)'nın Tanımı .....	17
2.13.1 Rüzgar Enerjisi Santral Yatırımı .....	18
3.BÖLÜM.....	19
ENERJİ ETÜT KAVRAMI.....	19
3.1 Enerji Etüdü Aşamaları.....	19
3.1.1 Ön Enerji Etüdü .....	19
3.1.2 Mini Enerji Etüdü veya Tesis Taramaları.....	20
3.1.3 Detaylı veya Maxi-Enerji Etüdü.....	20
3.2 Ön Enerji Etüdünün Adımları.....	20
3.3. Bina Enerji Performansın Belirlenmesi Adımları.....	20
3.3.1. EP'nin Hesaplanması.....	21
3.3.2. CO2 salımının hesaplanması .....	21
3.3.3. Üçüncü Adım.....	21
3.3.4.Dördüncü Adım .....	22
3.4 Enerji Etüdü Faaliyetlerinin Yürütülmesi.....	24
4.BÖLÜM.....	25
BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ.....	25
4.1 Bulanık Mantık .....	25
4.2 Geometrik Ortalama Methodu .....	26
4.3 Tutarlılık .....	27
5. BÖLÜM.....	29
AREL ÜNİVERSİTESİ ÖN ENERJİ ETÜDÜ .....	29
5.1 Enerji Tüketim Analizi .....	29
5.2.1 Ton Eşdeğer Petrol Tüketimi Hesaplanması .....	33
5.2.2 Karbon Salınımının Hesaplanması .....	34
5.2.3 Enerji Performans Göstergelerinin Hesaplanması.....	34
6. BÖLÜM.....	36
BULANIK AHP KULLANILARAK RÜZGÂR TÜRBİNİ SEÇİMİ.....	36
6.1 Anketin Uygulanması ve Kriterlerin Belirlenmesi .....	36
6.2 Modelin Kurulması ve Uygulanması.....	36
6.3 Amacın Belirlenmesi .....	36
6.4 Kriterlerin Belirlenmesi .....	37
6.4.1 Teknik Özellikler Kriteri .....	39

6.4.1.1 Nominal Güç.....	39
6.4.1.2 Süpürme Alanı .....	39
6.4.1.3 Kule Yüksekliği .....	39
6.4.1.4 Devreye Girme Hızı.....	39
6.4.1.5 Devreden Çıkma Hızı .....	39
6.4.2 Ekonomik Özellikler Kriteri .....	39
6.4.2.1 Değişken Maliyetler.....	39
6.4.2.2 Devlet Destekleri ve Alım Garantisi .....	39
6.4.2.3 Yatırım Maliyeti .....	40
6.4.3 Sosyal ve Çevresel Etkiler Kriteri .....	40
6.4.3.1 Gürültü.....	40
6.4.3.2 Gölge Titreşimi ve Parıltı .....	40
6.4.3.3 Canlılara Etki .....	40
6.4.3.4 Elektromanyetik Etki .....	40
6.4.3.5 Yaratılan İstihdam .....	40
6.4.4 Müşteri Hizmetleri Kriteri .....	40
6.4.4.1 Servis Desteği ve Hızı .....	40
6.4.4.2 Güvenilirlik.....	41
6.4.4.3 Garanti Süresi .....	41
6.4.4.4 Kullanım Ömrü.....	41
6.4.4.5 Referanslar .....	41
6.4.4.6 Yedek Parça .....	41
6.4.4.7 Marka Finans Gücü.....	41
6.5 Alternatiflerin Belirlenmesi .....	43
6.6 Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi .....	43
6.7 Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	43
6.8 Arel Üniversitesi İçin Rüzgar Santrali Fizibilitesi.....	44
7. BÖLÜM.....	45
SONUÇ.....	45
Kaynakça .....	47
EK-A Anket Formu .....	49

## KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel M¼d¼rl¼đ¼
EBS	: Enerji Bilgi Sistemi
EİE	: Elektrik İşleri Et¼t İdaresi
EPDK	: Enerji Piyasası D¼zenleme Kurulu
ETO	: Enerji Tasarruf Olanakları
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasılatı
KF	: Kapasite Fakt¼r¼
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
RG	: Referans G¼stergesi
SRG	: Sera Referans G¼stergesi
ED	: R¼zgar Enerjisi D¼n¼ř¼m Sistemi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
T¼REB	: T¼rkiye R¼zgar Enerjisi Birliği
USGB	: US Green Building Council
WEC	: D¼nya Enerji Konseyi
WMO	: D¼nya Meteoroloji Örg¼t¼
YBS	: Y¼netim Bilgi Sistemi
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2-1 Yenilenebilir Enerjide İlk Yatırım ve Elektrik Maliyeti .....	9
Tablo 2-2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye Olumsuz Etkileri .....	9
Tablo 2-3 Bazı Enerji Kaynaklarının TEP Çevrim Katsayıları .....	10
Tablo 2-4 Dünyada Rüzgar Enerjisinin Durumu .....	13
Tablo 2-5 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımlarını Teşvikleri .....	18
Tablo 3-1 Elektrik Tüketimi Zaman Sınıflandırması .....	20
Tablo 3-2 Birincil enerjiye göre referans göstergesi (RG kWh/m <sup>2</sup> -yıl ) .....	22
Tablo 3-3 Sera gazı referans göstergesi (SRG kg eşd.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yıl ).....	23
Tablo 3-4 Birincil Enerji Tüketimine Göre Enerji Sınıfı (EP kWh/m <sup>2</sup> -yıl) ....	23
Tablo 3-5 Nihai Enerji Tüketimine Göre Sera Gazı Emisyon Sınıfı (SEG) ....	23
Tablo 3-6 Birincil Enerji ve Sera Gazları Emisyonu Dönüşüm Katsayıları ....	24
Tablo 3-7 Bina Enerji Performans Göstergesi .....	24
Tablo 4-1 İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Ölçek .....	28
Tablo 4-2 Rasgele İndeks . .....	28
Tablo 5-1 Arel Üniversitesi Tepekent 2015 Yılı Elektrik Tüketimleri .....	30
Tablo 5-2 Arel Üniversitesi Sefaköy 2015 Yılı Elektrik Tüketimleri . .....	31
Tablo 5-3 Aylara Göre Doğalgaz Tüketimi .....	32
Tablo 6-1 Türbin Teknik Özellikleri . .....	41

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1 Çalışma Planı. ....	4
Şekil 2-1 İnsan Yaşamında Karbon Ayak İzi .....	7
Şekil 2-2 Dünya Tüketilen Enerji Kaynakları .....	8
Şekil 2-3 Rüzgarın Oluşumu .....	10
Şekil 2-4 Weibull Dağılımı .....	11
Şekil 2-5 Rüzgar hızı ile kapasite faktörü ilişkisi .....	12
Şekil 2-6 Türkiye Rüzgar Atlası .....	15
Şekil 2-7 Türkiye de Yıllara Göre Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Değişimi.....	15
Şekil 2-8 2016 yılı Türkiye deki Rüzgar santrallerinin marka dağılımı .....	16
Şekil 2-9 2016 yılı Türkiye deki Rüzgar santrallerinin illere göre dağılımı ...	16
Şekil 2-10 İstanbul ili için 50 m yükseklikteki rüzgar hızlar.....	17
Şekil 2-11 İstanbul da Rüzgar Türbini Kurulamayacak Alanlar .....	18
Şekil 3-1 Türkiye Işıma Bölgeleri . ....	22
Şekil 4-1 Üçgen Bulanık Sayı . ....	25
Şekil 5-1 Aylara Göre Elektrik Tüketimleri Grafiği.....	31
Şekil 5-2 Zaman Aralığına Göre Elektrik Tüketim Grafiği . ....	32
Şekil 5-3 Aylara Göre Dğalgaz Tüketimleri Grafiği . ....	33
Şekil 6-1 Türbin Özellikleri Kriterleri Ağaç Diyagramı .....	38
Şekil 6-2 Türbin Markası Seçim Kriterleri Ağaç Diyagramı .....	42

# 1. BÖLÜM

## GİRİŞ

Günümüzde enerji, üzerinde en çok durulan konulardan biri haline gelmiştir. Enerji fiyatlarında son yıllara kadar gözlenen yükselişler sebebiyle enerji satın alan ülkeler, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirerek dışa bağımlılıklarını en aza indirmeleri için çalışmalarını hızlandırmıştır.

Önceleri enerji tüketim ve üretim miktarının, sadece sayısal değeri önemli iken günümüzde ülkelerin tükettikleri enerjinin ne kadarının ülke kaynaklarından, ne kadarının yenilenebilir teknolojilerden elde edildiği önem kazanmaktadır.

Bunun yanı sıra kişi başına enerji tüketimi ile kişi başına gelir arasında oldukça yakın bir ilişki olduğu da bugün herkes tarafından kabul edilmektedir. Enerji sektöründe yaşanan çalkantılar, siyasi istikrarsızlıklar, krizler, kurumları yeni arayışlara sevk etmiştir.

Bu sebepten ötürü dünyada sıfır enerji tüketen bina yenilenebilir enerji depolama süreçleri ve enerji tasarrufu çalışmaları yüksek bir ivme kazanmıştır. Devletler; gelişim hedeflerini, teknolojilerinin gelişimini ve ileriye dönük politikalarını yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını içerecek biçimde şekillendirmektedirler.

### 1.1 Projenin Tanımı ve Problemin Tespiti

Arel Üniversitesinde enerji kullanımındaki maliyetler bütçede önemli bir yer tutmaktadır. Dünyada kişi başı enerji tüketimini artırmak gelişmişlik göstergesi olarak kabul görse de bu tüketimi mümkün olduğu kadar verimlilik kültürüne dayalı ve yenilenebilir enerjiden yararlanarak sağlamak en makul olanıdır.

Arel Üniversitesi serbest tüketici limiti kapsamında elektrik enerjisini alımını yapmış enerji maliyetlerinde bir azalma sağlamıştır.

Bu azalma parasal anlamda bir değer ifade etse de yenilenebilir enerjiye geçiş ve doğaya saygı çerçevesinde istenilen sonucu vermemiştir. Arel niversitesi olarak günümüz piyasasında yenilenebilir enerji kullanımını hem maliyetleri

azaltacak hem de doğaya daha az karbondioksit (CO<sub>2</sub>) atılmasını sağlayacaktır. Bu alışmada Arel niversitesinin harcadığı enerji kaynakları analiz edilecek, yenilenebilir enerji teknolojilerinde yararlanma potansiyeli ve kapasitesi incelenerek niversiteye uygun olabilecek rüzgar türbinleri seçilecektir.

## **1.2 Araştırma Metodunun Belirlenmesi**

Bu alışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini ortaya koyan, rüzgar enerjisinin bina ile ilişkisini gösteren gerekli verileri toplayarak n enerji etüdü gerçekleştirme çalışmasıdır.

Bu çalışmada kullanılan araştırma teknikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Literatür Araştırması: Konuyla alakalı yazılı, çizili ve görsel kaynaklara ulaşılarak gerekli bilgi, ve belgeye ulaşılmıştır.
- Görüşmeler: Konusunda uzman firma yetkilileri görüşmeler yapılmıştır.
- Anket alışması: Uzman görüşlerini toplanarak veriler işlenmiştir.
- n Enerji Etüdü: Arel niversitesi için n enerji etüdü hazırlanmıştır.
- Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP): Bilgilerin değerlendirilmesi amacıyla yukarıda belirtilen araştırmalarda sağlanann veriler bulanık AHP tekniğiyle analiz edilerek alternatifler arasında en uygun olanı seçilmiştir.



### **1.3 Araştırma Soruları**

Bu alışma anlatılan amaçlar doğrultusunda belirlenmiş iki ana hipotezin doğruluğunu sorgulamaktadır. Bu hipotezler:

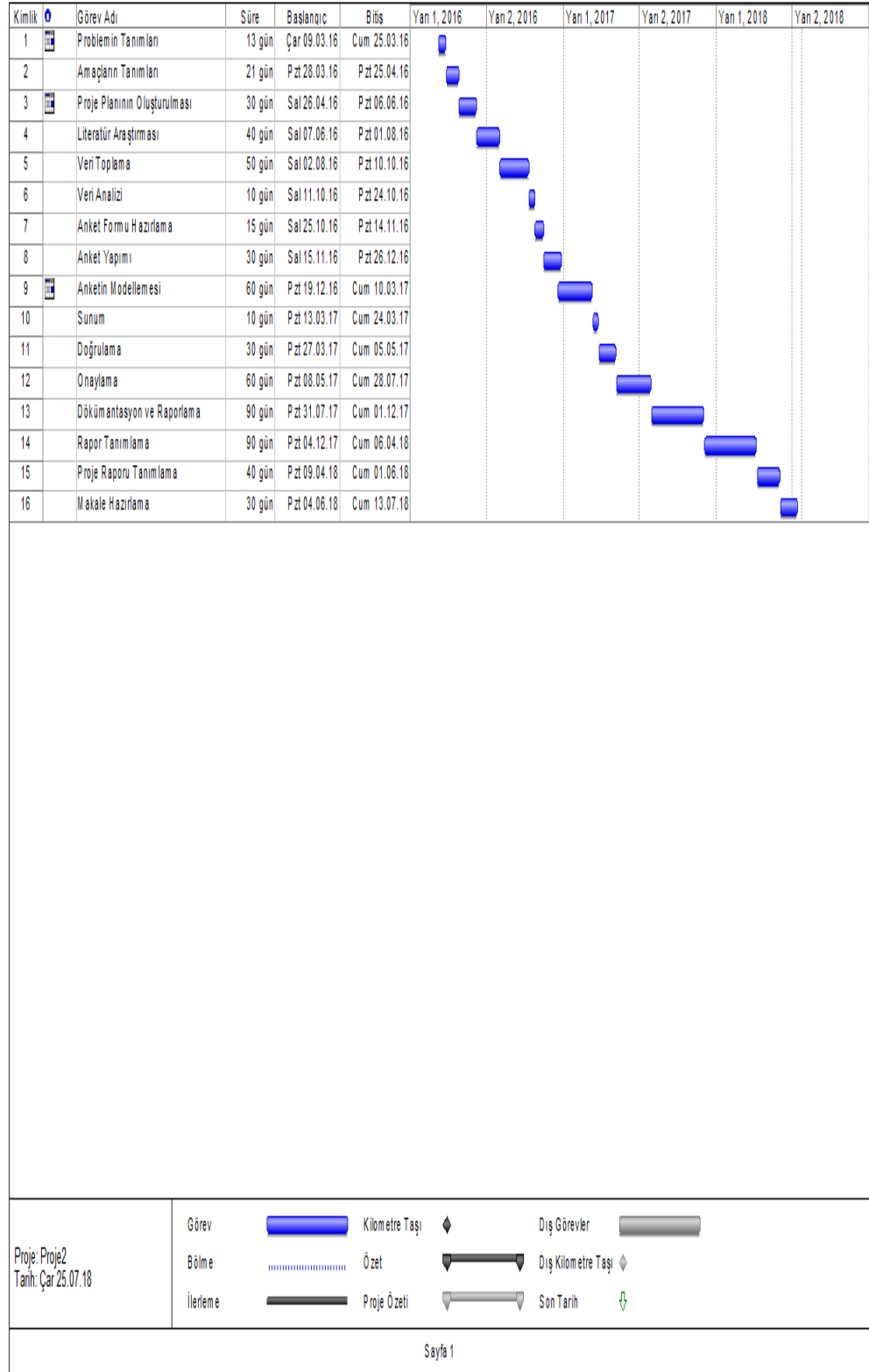
*Hipotez 1:* Arel Üniuersitesinin elektrik tüketiminin %200'ü yapılacak bir rüzgar enerjisi yatırımı ile karşılanabilir.

*Hipotez 2:* Yatırımın geri dönüş süresi 10 yıldan az olacaktır.

### **1.4 Çalışma Planı**

Bu çalışmanın başında araştırmanın amacı ve araştırma planı belirlenmiştir. AREL Üniuersitesinin 2015 yılı enerji giderleri işler biriminden temin edilerek tüketim tabloları oluşturulmuştur. Literatür araştırması ile kullanılabilcek türbin markaları belirlenmiş ilgili ürünlerin teknik özellikleri firmaların internet siteleri ve kataloglarından çıkartılmıştır. Araştırma detaylarının belirlenmesinden sonra bireysel görüşmeler yapılarak elde edilen veriler metne aktarılmıştır. Anket formu hazırlanarak uzman kişilerin formu doldurulması sağlanmıştır.

Rüzgar enerjisi ile ilgili bilgiler Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliğinden (TÜREB) alınmıştır. Bulanık AHP hesaplamaları yapılmış ve değerlendirme sonucunda karar verilen ENERCON marka türbin için olası elektrik üretim hesaplaması ile yatırımın muhtemel geri dönüşüm hesabı yapılmıştır. Yapılan çalışmaların raporunun yazılmasına 2016 Mayıs ayı itibarı ile başlanılan Tez alışması 2018 Haziran ayında sonuçlandırılmıştır. Çalışma planı Microsoft Project kullanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 1.1 Çalışma Planı

## 2. BÖLÜM

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

#### 2.1 Enerji Verimliliği Nedir?

Dünyada enerji yönetimi çalışmaları 1970’li yıllarda ortaya çıkan akaryakıt krizleri ile önem kazanmıştır. Enerji Verimliliği önceleri iki lambadan birinin söndürülmesi şeklinde algılandığı için “Enerji Tasarrufu” gibi adlandırılmıştır. Ancak refah düzeyinden de ödün vermeden enerjinin kullanılması olduğu için “Enerjinin Verimliliği” ifadesi kullanılmaya başlanmıştır.

En basit ifade ile “daha az enerji ile aynı faydayı sağlama maliyetine” enerji verimliliği denir. Pek çok ülkede enerji verimliliğinin arttırılmasına yönelik; kamu ve özel sektör kuruluşlarının etkin olarak rol aldığı önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu projeler binaların izolasyonundan yeni ekipman alımlarında en uygun teknolojinin seçimine kadar birçok projeyi içermektedir (Yeliz Aksüzek, 2003).

#### 2.2 Yeşil Bina Kavramı

Çevreye yönelik endişeler ve sürdürülebilir kalkınma söylemi dünya üzerinde birçok ülkede rağbet görmüş ve çevresel hareketler başlatmıştır. AB ülkeleri, Amerika, Avustralya ve Kanada, özellikle İngiltere, çıkarılan kanunlarla sürdürülebilir büyüme politikalarını desteklemiştir. Küresel ısınma ve ekolojik sorunların yarattığı olumsuzluklarda yapı sektörünün oldupunun farkına varılmıştır.

Ayrıca konutlarda daha sağlıklı, doğa ile uyumlu ve yaşam kalitesinin üst düzeyde olduğu bir yaşam alanı arayışı başlamıştır. Bu ihtiyacın çevreci dengeli, kaliteli bir şekilde karşılanmasının yapı sektörünün doğa üzerindeki etkilerinin bina ölçeğinde değerlendirilmesi ile olabileceği düşünülerek çeşitli sertifikasyon sistemleri ortaya çıkmıştır.

Yeşil bina kavramı, Amerika Yeşil Binalar Konseyince tanımlanan şekliyle, binanın yerleşimini, su yönetimini, iç hava kalitesini, malzeme kullanımını ve enerji unsurlarını içerir. Bunlar LEED adı verilen bir sistem ile her türlü binaya uygulanabilir.

Türkiye’de sınırlı bilinirliği olmasına rağmen LEED sertifikasyonu uygulanmaktadır. LEED fosil yakıt kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını ve enerji verimli bina kavramını getirmiştir (Hasan Heperkan, 2009). Sonuçta çıkan hedef kavram “Net Zero Energy Building” sıfır enerjili bina kavramıdır. Bu binalarda kendi enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan kendi karşılamalıdır.

Bu anlayışa yaklaşmak iddiasıyla 2008 yılında Türkiye’de “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” çıkartılmıştır.

### **2.3 Karbon Ayak İzi (CO<sub>2</sub> Salınımı)**

İnsan faaliyetlerinin; karbondioksit cinsinden çevreye verdiği zarardır iki ana parçadan oluşur (Bekiroğlu, 2008).

#### **2.3.1 Birincil ayak izi**

Evsel enerji tüketimi ve ulaşım olmak üzere fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO<sub>2</sub> emisyonlarıdır.

#### **2.3.2 İkincil ayak iz**

Bir ürünün üretilme aşamasından sevk ve idaresine kadar kullanımda olduğu süre boyunca enerji tüketimine neden olan döngüsüdür [Şekil 2.1].



Şekil 2-1 İnsan Yaşamında Karbon Ayak İzi (Başol, 2018).

Günümüzde enerji ihtiyacı sürekli arttığı için, bu enerjinin yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması CO<sub>2</sub> salınımını büyük oranda engelleyecektir.

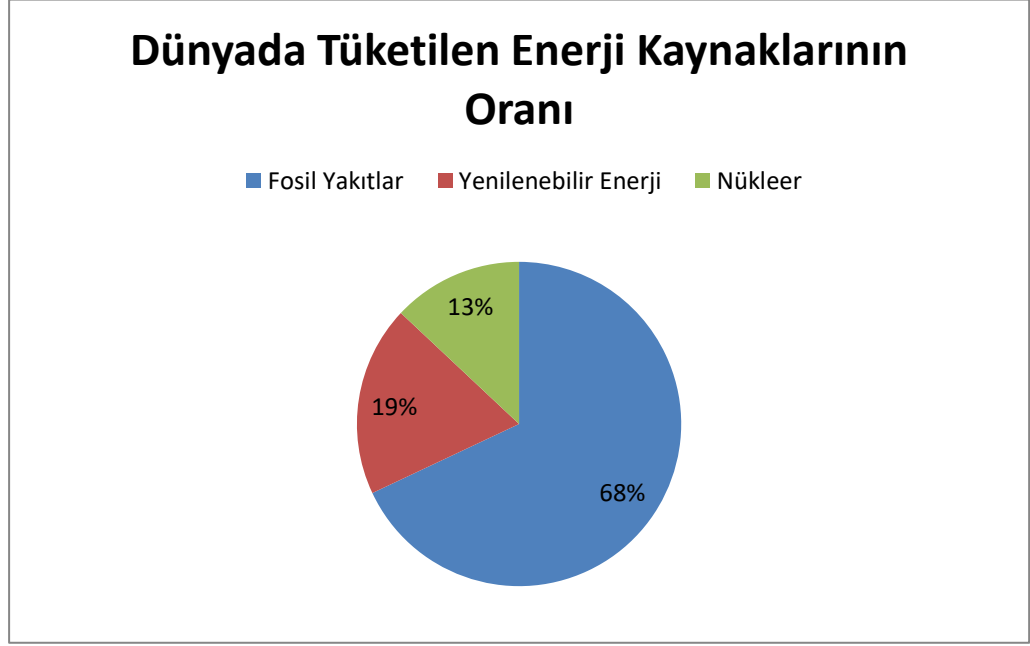
## 2.4 Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji; Geleneksel enerji kaynaklarından kömür, petrol, doğal gaz, uranyum vb. dışında kalan, tükenmeyen kendini yenileyebilen enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil ve nükleer kaynaklara göre çevreye olumsuz etkileri oldukça azdır.

1990'lı yıllarda çevre bilincinin artması ile yenilenebilir enerji çalışmaları artmıştır (Altuntaşoğlu, 2008).

Yenilenebilir enerji kaynakları, yerli kaynaklar olduğu için ülkelerin enerjide dışa bağımlılığının azalmasına katkı sağlamaktadır.

Son yıllarda dünyada yenilenebilir enerji kullanımı kayde değer artış göstermiş olup 2015'de nihai Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %19'u yenilenebilir enerji kaynaklardan karşılanmıştır [Şekil 2.2].



Şekil 2.2 Dünya Tüketilen Enerji Kaynakları (setav, 2018).

#### 2.4.1 Niçin Yenilenebilir Enerji Kaynakları?

- Fosil yakıtlar çevre ve insan sağlığı için telafisiz tehlikeler yaratmaktadır.
- Fosil yakıtlar hava kirliliği yaratarak dünya sıcaklığını yükseltmektedir.
- Enerji ihtiyacı her yıl olarak %4-5 oranında artarken, fosil yakıt rezervi ise çok daha hızlı bir şekilde tükenmektedir.

#### 2.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantajları

- Kirlilik oluşturmaz, sera gazı yayılımları düşüktür.
- Çok çabuk devreye girer ve acil durumlarda da çok çabuk devreden çıkar.
- Doğal kaynaklar kullanıldığından ithal enerji bağımlılığını önler.

#### 2.4.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dezavantajları

- Toplam inşaat süreleri uzundur.
- Sabit debi değerlerine ihtiyaç duymaktadırlar.
- Yatırım maliyetlidir, geniş kurulum alanları gerektirmektedir [Tablo 2.1].
- Yağışlara ve kar erimelerine bağlı olarak olumsuz etkilenmesi mümkündür.
- Çeşitli çevre sorunlarına yol açabilmektedir [Tablo 2.2].

Tablo 2.1 Yenilenebilir Enerjide İlk Yatırım ve Elektrik Maliyeti (Kaya, 2014) .

TEKNOLOJİ	ELEKTRİK MALİYETİ (SCENT/kWh)	İLK YATIRIM MALİYETİ (\$/kW)
Nükleer Santral	9,2-13,2	5385-8053
Güneş Enerji Santrali	18-26,5	3500-4500
Jeotermal Enerji Santrali	8,9-14,2	4600-7250
Biyokütle Enerji Santrali	8,7-11,6	3000-4000
Kömür Enerji Santrali	6,6-15,1	3000-8000
Rüzgar Enerji Santrali	3,7-16,2	1400-1800
Doğalgaz Enerji Santrali	6,1-8,7	1006-1318

Tablo.2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye Olumsuz Etkileri

ENERJİ KAYNAĞI	ZARARLI ETKİLERİ
Biyokütle	Toprak erozyonu, su tüketimi, su niteliğinin bozulması
Rüzgar	Kuş ölümleri, elektromanyetik etki, gürültü
Jeotermal	Toprak çölleşmesi, termal gürültü, su ve hava kirliliği
Güneş	Üretimde kirlilik, ekonomik ömür sonu atık maliyeti
Hidroelektrik	Baraj ve su tünellerinin yapımı esnasında ekosisteme etki

## 2.5 Binalarda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Dünyada tüketilen enerjinin büyük bir bölümü binalarda tüketilmektedir. Bu nedenle enerji tasarrufu sağlayan teknolojiler ile yenilenebilir enerji çalışmalarında ilerlemeler kaydedilmiştir. Kullanılan bu ilerleme sayesinde binalarda kullanılan enerjinin kaynak çeşitlenmesi sağlanmış, karbon emisyon miktarlarında azalma yaşanmıştır.

## 2.6 Ton Eşdeğer Petrol

Tüketilen enerjinin çok çeşidi vardır. Her yakıtın kendine has “ısı değeri” vardır. Tüketilen enerjinin ortak bir dili olması için yakıtların ısı değerleri bir çevrim katsayısı ile belirlenerek ortak bir enerji birimi oluşturulmuştur. [Tablo 2.3]. Buna da TEP - Ton Eşdeğer Petrol denir. (Enver, 2018).

Tablo 2-3 Enerji Kaynaklarının TEP Çevrim Katsayıları (noterson, 2018).

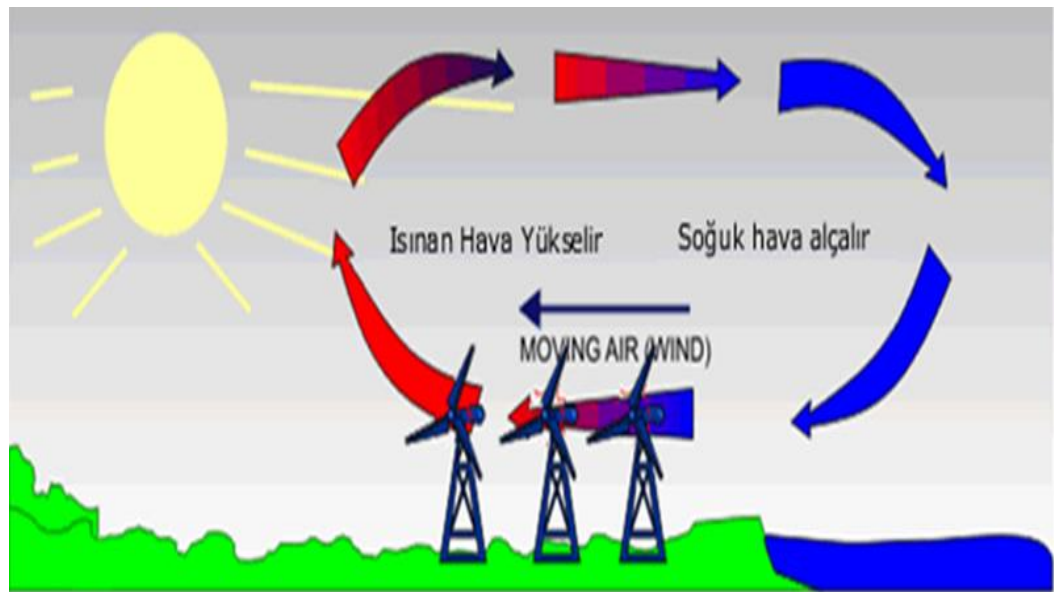
TON EŞDEĞER PETROL (TEP) KATSAYILARI		
KAYNAK	MİKTAR	ÇEVİRİM KATSAYISI
Elektrik	1000 kWh	0,086
Doğalgaz	1000 m <sup>3</sup>	0,825
Akaryakıt	1 ton	1,030

Bir TEP Pratikte yaklaşık olarak,

- 1 Ton fuel- oil veya
- 11.600 kWh elektrik
- 3 Ton linyit
- 1,6 Ton taşkömürü
- 1.200 m<sup>3</sup> doğalgaz tüketimi anlamına gelmektedir.

## 2.7 Rüzgarın Tanımı

Güneş yeryüzüne her saat  $100 \cdot 10^{12}$  kWh'lık enerji yayar. Bu enerjinin yaklaşık %1-2 si rüzgar enerjisine dönüşür. Yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hareket eden havaya, "rüzgar" denir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018). Rüzgarın oluşumu [Şekil 2.3] de gösterilmiştir.



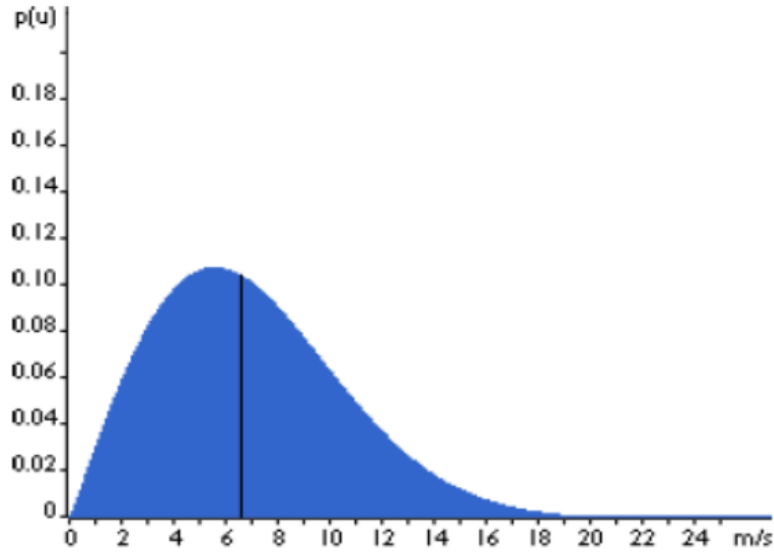
Şekil 2.3 Rüzgarın Oluşumu



### 2.7.1 Rüzgar Hızlarının İstatistiksel Tarifi

Rüzgarın istatistiksel tarifinde rüzgar eğrisinin altındaki kalan alan 1'dir, çünkü rüzgar hızının sıfır dahil diğer hızlarda esme olasılıkları %100 olmalıdır. Mavi alanın yarısı dikey siyah çizginin, 6,6 m/s de, solunda kalmaktadır. 6.6 m/s bu dağılımın medyanıdır. Bu zamanın yarısında rüzgar 6,6 m/s den daha yavaş eserken, diğer yarısında daha hızlı esecektir anlamına gelir.

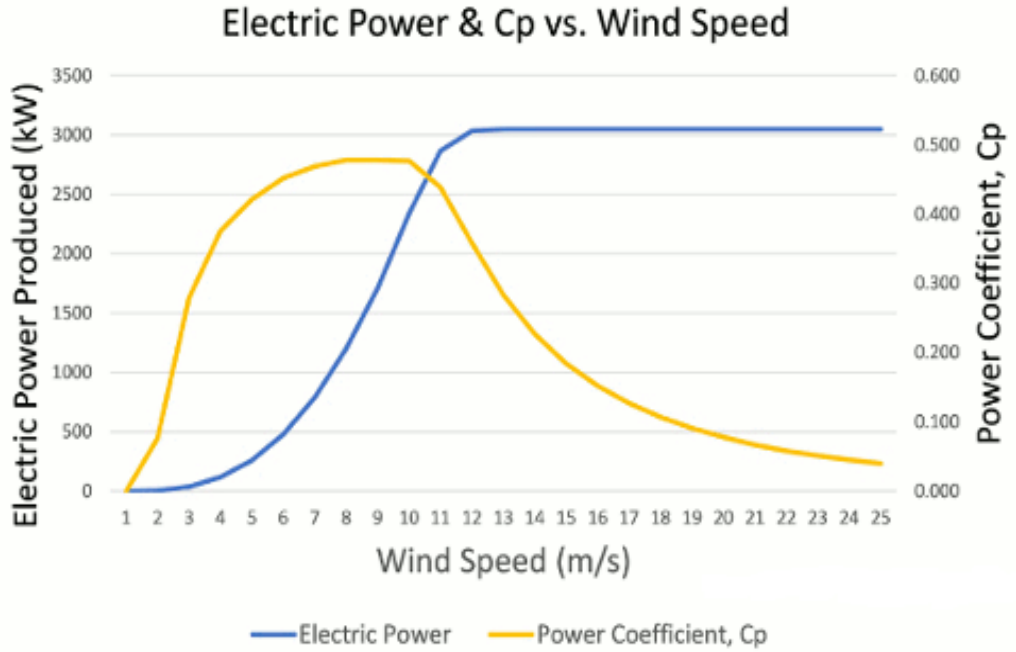
Şekilden de görüleceği üzere rüzgar hızı simetrik değildir [Şekil 2.4]. Rüzgar hızlarının istatistik bir çok nedene bağlı olarak değişmektedir. Böylece Weibull dağılımının da hem şekli hem de ortalaması değişmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018).



Şekil 2.4 Weibull Dağılımı

### 2.7.2 Rüzgarın Gücü - Güç Yoğunluk Fonksiyonu

Rüzgardaki enerjisinin potansiyeli her bir saniyede rüzgar hızının küpü ve havanın yoğunluğu ile orantılı olarak değişir. Eğer Weibull dağılımından her bir rüzgar hızı olasılığı her bir rüzgarın gücü ile çarpılırsa; farklı rüzgar hızlarındaki güç yoğunluğunu ve rüzgar enerjisi dağılımı hesaplanmış olur. Rüzgar hızı ile kapasite faktörü arasındaki ilişki [Şekil 2.5]'te görülebilir.



Şekil 2.5 Rüzgar hızı ile kapasite faktörü ilişkisi.

## 2.8 Rüzgar Santralleri Tarihsel Gelişimi

Dünyada ilk rüzgar değirmeni, persler tarafından kullanılmıştır. Rüzgar'ın elektrik enerjisinde ilk kullanımı ise 1888 yılında Amerika'da New York'ta gerçekleştirilmiştir (word press, 2018).

1980'li yıllarda 55 kW gücünde rüzgar türbinleri varken, bugün 7,5 MW gücünde 10.000 konutun bir yıl boyunca tüm gereksinimini karşılayacak elektriği üretmek mümkün hale gelmiştir.

Dünyada rüzgar enerjisinden elektrik üreten 100'den fazla ülke vardır (Enerji Atlası, 2018).

Ülkemizde 1992 yılında Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği kurulmuştur. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliğine bağlanmıştır. Özel şirketler tarafından ilk defa 1998'lerde İzmir- Çeşme, Alaçatı mevkiinde ARES – Güç Birliği tarafından toplam 7.2 MW gücünde rüzgar türbinleri kurularak elektrik üretimine geçilmiştir. Ülkemizde şirketlerin yatırım yapmalarını kolaylaştırmak amacıyla Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) yatırımcılara tanıtılmıştır.

### 2.8.1 Danimarka Örneği

Danimarka, 1970’li yıllardaki petrol krizinde ağır yaralar aldı. Bu lkeyi farklı arayışlara itti ve günümüz rüzgar enerjisi altyapısını oluşturmaya başladı. Danimarka rüzgar enerjisine geçişte farklı bir yol ile kooperatiflere dayalı, herkesin eşit bir şekilde yararlanabileceği bir seçenekte çözümü bulmuştur. Neticede 1994 yılında elektrik ihtiyacının %3’ünü rüzgardan sağlayan Danimarka günümüzde tükettiği elektriğin %140’ını rüzgar enerjisinden üretir hale gelmiştir (Hakan Yıldırım, 2010).

### 2.9 Dünya Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Rüzgâr enerjisi tükenmez bir enerjidir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) yaptığı araştırmalara göre 5.1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, kapasitesinin 53000 TWh/yıl olduğu hesaplanmıştır (researchgate.net, 2014). Dünyada rüzgar enerjisinde Çin, ABD ve Almanya dünyada ki kurulu gücün %70 ini ellerinde bulundurmaktadır. [Tablo 2.4].

Tablo 2.4 Dünyada Rüzgar Enerjisinin Durumu (Türeb, 2017).

SIRA	ÜLKE	KURULU GÜÇ (MW)
1	Çin	168,737
2	A.B.D	82,060
3	Almanya	50,019
4	Hindistan	28,700
5	İspanya	23,075
6	İngiltere	14,602
7	Kanada	11,898
8	Fransa	12,065
9	Brezilya	10,741
10	İtalya	9,227
11	İsveç	6,494
12	Polanya	6,355
13	Türkiye	6,091
14	Danimarka	5,230

### **2.10 Rüzgar Enerjisinin Avantajları**

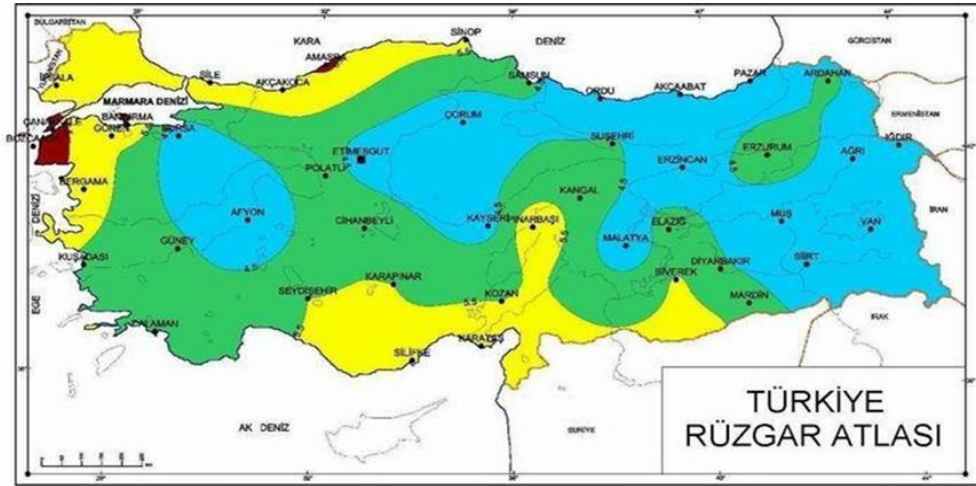
- Temiz ve sorunsuz bir enerji kaynağıdır. Yakıt maliyeti yoktur.
- Dışa bağımlılığı olmayan yoktur. İşletme maliyeti düşüktür.
- Rüzgar türbinlerinin arası alanlar başka amaçlarla kullanılabilir.
- Rüzgar endüstrisi yüksek miktarda istihdam sağlar (Enerjibes, 2018).

### **2.11 Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları**

- Verimli elektrik için rüzgarın optimum seviyede esmesi gereklidir.
- Sağlıklı yatırım yapılabilmesi için ciddi ölçümlerin yapılması gereklidir.
- Yatırım maliyetleri çok yüksektir. Kuşlar için sorun yaratabilmektedir.
- Santraller bölgenin cep telefonu ve TV sinyallerini bozabilmektedir.

### **2.12 Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli**

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 1970-1980 dönemi rüzgar verileri değerlendirilerek tablo oluşturulmuştur. Buna göre yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri (Şekil 2.6) incelendiğinde Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz Bölgelerinin en yüksek potansiyele sahip yerler olduğu görülmektedir.



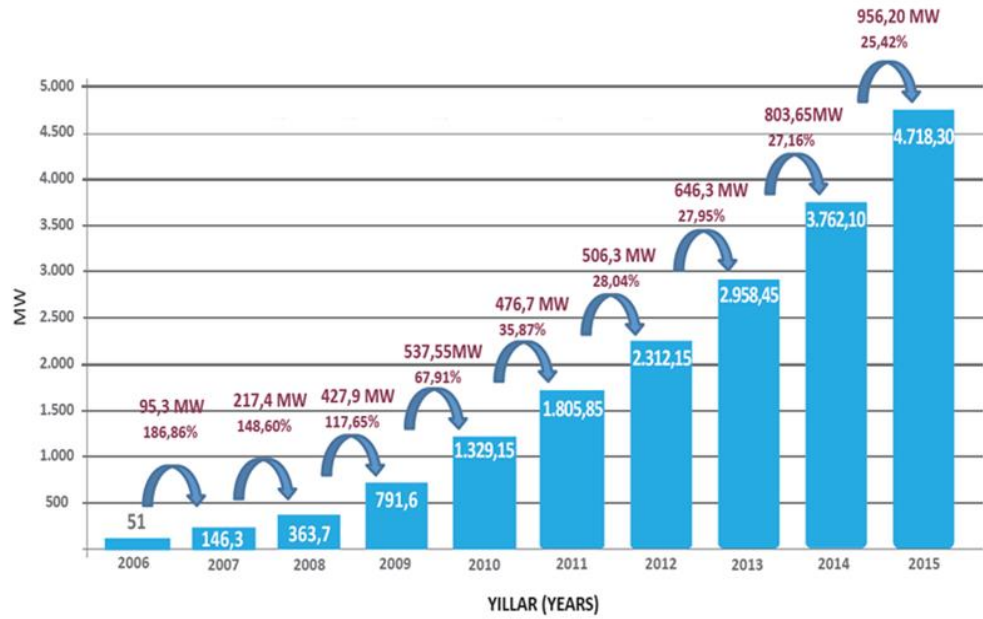
U (m/s)	> 7.5	6.5 – 7.5	5.5 – 6.5	4.5 – 5.5	< 4.5
P (W/m <sup>2</sup> )	> 500	300 - 500	200 - 300	100 - 200	< 100

\* Açık yüzeyler için (yer düzeyinden 50 m yükseklikteki) rüzgar potansiyeli sınıf aralıkları

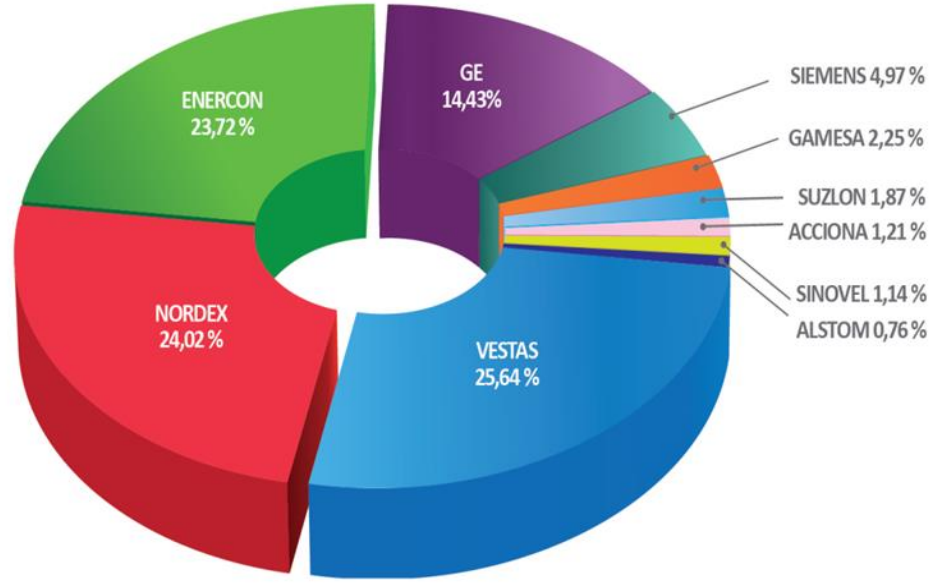
Şekil 2.6 Türkiye Rüzgar Atlası (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018).

### 2.12.1 Türkiye'deki Rüzgar Enerji Santralleri

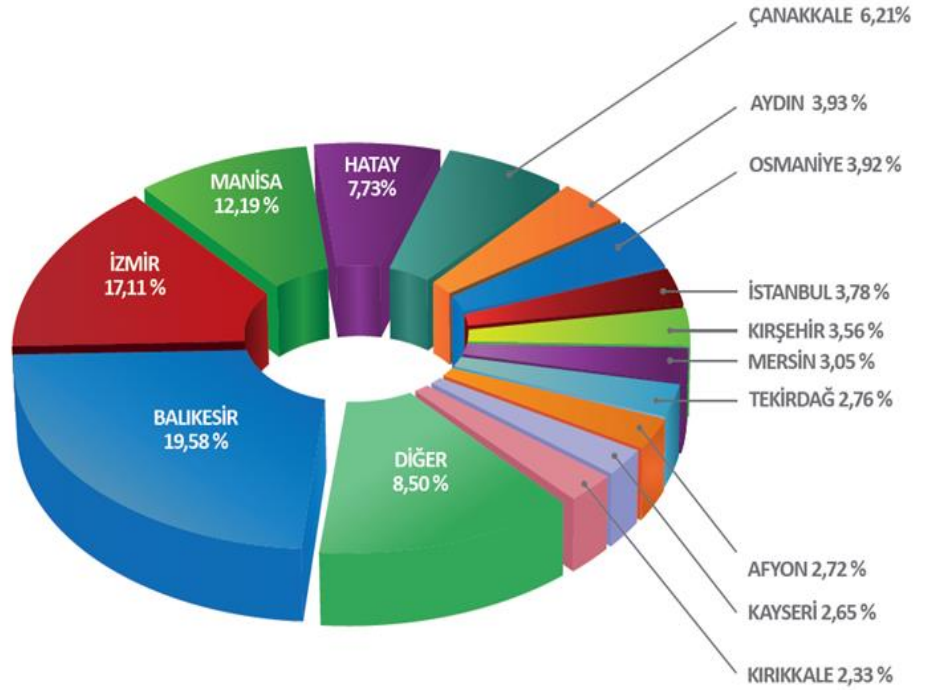
2006 yılında kurulu gücü 51 MW olan Türkiye'nin rüzgar santralleri 2006 ve 2015 yıllarında büyük bir artış göstererek 4.718 MW seviyesine çıkmıştır [Şekil 2.7]. Türkiye'de türbinlerin dağıldığı iller ve türbin markaları [Şekil 2.8] ve [Şekil 2.9] da gösterilmiştir (Türeb, 2016).



Şekil 2.7 Türkiye de Yıllara Göre Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Değişimi (Türeb, 2016).



Şekil 2.8 Türkiye deki Rüzgar santrallerinin marka dağılımı (Türeb, 2016).



Şekil 2.9 Türkiye deki Rüzgar santrallerinin illere göre dağılımı (Türeb, 2016).

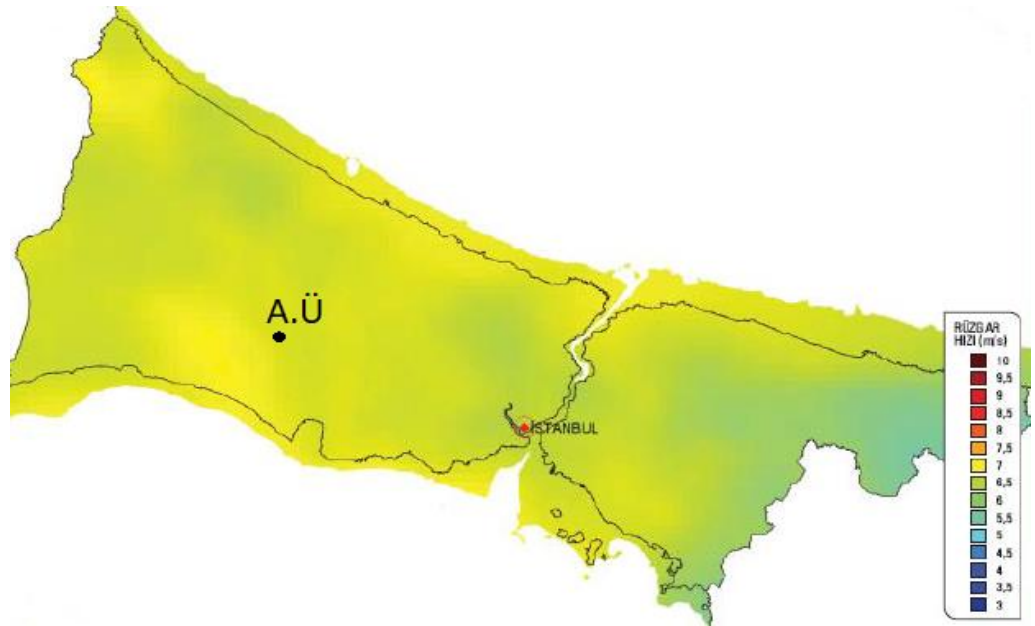
### 2.13 Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA)'nın Tanımı

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından düzenlenen Rüzgar enerjisi potansiyel atlası, rüzgar kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlasıdır. Bu atlas yardımıyla Türkiye genelinde 200 m x 200 m çözünürlüğünde;

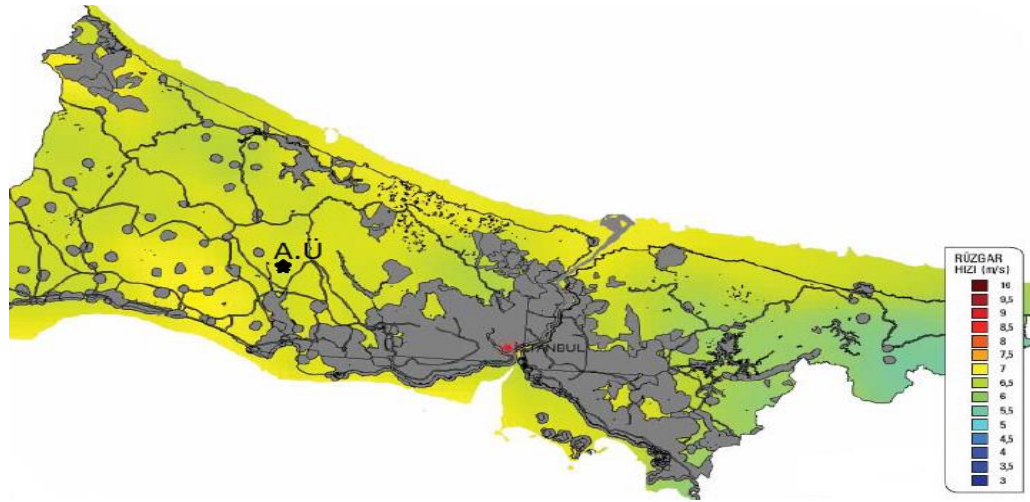
- 30, 50, 70 ve 100 m yükseklikteki yıllık, aylık ve günlük rüzgar hızları
- 50 ve 100 m yükseklikteki yıllık, ve aylık rüzgar güç yoğunlukları
- 50 m yükseklikteki kapasite faktörü, 50 m yükseklikteki rüzgar sınıfları,
- 2 ve 50 m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri,
- 0 m ve 50 m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilecektir.

REPA ile denizlerimizde, kıyılarımızda ve yüksek rakımlı bölgelerimizde daha önce ölçemediğimiz yüksek yoğunluklu potansiyeller görünür hale gelmiştir [22]. Bu proje kapsamında Türkiye de yaklaşık 33 milyon noktanın verisi elde edilmiş ve Projede 12 mühendis 5 ay süresince çalışmıştır (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018).

İstanbul İli özelinde rüzgar kaynak bilgileri ise [Şekil 2.10] ve [Şekil 2.11]'de görülmektedir.



Şekil 2.10 İstanbul ili için 50 m yükseklikteki rüzgar hızları (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018).



Şekil 2.11 İstanbul da Rüzgar Türbini Kurulamayacak Alanlar (Gri renkli) (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018).

### 2.13.1 Rüzgar Enerjisi Santral Yatırımı

Enerji yatırımcıları için en önemli husus enerji santralının yılın ne kadarında aktif kalacağı (efektif çalışma süresi) ve devlet destekleridir. YEKDEM kWh başına enerji teşvikleri [Şekil 2.5]'te verilmiştir. Buna göre lisanslı rüzgar enerjisi kuracak işletmenin izlemesi gerek adımlar aşağıdaki özetlenmiştir.

1. REPA'dan yararlanarak rüzgar kaynak bilgilerinin tespit edilmesi,
2. Arazi yapısı, trafo merkezlerine olan uzaklıkların belirlenmesi,
3. Belirlenen bölgede en az 1 yıl rüzgar ölçümlerinin yapılması,
4. Elde edilen rüzgar verilerinin analiz edilerek yatırım kararının alınması,
5. Yatırım fizibilitesinin yapılması ve lisans başvurusu.

Tablo 2.5 Türkiye'de Enerji Yatırımlarını Teşvikleri (YEGM, 2014)

TESİS TİPİ	FİYAT (Dolar USD-Cent/kWh )	YERLİ KATKI (Dolar USD-Cent/kWh )
Hidroelektrik tesisi	7,3	9,6
Rüzgar tesisi	7,3	11,0
Jeotermal	10,5	13,2
Biyokütle tesisi	13,3	18,9
Güneş tesisi	13,3	20,0



## 3.BÖLÜM

### ENERJİ ETÜT KAVRAMI

Enerji tasarrufu çalışmalarında, yönetimin desteği çok önemlidir. Burada enerji etüdünün yapılarak enerji tasarruf olanaklarının ortaya çıkartılması ve yenilenebilir enerji potansiyelinin belirlenmesi önemlidir.

Enerji etüdü; Tesiste enerji tüketiminin nerelerde olduğunun, nasıl dağıldığının, nasıl kullanıldığının, enerji tasarrufu potansiyelinin nerelerde olduğunun ve potansiyelin geri kazanılmasında yatırım giderlerinin ele alınmasından oluşur.

Enerji etüdünün amaçları aşağıda başlıklar halinde özetlenmiştir.

- Yönetime gider artışlarını bildirmek ve tasarruf politikası sunmak,
- Enerji tüketim karakteristiğini çıkartmak,
- Alternatif yakıtların planlanması ve kurulması için temeli sağlamak,
- Yetersiz sevk ve idare uygulamalarını açığa çıkarmak ve
- Yenilenebilir enerji kullanım potansiyelini belirlemek,

#### 3.1 Enerji Etüdü Aşamaları

Enerji etüdünü belirleyecek ilk unsur maliyettir. İkinci unsur ise, tesisin tipidir. Örneğin; bir yapının etüdü, aydınlatma, ısıtma ve havalandırma, ihtiyaçlarını içine alır. Buna karşın, bir endüstriyel tesisin etüdü, prose ihtiyaçlarını ele alır. Enerji etüdü üç aşamalı olarak yapılır (cn, 2018).

##### 3.1.1 Ön Enerji Etüdü

Maliyeti düşüktür. Tüketilen enerjinin fatura analizinden oluşur (cn, 2018). Çeşitli zaman aralıklarına göre tüketiminin analizi yapılır [Tablo3.1]. Enerji performans göstergesi tablosundan bina enerji sınıfı belirlenir.

Tablo 3-1 Elektrik Tüketimi Zaman Sınıflandırması (EPDK, 2018) .

ZAMAN SINIFI	ZAMAN ARALIĞI
T1	06:00-17:00
T2	17:00-22:00
T3	22:00-06:00

### 3.1.2 Mini Enerji Etüdü veya Tesis Taramaları

Enerji atık durum tespiti ve tasarruf olanaklarının önerilmesini içerir. Harcanan zaman, üç gün ile bir ay aralığında sürebilir. Bu tip etüt enerji kullanım ve kayıp miktarlarını belirlemek için test ve ölçümleri gerekli kılar.

### 3.1.3 Detaylı veya Maxi-Enerji Etüdü

Mini Enerji Etüdünden bir sonraki aşamadır. Tüm enerji kullanım verisinin kaydedilmesi ile enerji verimliliği hesaplanmalarından oluşur. Aydınlatma, ısıtma, soğutma, buhar, asansör, havuz vb. süreçlerinin ne kadar enerji harcadığının değerlendirilmesini içerir (cn, 2018).

### 3.2 Ön Enerji Etüdünün Adımları

İşletmenin yapısı ne olursa olsun, belirli temel unsurlar tüm enerji etütleri için geçerlidir. Bu unsurlar;

- Geçmiş enerji tüketim bilgilerinin gözden geçirilmesi, Fatura analizi
- Enerji kayıplarının tahmin edilmesi, ETO'nun ortaya çıkartılması
- Enerji tüketim noktaları için sürekli izleme sisteminin oluşturulması

### 3.3. Bina Enerji Performansın Belirlenmesi Adımları

Etüdü sonrası binaya bir enerji sınıfı belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre enerji performans göstergesi belirlenirken aşağıdaki adımlar takip edilir.

### 3.3.1. EP'nin Hesaplanması

Binanın yıllık enerji tüketimi tesisin toplam kapalı alan büyüklüğüne bölünerek m<sup>2</sup> başına enerji tüketimi olan EP değeri bulunur. Bina enerji performansı, enerji tüketimi için aşağıdaki formül ile hesaplanır (Resmi Gazete, 2005).

$$EP = 100 (EP_a / EP_r) \quad (3.1)$$

Burada,

Ep: Binanın enerji performansını

EP: Binanın yıllık m<sup>2</sup> başına düşen enerji tüketim miktarını, birincil enerjiye dönüştürülmüş şekilde (kWh/m<sup>2</sup>-yıl), Referans bina D sınıfının üst sınırına yerleşmektedir. Bu değer [Tablo 3.7]'den 100 olduğu görülür.

r: Referans binayı,

a: Asıl binayı ifade eder.

### 3.3.2. CO<sub>2</sub> salımının hesaplanması

Enerji tüketim değerlerine göre CO<sub>2</sub> salımı hesaplanır. Burada her bir enerji çeşidinin belirli miktarının tüketimine karşılık gelen çevrim katsayılarından yararlanılır [Tablo 3.6].CO<sub>2</sub> salımı için ise aşağıdaki formül kullanılır:

$$SEG = 100 (SEG_a / SEG_r) \quad (3.2)$$

Burada,

Ep: Binanın enerji performansını,

SEG: Binanın yıllık m<sup>2</sup> başına düşen CO<sub>2</sub> Salınım miktarını (kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>-yıl),

r: Referans binayı,

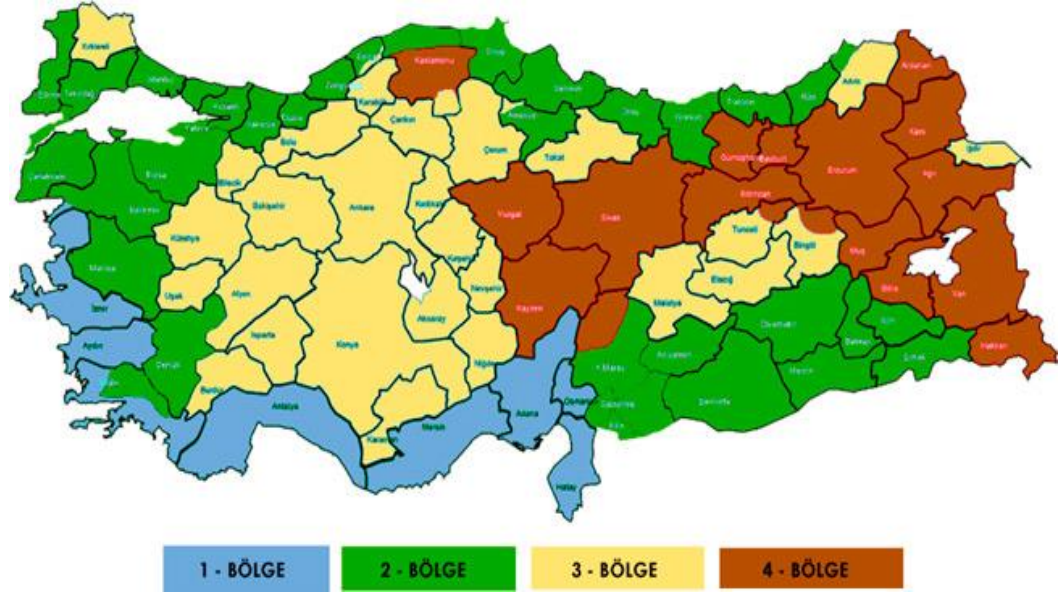
a: Asıl binayı ifade eder.

### 3.3.3. Üçüncü Adım

Burada binanın hangi ısıtma bölgesinde olduğunun tespiti önemlidir. İstanbul için ısıtma bölgesi [Şekil 3.1]'de haritadan yararlanılarak belirlenir. Bina tipine göre belirlenen ısıtma bölgesinde referans göstergesi RG [Tablo 3.2]'ye göre baz alınır. Aynı şekilde SRG [Tablo 3.3]'e göre belirlenerek tesisin referans göstergeleri bulunur. Bu değerlerin referans bir binanınki ile kıyaslanır.

### 3.3.4.Dördüncü Adım

Yapılan kıyaslamada bina sınıfı A-G arasında bulunur [Tablo 3.4]. Bina sera gazı emisyon sınıfı tespit edilirken tüm tüketim kalemleri [Tablo 3.6] da ki katsayılar ile çarpılarak toplanır, sera gazı emisyon sınıfı SEG bulunur.



Şekil 3.1 Türkiye Işıma Bölgeleri (Resmi Gazete, 2005)

Tablo 3.2 Birincil enerjiye göre referans göstergesi (RG kWh/m<sup>2</sup>-yıl) (Resmi Gazete, 2005)

BİNA TİPLERİ	KULLANIM AMACI	1.ISITMA BÖLGESİ (RG)	2.ISITMA BÖLGESİ (RG)	3.ISITMA BÖLGESİ (RG)	4.ISITMA BÖLGESİ (RG)
Konutlar	Meskenler	165	240	285	420
	Bloklar	180	255	300	435
Hizmet Binaları	Ofisler	240	300	360	495
	Eğitim Binaları	180	255	300	450
	Hastaneler	600			
Ticari Binalar	Otel, Restoran	540			
	AVM	750			

Tablo 3.3 Sera gazı referans göstergesi (SRG kg eşd.CO2/m<sup>2</sup>.yıl ) (Resmi Gazete, 2005).

BİNA TİPLERİ	KULLANIM AMACI	1.ISITMA BÖLGESİ (RG)	2.ISITMA BÖLGESİ (RG)	3.ISITMA BÖLGESİ (RG)	4.ISITMA BÖLGESİ (RG)
Konutlar	Meskenler	28	40	47	70
	Bloklar	30	43	50	73
Hizmet Binaları	Ofisler	40	50	60	80
	Eğitim Binaları	30	45	50	75
	Hastaneler	120			
Ticari Binalar	Otel, Restoran	100			
	AVM	150			

Tablo 3.4 Birincil Enerji Tüketimine Göre Enerji Sınıfı (EP kWh/m<sup>2</sup>-yıl) (Resmi Gazete, 2005).

BİNA ENERJİ SINIFI	ENERJİ SINIFI ENDEKSİ (EP)
A	$EP < 0,4 * RG$
B	$0,4 * RG \leq EP < 0,8 * RG$
C	$0,8 * RG \leq EP < RG$
D	$RG \leq EP < 1,20 * RG$
E	$1,20 * RG \leq EP < 1,40 * RG$
F	$1,40 * RG \leq EP < 1,75 * RG$
G	$1,75 * RG \leq EP$

Tablo 3.5 Nihai Enerji Tüketimine Göre Sera Gazı Emisyon Sınıfı (SEG) (Resmi Gazete, 2005).

BİNA ENERJİ SINIFI	SERA GAZI EMİSYON SINIFI (SEG)
A	$SEG < 0,4 * SRG$
B	$0,4 * SRG \leq SEG < 0,8 * SRG$
C	$0,8 * SRG \leq SEG < SRG$
D	$SRG \leq SEG < 1,20 * SRG$
E	$1,20 * SRG \leq SEG < 1,40 * SRG$
F	$1,40 * SRG \leq SEG < 1,75 * SRG$
G	$1,75 * SRG \leq SEG$

Tablo 3.6 Birincil Enerji ve Sera Gazları Emisyonu Dönüşüm Katsayıları (Resmi Gazete, 2005)

<b>FOSİL YAKITLAR İÇİN SEG KATSAYILARI (kgeşd.CO<sub>2</sub>/kWh )</b>	
<b>Elektrik</b>	0,007
<b>Doğalgaz</b>	0,234
<b>Akaryakıt</b>	0,320

Tablo 3.7 Bina Enerji Performans Göstergesi (Resmi Gazete, 2005)

<b>ENERJİ SINIFI</b>	<b>E<sub>p</sub> ARALIKLARI</b>
<b>A</b>	0-39
<b>B</b>	40-79
<b>C</b>	80-99
<b>D</b>	100-119
<b>E</b>	120-139
<b>F</b>	140-174
<b>G</b>	>175

### **3.4 Enerji Etüdü Faaliyetlerinin Yürütülmesi**

Enerji etüdünün uygun sonuçlar verebilmesi için şu hususlar uygulanır.

- Gerçek işletme koşullarında tesis ve uygulamalar gözlemlenir.
- Çeşitli ölçümler yapılarak veriler kayıt altına alınır.
- Ayrıntılı bilgi için çalışanlar dinlenir.

Enerji etüt çalışmasından sonra, yönetime, detaylı bir rapor hazırlanır. Bu raporda, enerji analizlerinin sonuçları ve enerji tasarruf önerileri yer alır

## 4.BÖLÜM

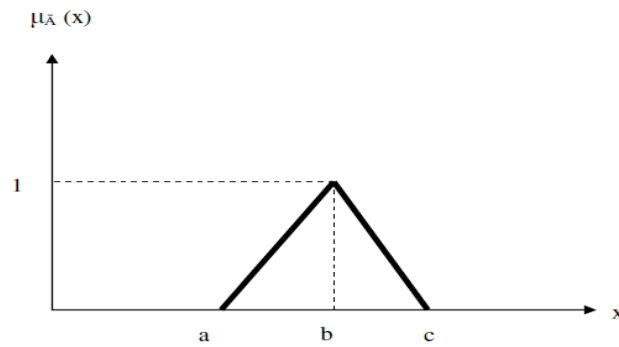
### BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

Araştırmalar, insanların, karmaşık kararların sentezini gerçekleştirmeye yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Saaty tarafından ortaya atılan analitik hiyerarşi yöntemi, kişileri nasıl karar vermeleri konusunda bir yöntemde zorlama yerine; onlara kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlayıp; bu şekilde daha iyi kararlar vermelerini amaçlamaktadır (Zekai Şen, 2003). Bu çalışmada görüşler değerlendirilirken Buckley Yaklaşımı tekniği kullanılmıştır.

#### 4.1 Bulanık Mantık

1965 yılında Lütü Asker Zadeh tarafından kullanılan bulanık küme, mantık ve sistem kavramları yöntemin karmaşıklığı ve çözümün zorlaşması neticesinde ortaya çıkmıştır (Zekai Şen, 2003) .

Bulanık mantık, klasik mantığın aksine iki seviyeli değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı, makineler insanları özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve ön sezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sözel ifadeler kullanır. Bu sözel ifadelerin makinelerle tanıtılması matematiksel bir temele dayanır.



Şekil 4. 1 Üçgen Bulanık Sayı

## 4.2 Geometrik Ortalama Methodu

Buckley performans puanlarını türetirken geometrik ortalama methodunu kullanır. Bu yöntemin seçilmesinin nedeni yöntemin bulanık çözüme uygun olması ve eşlenik karşılaştırma matrisine tek çözümü garanti etmesidir.

Buckley yaklaşımı tekniğinin adımları ve her bir adıma ilişkin matematiksel formülasyon ise aşağıda açıklanmıştır;

Pozitif karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi verilirse

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Her satırın geometrik ortalaması aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_i = \left[ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n}$$

$W_j$  Ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_i = Z_i / (Z_1 + \dots + Z_n), V_i$$

**Adım 1:** Karar vericilerin ikili karşılaştırmalar yapması ve ikili karşılaştırma karar matrislerinin oluşturulması. Karar vericiler değerlendirmelerini [Tablo 4.1] de sunulmuş dilsel değişkenleri kullanarak ifade eder.

**Adım 2:** i'nci karar vericinin bulanık karşılaştırma değerini her bir Karar Vericiye göre hesaplanması. Hesaplamadaki matematiksel formülasyon Denklem 4.1 de sunulmuştur. Denklemdaki " $b_{in}$ " i'nci karar vericinin n'inci karar



vericiye göre bulanık karşılaştırma değerini ifade etmektedir. ‘r<sub>i</sub>’ ise i’nci karar vericinin bulanık karşılaştırma değerlerinin ortalamasıdır.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{b}_{i1} \otimes \tilde{b}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{b}_{in})^{1/n} \quad (4.1)$$

**Adım 3:** Görece bulanık önem değerlerinin hesaplanması.

Hesaplama için denklem 4.2’de verilen matematiksel formülasyon kullanılır.

Formülasyondaki “w<sub>i</sub>” i’nci karar vericinin bulanık görece önem değeridir ve

w<sub>1</sub> = (w<sub>i1</sub>, w<sub>i2</sub>, w<sub>i3</sub>) olarak ifade edilir.

$$\tilde{w}_i = r_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (4.2)$$

**Adım 4:** Bu çarpım işleminden sonra ortaya çıkan değerlerde her bir satırın ortalaması alınır ve ağırlıklar bulunur.

### 4.3 Tutarlılık

İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını hesaplayabilmek için öz vektör yöntemi büyük kolaylık sağlamaktadır. İkili karşılaştırma matrisinin (a<sub>ij</sub>) girdilerindeki değişiklikler matrisin en büyük (λ<sub>max</sub>)öz değerinde de değişime neden olduğundan, (λ<sub>max</sub>– n) farkı bir tutarlılık ölçüsünü vermektedir. İkili karşılaştırma matrisinin büyüklüğüyle (n) bu ölçümün normalleştirilmesini, Saaty tutarlılık indeksi (CI) olarak tanımlamıştır (Derya Öztürk, 2006).

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1} \quad (4.4)$$

Bir tutarlılık oranı (CR) hesaplayabilmek için, Saaty ve diğerleri bir rasgele indeks (RI) oluşturmuşlardır (Tablo 4.2). Bu rasgele indeks, 1-10 boyutlu matrislerin her bir boyutunda 100’er matris rasgele doldurularak, (4.5) eşitliği ile verilen tutarlılık indeksleri hesaplanmış ve her bir boyut için bu tutarlılık indekslerinin ortalaması alınarak oluşturulmuştur.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.5)$$

Tablo 4.1 İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Ölçek (irfan Yacan, 2004)

DİLSEL İFADE	BULANIK ÜÇGEN SAYILAR	
	Sayı	Eşleniği
Eşit önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Az önemli	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Kesin önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Tablo 4.2- Rasgele İndeks

n	RI
1	0
2	0
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Tutarlılık oranı 0,1'den küçük olduğunda yargıların tutarlı olduğu sonucuna ulaşılır. Eğer, CR 0,1'den büyükse yargıların tutarsız olduğu anlaşılır ve karar vericinin yargılarını yeniden gözden geçirmesi gerekmektedir.

## 5. BÖLÜM

### AREL ÜNİVERSİTESİ ÖN ENERJİ ETÜDÜ

Bu bölümde belirli bir zaman periyodu boyunca Arel Üniversitesinde tüketilen enerjinin analizi yapılmıştır. 2015 yılı enerji tüketim verilerinden Elektrik, Doğalgaz, Akaryakıt tüketimleri Arel Üniversitesi İdari İşler biriminden temin edilmiştir. Elektrik ve doğalgaz tüketimi Tepekent ve Sefaköy kampüslerinde tesisat numarası bazlı ele alınmıştır. Akaryakıt tüketimlerinde ise araç yakıtları ve söz konusu kampüslerde kullanılan jeneratörlerin yakıtları ele alınmıştır.

#### 5.1 Enerji Tüketim Analizi

Bu bölümde Adım 3.3.1'e göre Arel Üniversitenin 2015 Yılı genelinde tükettiği enerjinin fatura analizi yapılmıştır. Her bir enerji kaleminin 12 aylık tüketimleri birbirleri ile kıyaslanmıştır. Toplam elektrik tüketimi 1.189.919 kWh olarak gerçekleşmiştir. Buna göre tüketim eğrisini incelediğinde Kış aylarında ısınma ihtiyacının bir kısmının klimalar üzerinden yapıldığı bunun neticesinde elektrik tüketimin yükseldiği görülmektedir. Yaz döneminde ise soğutma ihtiyacı yine klimalar üzerinden yapılmakta fakat yaz tatili dönemine giriş yapıldığından tüketimdeki yükseliş dengelenmektedir.

Ayrıca elektrik tüketim verilerinden görüldüğü üzere gün içinde harcanan elektriğin

%62,65'i 06:00-17:00 saatleri arasında

%19,40'i 17:00-22:00 saatleri arasında

%17,95'i 22:00-06:00 saatleri arasında tüketildiği görülmektedir. [Tablo 5.1] ve [Tablo 5.2]

Burada dikkat edilmesi gereken bir husus ta T1 aralığının 11 saat, T2 aralığının 5 saat, T3 aralığının 7 saat olduğudur. Burada saat bazlı tüketim oranlaması yapılırsa herhangi bir zaman diliminde T1 tüketimi 24 saatlik zaman aralığının % 5,41, T2 tüketimi % 4,98, T3 tüketimi % 2,21 olduğu hesaplanmıştır.

T1 ve T2 tüketiminin birbirine bu kadar yakın olması genellikle 24 saat çalışan sanayi tesislerinde görülür. Bu durum için şöyle bir yorum yapabiliriz; T1 ve T2 tüketiminin birbirine bu kadar yakın olmasının Arel Üniversitede ikinci öğretimin varlığının bir kanıtı olarak gösterebiliriz. T3 tüketiminin bu oranda olmasını gece kapatılmayan personel bilgisayarları, açık bırakılan aydınlatmalar ve bilgi işlem merkezinin 7/24 faaliyette olduğuna bağlayabiliriz.

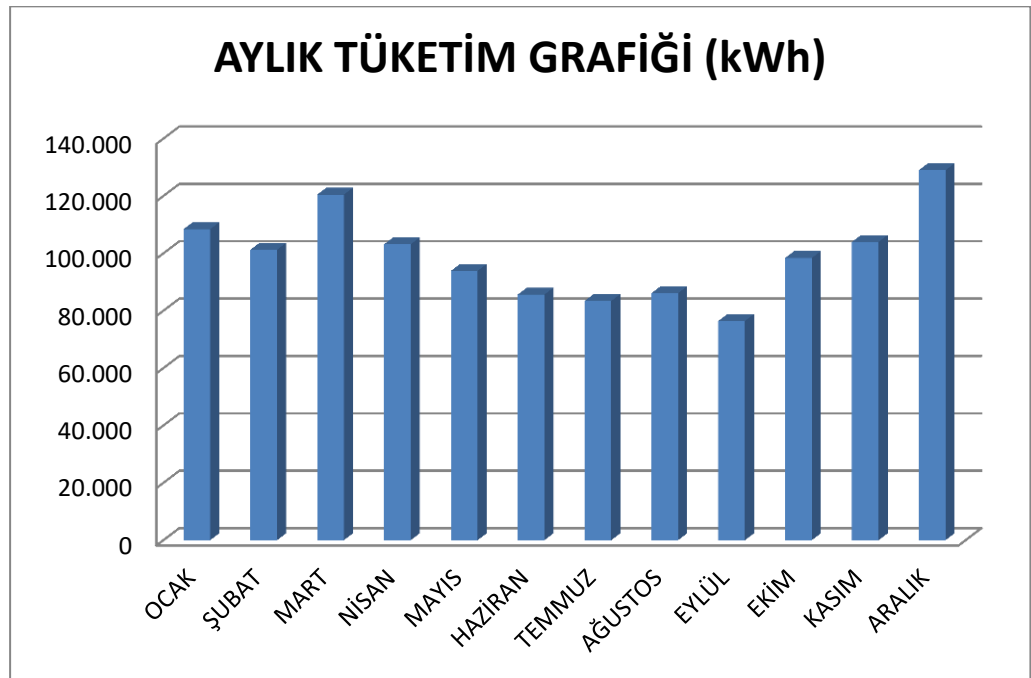
Arel Üniversitesi elektrik tüketiminin aylara göre dağılımının ve T zaman aralığına göre tüketim dağılımı [Şekil 5.1] ve [Şekil 5.2] de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi 2015 Yılı Elektrik Tüketimleri

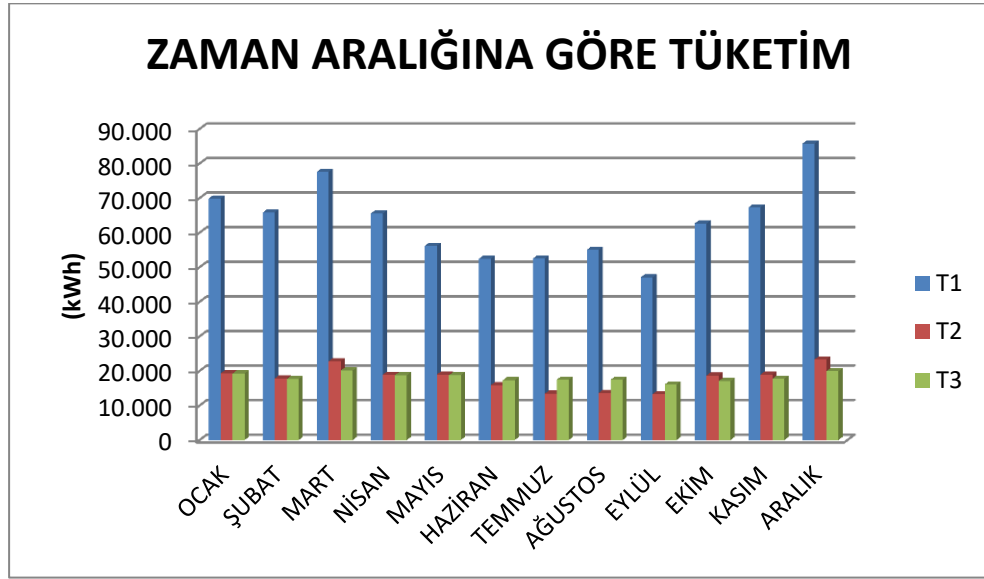
AREL ÜNİVERSİTESİ TEPEKENT YERLEŞKESİ 2015 YILI ELEKTRİK TÜKETİMLERİ (kWh)							
DÖNEM	Tüketim (T1)	Tüketim (T2)	Tüketim (T3)	Toplam (T)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
<b>OCAK</b>	44.950	9.361	13.723	68.033	66,1%	13,8%	20,2%
<b>ŞUBAT</b>	43.462	8.636	12.703	64.801	67,1%	13,3%	19,6%
<b>MART</b>	50.912	9.967	14.277	75.156	67,7%	13,3%	19,0%
<b>NİSAN</b>	42.899	8.642	13.298	64.838	66,2%	13,3%	20,5%
<b>MAYIS</b>	36.562	9.456	12.742	58.759	62,2%	16,1%	21,7%
<b>HAZİRAN</b>	34.186	8.291	11.648	54.125	63,2%	15,3%	21,5%
<b>TEMMUZ</b>	33.993	7.357	11.503	52.853	64,3%	13,9%	21,8%
<b>AĞUSTOS</b>	33.550	7.124	11.059	51.732	64,9%	13,8%	21,4%
<b>EYLÜL</b>	28.335	6.887	10.301	45.523	62,2%	15,1%	22,6%
<b>EKİM</b>	40.849	8.745	11.336	60.930	67,0%	14,4%	18,6%
<b>KASIM</b>	44.229	8.571	12.293	65.093	67,9%	13,2%	18,9%
<b>ARALIK</b>	57.807	9.923	13.666	81.396	71,0%	12,2%	16,8%
<b>TOPLAM</b>	491.731	102.958	148.547	743.236	65,8%	14,0%	20,2%

Tablo 5.2 Arel Üniversitesi Sefaköy Yerleşkesi 2015 Yılı Elektrik Tüketimleri

AREL ÜNİVERSİTESİ SEFAKÖY YERLEŞKESİ 2015 YILI ELEKTRİK TÜKETİMLERİ (kWh)							
DÖNEM	Tüketim (T1)	Tüketim (T2)	Tüketim (T3)	Toplam (T)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
<b>OCAK</b>	24.917	9.927	5.538	40.381	61,7%	24,6%	13,7%
<b>ŞUBAT</b>	22.336	9.183	4.928	36.447	61,3%	25,2%	13,5%
<b>MART</b>	26.636	12.844	5.830	45.310	58,8%	28,3%	12,9%
<b>NİSAN</b>	22.606	10.246	5.437	38.290	59,0%	26,8%	14,2%
<b>MAYIS</b>	19.612	9.490	5.994	35.096	55,9%	27,0%	17,1%
<b>HAZİRAN</b>	18.225	7.596	5.662	31.483	57,9%	24,1%	18,0%
<b>TEMMUZ</b>	18.499	6.054	5.987	30.540	60,6%	19,8%	19,6%
<b>AĞUSTOS</b>	21.467	6.501	6.408	34.375	62,4%	18,9%	18,6%
<b>EYLÜL</b>	18.734	6.385	5.764	30.883	60,7%	20,7%	18,7%
<b>EKİM</b>	21.801	9.930	5.709	37.439	58,2%	26,5%	15,2%
<b>KASIM</b>	23.060	10.366	5.449	38.875	59,3%	26,7%	14,0%
<b>ARALIK</b>	27.934	13.399	6.232	47.565	58,7%	28,2%	13,1%
<b>TOPLAM</b>	265.826	111.919	68.938	446.683	59,5%	24,8%	15,70%



Şekil 5.1 Aylara Göre Elektrik Tüketim Grafiği

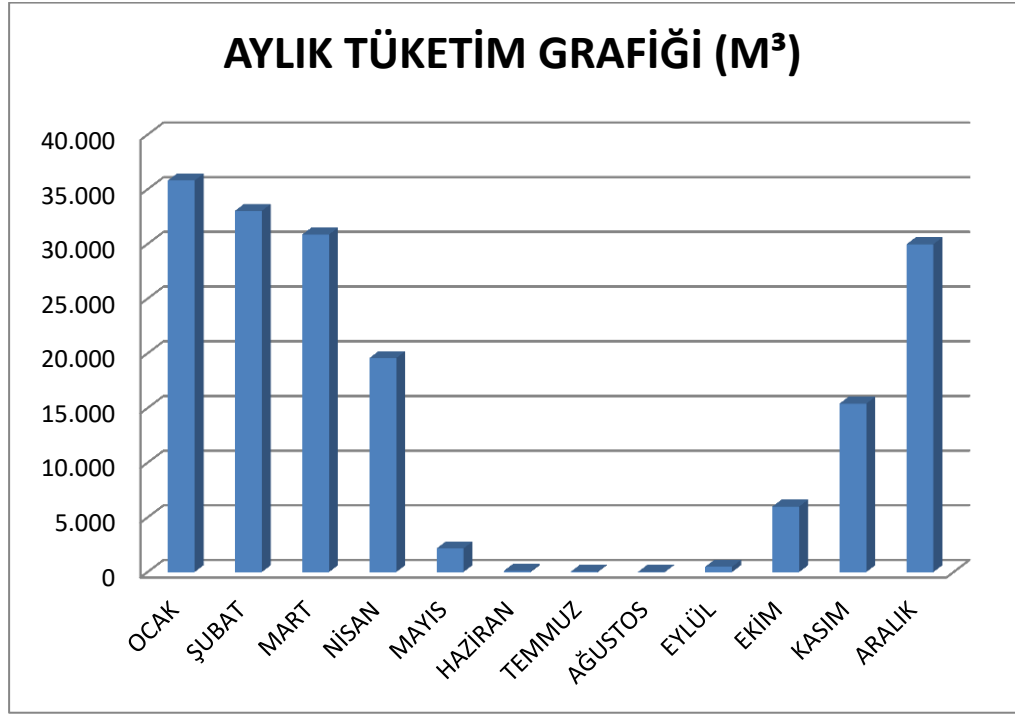


Şekil 5.2 Zaman Aralığına Göre Elektrik Tüketim Grafiği

Üniversite kampüslerinde tüketilen doğalgaz verileri incelendiğinde [Şekil 5.2] kış ayları ağırlıkta olmak üzere tüketim yılın yedi ayına homojen dağılmıştır. Doğalgaz ile soğutma yapabilen cihaz bulunmadığından yaz aylarında doğalgaz tüketimi yapılmamaktadır.

Tablo 5.3 Arel Üniversitesi 2015 Yılı Doğalgaz Tüketimleri

DÖNEM	TÜKETİM (M <sup>3</sup> )
OCAK	35.799,08
ŞUBAT	33.032,33
MART	30.865,38
NİSAN	19.570,52
MAYIS	2.158,35
HAZİRAN	108,47
TEMMUZ	51,64
AĞUSTOS	19,29
EYLÜL	485,86
EKİM	5.986,12
KASIM	15.397,81
ARALIK	29.979,28
TOPLAM	173.454,13



Şekil 5.3 Aylara Göre Doğalgaz Tüketim Grafiği

### 5.2.1 Ton Eşdeğer Petrol Tüketimi Hesaplanması

Arel Üniversitesi 2015 yılı enerji tüketim kalemleri Elektrik, Doğalgaz, Akaryakıt olarak belirlenmiştir. Söz konusu tüketimler incelenip Tep çevrim katsayılarına göre sınıflandırılırsa [Tablo 2.3].

Elektrik tüketimi 1.189.919 kWh, Tüketim tutarı yaklaşık 475.000 TL

Doğalgaz tüketimi 173.454 m<sup>3</sup>, Tüketim tutarı yaklaşık 170.000 TL

Akaryakıt tüketimi 30.508 lt, Tüketim tutarı yaklaşık 103.000 TL

Elektrik tüketimi 1.189.919 kWh \*0,086 = 102 TEP

Doğalgaz tüketimi 174.000 m<sup>3</sup> \*0,825 =143 TEP

Akaryakıt tüketimi 30.508 lt \*1,030 =30 TEP

Buna göre toplam Ton Eşdeğer Petrol Tüketimi 275 TEP olarak hesaplanır

### 5.2.2 Karbon Salınımının Hesaplanması

Arel Üniversitesi 2015 yılı enerji tüketim kalemleri CO<sub>2</sub> çevrim katsayılarına göre sınıflandırılır [Tablo 3.6].

Elektrik tüketimi 1.189.919 kWh \*0,007 = 8.329 kgeşd.CO<sub>2</sub>/kWh

Doğalgaz tüketimi 174.000 m<sup>3</sup> \*0,234 = 40.716 kgeşd.CO<sub>2</sub>/kWh

Akaryakıt tüketimi 30.508 lt \*0,320 =9.762 kgeşd.CO<sub>2</sub>/kWh

Buna göre toplam CO<sub>2</sub> salınımı 58.807 kgeşd.CO<sub>2</sub>/kWh, Bir başka deyişle 58 ton karbon ayak izi olarak hesaplanır.

### 5.2.3 Enerji Performans Göstergelerinin Hesaplanması

Arel Üniversitesi İstanbul içerisinde iki kampüste toplam 58.000 m<sup>2</sup> kapalı alana sahiptir. Işıma alanı olarak den 2. Isıtma bölgesindedir. [Tablo 3.8 ]. Buna göre Tablo 3.2'den Hizmet binalarında enerji sınıfını tayin etmek için kullanılacak referans değer Eğitim Binaları için tayin edilen 255 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olarak alınmıştır.

$$EP = 1.189.919/58.000 = 20,51 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl} \quad [\text{Adım 3.3.1}]$$

$$Ep = 0-39$$

$$RG = 255 \quad [\text{Tablo 3.2}]$$

$$SRG = 45 \quad [\text{Tablo 3.3}]$$

$$SEG = 1.189.919*0,007 + 173.454*0,234 + 30.508*0,324 \quad (3.2)$$

$$SEG=8.329+40.588+9.762=58.807 \text{ kg eşd.CO}_2$$

Elde edilen veriler doğrultusunda Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğine göre[29]. Enerji sınıfı hakkında değerlendirmeler yapılabilmiş ayrıca CO<sub>2</sub> emisyon değerleri ve sera gazı emisyon sınıfları elde edilmiştir.

Enerji performans yönetmeliğinde bina tiplerine göre enerji tüketim değerleri için referans göstergeler düzenlemiştir. İlgili yönetmelikte birincil enerjiye göre referans göstergeleri [Tablo 3.2] de verildiği gibidir. Bu tablodan tüketilen



enerjinin miktarı ve Üniversitenin fiziksel yapılanmasına göre bina enerji sınıfı ve karbon salınımı hesaplanmıştır.

Bu hesaplamalarda Arel Üniversitesinin Doğan enerjiden (D Tes) serbest tüketici limitinde aldığı elektrik hidroelektrik santralinden üretildiğinden 0,007 katsayısı kullanılmıştır.

Buna göre  $EP < 0,4*RG$  için  $20,51 < 0,4*255$  olduğundan bina enerji sınıfı için [Tablo 3.4]'te verilen sınıflandırma tablosuna göre **A sınıfı** olduğu görülmüştür.

Karbon emisyonu hesabında [Tablo 3.5]'de verilen

$1,20 * SRG \leq SEG < 1,40*SRG$  formülü kullanılarak  $1,20 * 45 \leq 58 < 1,40*45$  rakamları için doğrulama yapılabilir.

Bulunan rakamlar doğrultusunda **E sınıfı** karbon emisyon sınıfı hesaplanmıştır.

## 6. BÖLÜM

### BULANIK AHP KULLANILARAK RÜZGÂR TÜRBİNİ SEÇİMİ

Uygulamadaki kriterler ve alternatifler ile bunlar arasındaki ilişkiler konuyla ilgili uzmanların tecrübeleri ile literatürdeki çalışmalardan oluşturulmuştur. Daha önce kurulan rüzgar santralleri ve kurulması düşünülen santrallerler göz önüne alınarak yapılan değerlendirmeler, kriterlerin seçiminde esas olmuştur. İkili karşılaştırma matrisleri [Tablo 4.1] de verilen ölçüğe göre, uzmanlar ile yapılan anket cevaplarına göre oluşturulmuştur.

#### 6.1 Anketin Uygulanması ve Kriterlerin Belirlenmesi

literatürde bu konuya ilişkin yapılan çalışmalar çerçevesinde hazırlanmış ve türbin seçiminde kullanılabilecek faktörler tespit edilmiştir. Bu faktörler anket sorusu haline dönüştürülmüştür. Veriler probleme ilişkin matematiksel modelin hazırlanmasında ve çözümünde kullanılmıştır.

#### 6.2 Modelin Kurulması ve Uygulanması

Yenilenebilir enerji yatırımı uzun dönemli ve stratejik bir karardır. Türbin seçimi kesinleştirilmeden önce faktörler oldukça fazla süzgeçten geçirilmek zorundadır. Bu faktörler çerçevesinde üç adet alternatif türbin ve parametreler belirlenmiştir.

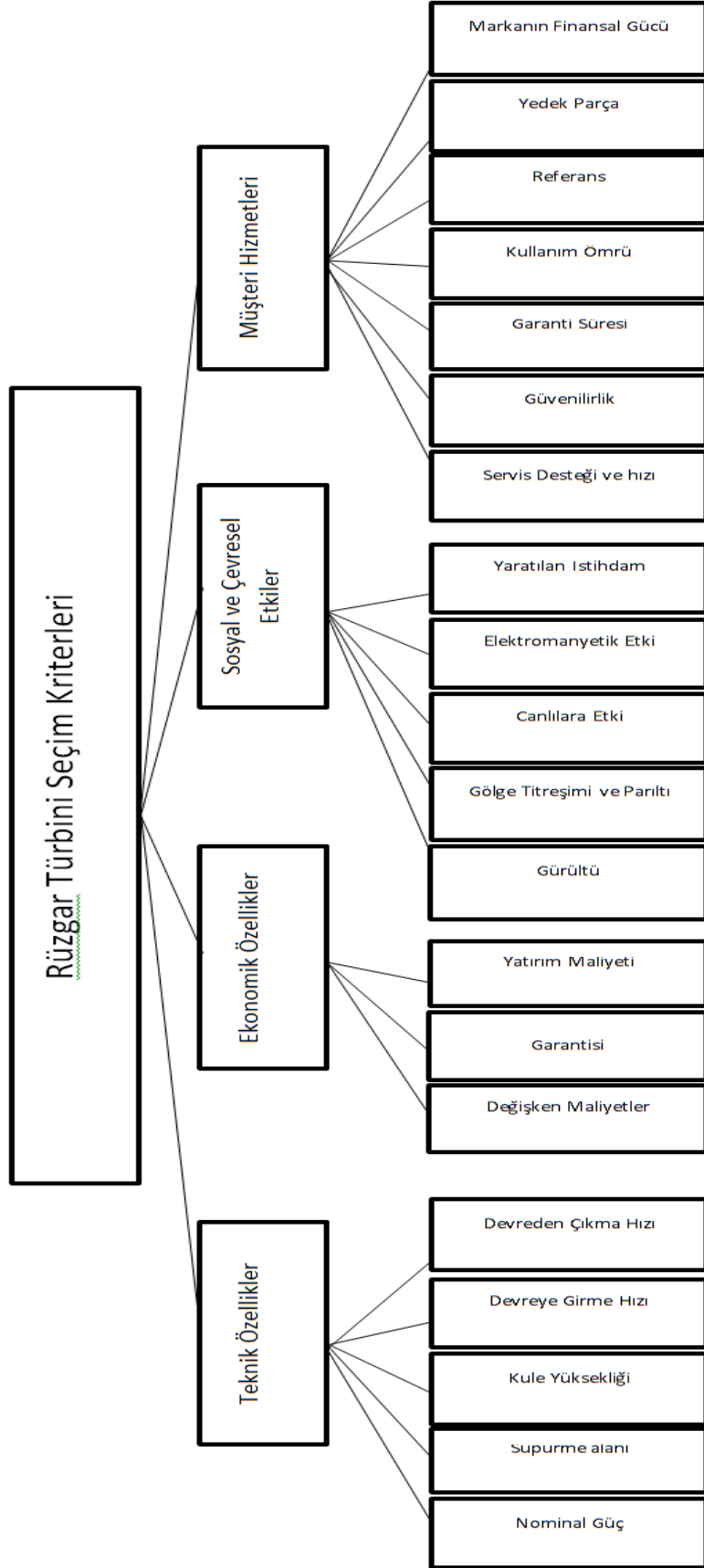
#### 6.3 Amacın Belirlenmesi

Çalışmanın amacı Üniversitesinin enerji tüketim rejimine uygun rüzgar enerjisi için en optimum türbininin belirlenmesidir. Bunun için kullanılacak method Bulanık AHP Buckley yaklaşımıdır.

#### **6.4 Kriterlerin Belirlenmesi**

Kriterler, Alt Kriterler ile Alternatiflerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulmasında; Teknik Özellikler, Ekonomik Özellikler, Çevresel Etkiler, Müşteri Hizmetleri gibi dört ana kriter belirlenmiştir. Daha sonra her bir ana kriter için, alt kriterler oluşturulmuştur.

Bu bölümde İşletmeye kurulacak rüzgar türbini için konusunda uzmanlaşmış kişiler ile bir anket çalışması yapılmıştır. Rüzgar türbini seçimini doğrudan etkileyebilecek 4 ana kriter ve 20 alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin birbirleri ile arasında kıyaslamanın sağlıklı yapılabilmesi için anket sonucunda tutarlılık analizi yapılmış, Buckley metodu uygulanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde her bir özelliğin ağırlığı bulunmuş, her bir anketteki ağırlıklar birbirleri ile ortalamaya sokularak nihai ağırlıklar bulunmuştur.



Şekil 6.1 Türbin Özellikleri Kriterleri Ağaç Diyagramı

### **6.4.1 Teknik Özellikler Kriteri**

Burada seçilecek türbinin çeşitli teknik özellikleri irdelenmiştir.

#### **6.4.1.1 Nominal Güç**

Rüzgar türbininin kW cinsinden gücünü temsil eder. Günümüzde 10kW-7500 kW aralığında bir çok model mevcuttur.

#### **6.4.1.2 Süpürme Alanı**

Türbinin rotor çapı ile ilişkilidir. Süpürme alanı ile üretilen enerji doğru orantılıdır. Günümüzde türbinlerin süpürme alanı 20m<sup>2</sup>-17000m<sup>2</sup> aralındadır.

#### **6.4.1.3 Kule Yüksekliği**

Yerden yükseldikçe rüzgar hızı arttığı için kule yüksekliği önemlidir. Günümüzde 20 ile 100 metre arasında değişen yüksekliklerde kullanılmaktadır.

#### **6.4.1.4 Devreye Girme Hızı**

Kanatlarının dönüp enerji üretiminin başladığı minimum rüzgâr hızıdır. Günümüzde bu değerler 3m/sn ye kadar düşürülmüştür. Bu sayede düşük hız ortalaması olan havzalar enerji üretimine açılmıştır.

#### **6.4.1.5 Devreden Çıkma Hızı**

Türbin kanatlarının dönmesinin tehlike oluşturacağı ve bu nedenle otomatik olarak kendisini kapatacağı rüzgâr hızıdır.

### **6.4.2 Ekonomik Özellikler Kriteri**

Türbinlerin işletme maliyeti ve devlet desteklerine göre değerlendirilir.

#### **6.4.2.1 Değişken Maliyetler**

İşletme ve bakım maliyetlerini kapsar.

#### **6.4.2.2 Devlet Destekleri ve Alım Garantisi**

Yenilenebilir enerji için devletler çeşitli teşvikleri devreye sokmuşlardır. Bu destekler ülkelerin dışa bağımlılığına göre değişmektedir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak için YEKDEM mekanizması kurulmuş yatırımcılara çeşitli destekler sunulmuştur [Tablo 2.5].

### **6.4.2.3 Yatırım Maliyeti**

Türbinlerin yatırım maliyet kalemlerinden oluşmaktadır.

### **6.4.3 Sosyal ve Çevresel Etkiler Kriteri**

Çevresel faktörler rüzgar hızını ve yönünü değiştirmektedir. Ayrıca yatırımın yapılacağı alanın tarihi, kültürel ve coğrafi yapısı önem arz etmektedir.

#### **6.4.3.1 Gürültü**

Türbinlerde iki türlü gürültü oluşur bunlar Mekanik ve Aerodinamik gürültüdür. Düşük gürültü tercih nedenidir..

#### **6.4.3.2 Gölge Titreşimi ve Parıltı**

Türbin kanatları gölge titreşimine neden olabilmektedir, Aynı şekilde cila sürülmüş kanatlar güneş ışığını yansıtarak parıltı etkisi yaratabilir. Parıltısı az olanlar tercih sebebidir.

#### **6.4.3.3 Canlılara Etki**

Türbinlerin en belirgin zararları kuş ölümleridir. Bilinen diğer etkisi de rüzgarı engelleyerek arkasındaki coğrafyaya sıcaklık azaltıcı etki yapmasıdır.

#### **6.4.3.4 Elektromanyetik Etki**

Türbinlerin kanatları sinyalleri geri yansıtabilirler. Bu da elektromanyetik spektruma etki edip TV-Radyo alıcılarında bozuntuya sebep olabilir. Veri haberleşmesinde parazitlere sebep olabilir.

#### **6.4.3.5 Yaratılan İstihdam**

Türbinin yerli veya ithal kaynak kullanım oranına göre değişkenlik gösterir.

### **6.4.4 Müşteri Hizmetleri Kriteri**

Burada türbin markalarının müşterilerine sağladıkları servis destekleri, yedek parça ve marka güvenilirliklerine göre karşılaştırma yapılmıştır.

#### **6.4.4.1 Servis Desteği ve Hızı**

Türbin üreticileri genellikle Avrupalı markalar olduğundan her ülkede servis desteği yeterince gelişmemiştir. Bu önemli bir faktördür.

#### 6.4.4.2 Güvenilirlik

Yatırımcılar enerji sağladıkları ülkelerde kesintisiz enerji için çeşitli garantiler vermektedirler. Bu vesileyle yatırımlarını garanti altına almak için dünyada rüzgar üretiminde kendini ispatlamış türbin markalarına yöneleceklerdir.

#### 6.4.4.3 Garanti Süresi

Üretici firmaların sağlayacağı garanti dönemini kapsar.

#### 6.4.4.4 Kullanım Ömrü

Rüzgar türbinlerinin en uygun çalışma performansını göstereceği optimum süredir. Günümüzde bu süre genelde 30 yıl olarak hesaplanmaktadır.

#### 6.4.4.5 Referanslar

Kurulacak türbinin farklı coğrafyalardaki üretim performans verileri ve müşteri portföyünden oluşur.

#### 6.4.4.6 Yedek Parça

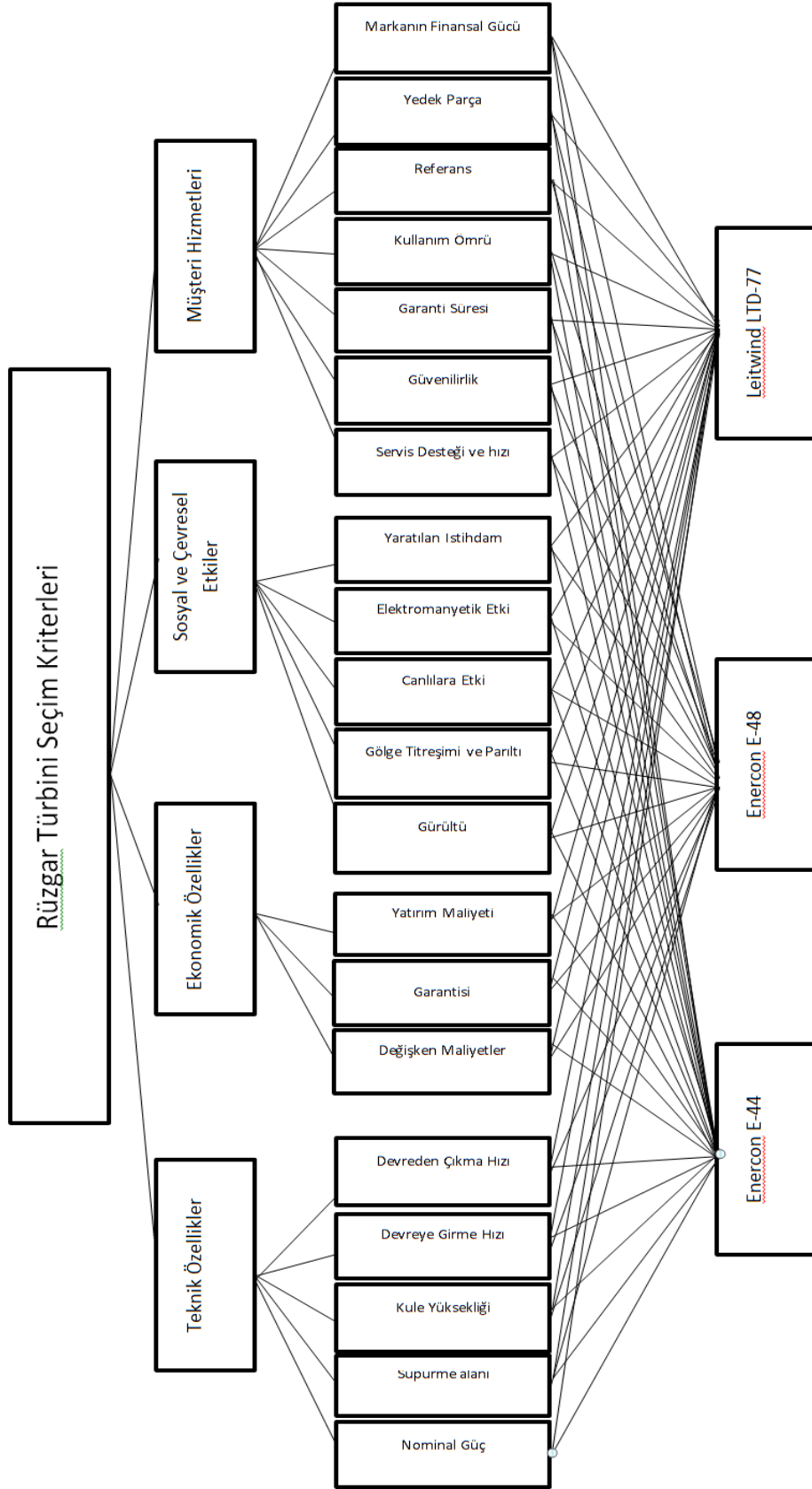
Türbinlerinde çeşitli yedek parçalara ihtiyaç duyulmaktadır. Yatırımcıların dikkat etmesi gereken önemli hususlardan birisi de yedek parça ikamesinin sağlanmasıdır.

#### 6.4.4.7 Marka Finans Gücü

Türbin üreticisi firmaların enerji sektöründeki mali tablolarının gücünü temsil eder. Burada karlılık, bilinirlik, ve çalışan sayısı gibi faktörler değerlendirilir.

Tablo 6.1 Türbin Teknik Özellikleri

Türbin Modeli	Nominal Güç	Süpürme Alanı	Kule Yüksekliği	Devreye Girme Hızı	Devreden Çıkma Hızı
Enercon E-44	900 KW	1521 m <sup>2</sup>	55 m	3m/s	28m/s
Enercon E-48	800KW	1810 m <sup>2</sup>	60 m	3m/s	28m/s
Leitwind LTD-77	800KW	4608 m <sup>2</sup>	61,5 m	3m/s	25m/s



Şekil 6.2 Türbin Markası Seçim Kriterleri Ağaç Diyagramı



### **6.5 Alternatiflerin Belirlenmesi**

Bu bölümde nominal gücü 1MW altında olan markalardan Enercon E-44, Enercon E-48, Leitwind LTD-77, modelleri belirlenmiştir [Tablo 6.2].

### **6.6 Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi**

Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde her bir türbinin teknik özellikleri birbirleri ile kıyaslanmış özelliklerin görece ağırlığına göre değerlendirme yapılmıştır. Buckley metodu ile ağırlıkları hesaplanmıştır [Tablo 6.4].

### **6.7 Alternatiflerin Karşılaştırılması**

Alternatiflerin karşılaştırılmasında Buckley metodundan yararlanılmıştır. Her bir alternatifin ağırlığı teknik özellikler tablosundaki [Tablo 6.3] değeri ile yapılmıştır. Uygulanan metot ile en fazla ağırlığı olan model 900 kW gücünde olan Enercon E-44 modelinde çıkmıştır.

## 6.8 Arel Üniversitesi İçin Rüzgar Santrali Fizibilitesi

Arel üniversitesi için yaptığımız etüt ve yenilenebilir enerjiye geçiş analizi için kurum bünyesinde kurulacak rüzgar santralinde lisans alımına gerek olmayan 900 KW gücünde bir türbin seçtik. Sistemin kurulacağı bölgenin kapasite faktörünü %30 olarak baz alınmıştır. Bu değerlere göre hesaplama yaparsak,

Hipotez 1 testi Türbin için yıllık işletme ve bakım masrafı 30.000 \$ (120.000 TL)

900 kW rüzgar türbini %30 KF'ne göre yıllık 2.365.000 kW enerji üretecektir. devlet desteği alım garantisi yerli kaynak için 11 kWh/\$cent tir. İthal için 7,3 kWh/\$cent dir. Bu çalışmada ithal kaynak kullanımı baz alınmıştır.

Arel Üniversitesinin yıllık elektrik enerjisi tüketimi 1.189.919 kW seviyesinde olduğundan üretim fazlası olarak yıllık 1.175.000 kW elektrik enerjisi sisteme verilebilecektir. Bu rakamın satış bedeli 85.700 \$

Üniversitenin yıllık elektrik enerjisi maliyeti KDV dahil 520.000 TL ve üretim fazlası satıştan gelen hasılat 410.000 TL' dir.

Yıllık toplam gelir ve ödenmeyecek elektrik fatura tutarı: 930.000 TL

İlk yıl toplam gider, kurulum ve işletme maliyeti dahil: 4.800.000 TL

Hipotez 2 testi için geri dönüş süresi 5,2 yıl olarak hesaplanmıştır. Ancak aksi durumların oluşabileceğinden bu oranı 6 yıl maksimum olarak alabiliriz.

Bu tez çalışmasında giriş bölümünde belirlenmiş olan 1. ve 2. hipotezlerin geçerliliği doğrulanmıştır. H0 hipotezi reddedilememiştir.

Rüzgar enerjisinin hem doğa için hem de yüksek gelir beklentisi olan yatırımcı için ne kadar doğru bir yatırım olduğu görülmektedir.

## 7. BÖLÜM

### SONUÇ

Günümüzde enerji tüketimi kurumların üzerinde bir maliyet baskısı yaratmakta çevre bilincinin küresel çapta artması ile enerji verimliliği yükselen bir trend oluşturmaktadır. Enerji tüketiminin makul seviyede tutulması ve çevreci kaynaklardan sağlanması önemli konulardan biri haline gelmiştir.

Kurumların faaliyetlerini yürütebilmeleri için ekonomik önlemlerini alması ve çevreci politikaları desteklemesi gerekmektedir. Bu noktada enerji maliyetini ve karbon salınımlarını minimum seviyede tutmak için çevreci teknolojilere yatırım yapmaktadırlar.

Bu çalışmada Arel üniversitesi kampüsleri için tüketilen enerjinin fatura analizi ile ön enerji etüdü yapılmıştır. Bu analiz çerçevesinde enerji tüketimleri ve tutarları tespit edilmiştir.

Arel üniversitesi bünyesinde kullanılan elektrik enerjisi EPDK mevzuatına göre serbest piyasadaki temin edilmektedir. Satın alınan elektrik hidroelektrik santrallerinde üretildiğinden karbon salınımı açısından çevreci bir konumdadır. Tüketilen doğalgaz ve akaryakıt da hesaplamalara dahil edilerek Ton Eşdeğer Petrol (TEP) ve karbon salınımı (CO<sub>2</sub>) değerleri belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda tüketimin ne kadarının yenilenebilir teknolojilerden sağlanabileceği ortaya çıkartılmıştır.

Arel üniversitesi enerji etüdüne göre elektrik tüketimi sınıfı A gözükmemektedir fakat bu sonuç bizleri yanıltmamalıdır. Üniversite yerleşkeleri geniş sınıflardan olduğundan metrekare /tüketilen enerjinin oranı düşük çıkmaktadır.

Karbon salınımında E sınıfı ile kötü bir durum ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde yaygın olan yenilenebilir teknolojilerden rüzgar enerjisinin Arel Üniversitesine kazandırılması amaçlanmıştır. Bu vesile ile yapılan çalışmada sektörde tecrübeli firmalar ile rüzgar enerjisine yönelik bir anket çalışması

yapılmış çıkan sonuçlar bulanık mantık çerçevesinde rüzgar türbinlerinin özellikleri analiz edilmiştir.

Yapılan anket çalışmasında Genel kategorisinde, Teknik özellikler, Müşteri hizmetleri, Sosyal ve çevresel özellikler, Ekonomik özellikler konularını içermektedir, Bu bölümde ağırlığı en fazla olan kriterler Ekonomik Özellikler Müşteri hizmetleri özellikleridir.

Teknik kategorisinde, Nominal güç, Süpürme alanı, Kule yüksekliği, Devreye girme hızı, Devreden çıkma hızından ağırlığı en fazla olan Nominal güçtür.

Müşteri hizmetleri kategorisinde Servis desteği ve hızı, Güvenilirlik, Garanti süresi, Kullanım ömrü, Referanslar, Yedek parça, Marka finansal gücü kriterlerinden ağırlığı en fazla olan Güvenilirlik kriteridir.

Sosyal ve çevresel etkiler kategorisinde Gürültü, Gölge titreşimi ve parıltı, Canlılara etki, Elektromanyetik etki, Yaratılan istihdam kriterlerinden ağırlığı en fazla olan Canlılara etki kriteridir.

Ekonomik kategorisinde, Değişken maliyetler, Devlet destekleri ve alım garantisi, Yatırım maliyetinden ağırlığı en fazla olan Devlet destekleri ve alım garantisi kriteridir.

Hesaplamaları yapılan ve ağırlıkları belli olan kriterlerden sonra güçleri 1MW altında olan iki markanın toplam üç modeli kendi aralarında hesaplamaya tabi tutulmuş ve gerekli hesaplamalar neticesinde Nominal gücü 900kw olan Enercon-E44 modeli uygun görülmüştür. Söz konusu model için yatırım analizi aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bunun yerine çatalca bölgesinde kiralanacak bir arazide 900 kW gücünde rüzgar türbini kurulması ile Üniversitenin toplam tükettiği 1.189.919 kW elektriğin yaklaşık 2 katı bu türbinden karşılanacaktır. Üniversitemiz bünyesinde kurulacak bir rüzgar santrali hem enerji maliyetlerinde kayda değer bir iyileşme sağlayacak hem de kurumsal itibar açısından çok büyük faydalar sağlayacaktır.

## Kaynakça

- Aksüzek, Y., 2003. *Kompleks Binalarda Enerji Verimliliği, Tasarrufu Ve Enerji Yönetimi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Altuntaşoğlu, Z., 2008. *Sürdürülebilir Kalkınma Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, ANKARA: Elektrik İşleri Etüd İdaresi.Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi.
- Bekiroğlu, O., 2008. *Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı Karbon Ayak İzi*, s.l.: s.n.
- cn, 2018. <http://www.cn.com.tr/enerji-etudu/>. ] 20 07 2018].
- Derya Öztürk, 2006. AHP Tutarlılık Analizi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*.
- Enerji Atlası, 2018. <http://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-ruzgar-enerjisi.html>. 20 07 2018].
- Enerjibes, 2018. <http://www.elektrik.gen.tr/2016/04/ruzgar-enerjisinin-avantajlari-ve-dezavantajlari/1591>.
- EPDK, 2018. <https://www.elektrikpaketleri.com/c/uc-zamanli-elektrik-tarifesi-nedir>. 2018].
- Hakan Yıldırım, 2010. <http://yesilekonomi.com/kose-yazilari/hakan-yildirim/danimarka-ornegi>.
- Heperkan, H., 2009. *Yeşil Binalar ve LEED*, s.l.: s.n.
- irfan Yacan, 2004. Eğitim Kalitesinin Belirlenmesinde Etkili Olan Faktörlerin Bulanık AHP ile değerlendirilmesi. 14 05, p. 17.
- Kaya, K., 2014. Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. *Mühendis ve Makine*, 56(660), pp. 61-68.
- Meteroloji Genel Müdürlüğü, 2018. <https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>.
- noterson, 2018. <http://noterson.com/tep-hesaplama.html>.
- researchgate.net 2014. [https://www.researchgate.net/publication/242718776\\_Ruzgar\\_Enerjisi\\_Potansiyelinin\\_Belirlenmesi\\_Determination\\_of\\_Wind\\_Energy\\_Potential](https://www.researchgate.net/publication/242718776_Ruzgar_Enerjisi_Potansiyelinin_Belirlenmesi_Determination_of_Wind_Energy_Potential).
- Resmi Gazete, 2005. *Binalarda Enerji Performansı* , ANKARA: resmi gazete.
- Türeb, 2016. [47](http://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-</a></p></div><div data-bbox=)

*enerjisi-istatistik-raporu-ocak-2016.*

Türeb, 2017. [http://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-temmuz-2017.](http://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-temmuz-2017)

word press, 2018. [https://egitim448.wordpress.com/2017/01/26/ruzgar-enerjisi-tarihsel-gelisimi/.](https://egitim448.wordpress.com/2017/01/26/ruzgar-enerjisi-tarihsel-gelisimi/)

[http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/document/yekdem\\_2014\\_nihai.pdf](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/document/yekdem_2014_nihai.pdf).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018.  
[http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru\\_01.html](http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html). ANKARA: YEGM.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018.  
[http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar\\_enerjisi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx).

Zekai Şen, 2003. *Mühendislikte Bulanık Mantık İle Modelleme Prensipleri*. s.l.:Su Vakfı.

## EK-A Anket Formu

AREL ÜNİVERSİTESİ											
RÜZGAR TÜRBİNİ SEÇİMİNE AİT İKİLİ KARŞILAŞTIRMA ANKETİ											
Kriterler		Kesin Önemli	Çok Önemli	Önemli	Az Önemli	Eşit Önemli	Az Önemli	Önemli	Çok Önemli	Kesin Önemli	Kriterler
GENEL ÖZELLİKLER	Teknik Özellikler										Ekonomik Özellikler
	Teknik Özellikler										Sosyal ve Çevresel Etkiler
	Teknik Özellikler										Müşteri Hizmetleri
	Ekonomik Özellikler										Sosyal ve Çevresel Etkiler
	Ekonomik Özellikler										Müşteri Hizmetleri
Sosyal ve Çevresel Etkiler										Müşteri Hizmetleri	
TEKNİK ÖZELLİKLER	Nominal Güç										Süpürme Alanı
	Nominal Güç										Küle Yüksekliği
	Nominal Güç										Devreye Girme Hızı
	Nominal Güç										Devreden Çıkma Hızı
	Süpürme Alanı										Küle Yüksekliği
	Süpürme Alanı										Devreye Girme Hızı
	Süpürme Alanı										Devreden Çıkma Hızı
	Küle Yüksekliği										Devreye Girme Hızı
	Küle Yüksekliği										Devreden Çıkma Hızı
	Devreye Girme Hızı										Devreden Çıkma Hızı
EKONOMİ	Değişken Maliyetler										Devlet Des. ve Alım Gar.
	Değişken Maliyetler										Yatırım Maliyeti
	Devlet Des. ve Alım Gar.										Yatırım Maliyeti
SOSYAL VE ÇEVRESEL ETKİLER	Gürültü										Gölge Titreşimi ve Parıltı
	Gürültü										Canlılara Etki
	Gürültü										Elektromanyetik Etki
	Gürültü										Yaratılan İstihdam
	Gölge Titreşimi ve Parıltı										Canlılara Etki
	Gölge Titreşimi ve Parıltı										Elektromanyetik Etki
	Gölge Titreşimi ve Parıltı										Yaratılan İstihdam
	Canlılara Etki										Elektromanyetik Etki
	Canlılara Etki										Yaratılan İstihdam
Elektromanyetik Etki										Yaratılan İstihdam	
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	Servis Desteği ve Hızı										Güvenilirlik
	Servis Desteği ve Hızı										Garanti Süresi
	Servis Desteği ve Hızı										Kullanım Ömrü
	Servis Desteği ve Hızı										Referanslar
	Servis Desteği ve Hızı										Yedek Parça
	Servis Desteği ve Hızı										Markanın Finansal Gücü
	Güvenilirlik										Garanti Süresi
	Güvenilirlik										Kullanım Ömrü
	Güvenilirlik										Referanslar
	Güvenilirlik										Yedek Parça
	Güvenilirlik										Markanın Finansal Gücü
	Garanti Süresi										Kullanım Ömrü
	Garanti Süresi										Referanslar
	Garanti Süresi										Yedek Parça
	Garanti Süresi										Markanın Finansal Gücü
	Kullanım Ömrü										Referanslar
	Kullanım Ömrü										Yedek Parça
Kullanım Ömrü										Markanın Finansal Gücü	
Referanslar										Yedek Parça	
Referanslar										Markanın Finansal Gücü	
Yedek Parça										Markanın Finansal Gücü	

Ek.B Tablo.1 1.Uzman Genel Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

GENEL ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	TEKNİK ÖZELLİKLER			EKONOMİK ÖZELLİKLER			SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER			MÜŞTERİ HİZMETLERİ			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	0,667	1,000	1,500
TEKNİK ÖZELLİKLER	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	0,667	1,000	1,500
EKONOMİK ÖZELLİKLER	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500	1,000	1,000	1,000
SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	3	0,400	0,500	0,667	0,220	0,250	0,290	1,000	1,000	1,000	1,000	0,285	0,330	0,400
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	4	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	1	2	3
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,285	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	TÖ	EÖ	ŞÇÖ	MH
TEKNİK ÖZELLİKLER	1,000	1,000	5,000	0,333
EKONOMİK ÖZELLİKLER	1,000	1,000	9,000	1,000
SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	0,200	0,111	1,000	0,143
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	3,000	1,000	7,000	1,000

Ağırlık	Ağırlık				Ağırlık	Ağırlık	Ağırlık
	1	2	3	4			
1,136	0,217	1,000	1,000	5,000	0,333	0,217	0,909
1,732	0,330	1,000	1,000	9,000	1,000	0,330	1,362
0,237	0,045	0,200	0,111	1,000	0,143	0,045	0,184
2,141	0,408	3,000	1,000	7,000	1,000	0,408	1,705

4,197	Nmax= 4,139	RI = 0,900	olduğundan tutarlıdır.
4,125	n = 4,000	CR = 0,052 ≤ 0,1	
4,056	CI = 0,046		
4,178			

Ek.B Tablo.2 1.Uzman Teknik Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

TEKNİK ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	NOMİNAL GÜÇ			SÜPÜRME ALANI			KULE YÜKSEKLİĞİ			DEVREYE GİRME HIZI			DEVREDEN ÇIKMA HIZI			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
NOMİNAL GÜÇ	1	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500	
SÜPÜRME ALANI	2	0,290	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500	3,500	4,000	4,500	
KULE YÜKSEKLİĞİ	3	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500	3,500	4,000	4,500	
DEVREYE GİRME HIZI	4	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500	
DEVREDEN ÇIKMA HIZI	5	0,220	0,250	0,290	0,220	0,250	0,290	0,220	0,250	0,290	0,220	0,250	0,290	1,000	1,000	1,000	

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	1	2	3
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	G	GTP	CE	EE	Yİ
NOMİNAL GÜÇ	1,000	7,000	3,000	1,000	9,000
SÜPÜRME ALANI	0,143	1,000	1,000	0,333	9,000
KULE YÜKSEKLİĞİ	0,333	1,000	1,000	0,333	9,000
DEVREYE GİRME HIZI	1,000	3,000	3,000	1,000	9,000
DEVREDEN ÇIKMA HIZI	0,111	0,111	0,111	0,111	1,000

Ağırlık	Ağırlık					Ağırlık	Ağırlık	Ağırlık
	1	2	3	4	5			
2,853	0,392	1,000	7,000	3,000	1,000	9,000	0,392	2,160
0,844	0,116	0,143	1,000	1,000	0,333	9,000	0,116	0,633
1,000	0,137	0,333	1,000	1,000	0,333	9,000	0,137	0,708
2,408	0,331	1,000	3,000	3,000	1,000	9,000	0,331	1,696
0,172	0,024	0,111	0,111	0,111	1,000	1,000	0,024	0,132
7,278								

5,511	Nmax= 5,364	RI = 1,120	olduğundan tutarlıdır.
5,457	n = 5,000	CR = 0,081 ≤ 0,1	
5,150	CI = 0,091		
5,126			
5,579			



Ek.B Tablo.3 1.Uzman Ekonomik Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

EKONOMİK ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	DEĞİŞKEN MALİYETLER			DEVLET DESTEKLERİ VE ALIM GARANTİSİ			YATIRIM MALİYETİ		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
DEĞİŞKEN MALİYETLER	1	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	0,667	1,000	1,500
DEVLET DESTEKLERİ VE ALIM GARANTİSİ	2	1,500	2,000	2,500	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500
YATIRIM MALİYETİ	3	0,667	1,000	1,500	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM	Ağırlık									
DEĞİŞKEN MALİYETLER	1,000	0,200	0,333	0,405	0,105	→	1,000	0,200	0,333	x	0,105	=	0,318
DEVLET DESTEKLERİ VE ALIM GARANTİSİ	5,000	1,000	3,000	2,466	0,638		5,000	1,000	3,000		0,638		1,935
YATIRIM MALİYETİ	3,000	0,330	1,000	0,997	0,258		3,000	0,330	1,000		0,258		0,782

3,036
3,034
3,037

  
Nmax = 3,036      RI = 0,580  
n = 3,000      CR = 0,031 ≤ 0,1      olduğundan tutarlıdır.  
CI = 0,018

Ek.B Tablo.4 1.Uzman Müşteri Hizmetleri Bölümünün Tutarlılık Analizi

MÜŞTERİ HİZMETLERİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	SERVİS DESTEĞİ VE HIZI			GÜVENİLİRLİK			GARANTİ SÜRESİ			KULLANIM ÖMRÜ			REFERANSLAR			YEDEK PARÇA			MARKA FİNANSAL GÜCÜ			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ																							
SERVİS DESTEĞİ VE HIZI	1	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	2,500
GÜVENİLİRLİK	2	1,500	2,000	2,500	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	2,000
GARANTİ SÜRESİ	3	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400	0,660	1,000	1,500	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	1,000
KULLANIM ÖMRÜ	4	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000
REFERANSLAR	5	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000
YEDEK PARÇA	6	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
MARKA FİNANSAL GÜCÜ	7	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	SD	G	GS	KÖ	R	YP	MFG
SERVİS DESTEĞİ VE HIZI	1,000	0,200	1,000	0,333	1,000	3,000	1,000
GÜVENİLİRLİK	5,000	1,000	7,000	3,000	3,000	3,000	5,000
GARANTİ SÜRESİ	1,000	0,143	1,000	0,143	0,333	0,200	0,333
KULLANIM ÖMRÜ	3,000	0,330	7,000	1,000	3,000	3,000	3,000
REFERANSLAR	1,000	0,333	3,000	0,330	1,000	3,000	3,000
YEDEK PARÇA	0,333	0,333	5,000	0,330	0,330	1,000	1,000
MARKA FİNANSAL GÜCÜ	1,000	0,200	3,000	0,330	0,330	1,000	1,000

	Ağırlık													
Eşit Önemli	0,795	0,087	→	1,000	0,200	1,000	0,333	1,000	3,000	1,000				0,102
Az Önemli	3,349	0,368		5,000	1,000	7,000	3,000	3,000	3,000	5,000				0,363
Önemli	0,333	0,037		1,000	0,143	1,000	0,143	0,333	0,200	0,333				0,030
Çok Önemli	2,111	0,232		3,000	0,330	7,000	1,000	3,000	3,000	3,000				0,262
Kesin Önemli	1,168	0,128		1,000	0,333	3,000	0,330	1,000	3,000	3,000				0,130
	0,670	0,074		0,333	0,333	5,000	0,330	0,330	1,000	1,000				0,043
	0,677	0,074		1,000	0,200	3,000	0,330	0,330	1,000	1,000				0,071

N =

0,621
2,741
0,297
1,629
0,658
0,548
0,508

6,088
7,556
9,805
6,228
5,061
12,830
7,149

  
Nmax = 7,825      RI = 1,320  
n = 7,000      CR = 0,100 ≤ 0,1      olduğundan tutarlıdır  
CI = 0,138

Ek.B Tablo.5 1.Uzman Sosyal Çevre Etkileri Bölümü Tutarlılık Analizi

SOSYAL VE ÇEVRESEL ETKİLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	GÜRÜLTÜ			GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI			CANILARA ETKİ			ELEKTROMANYETİK ETKİ			YARATILAN İSTİHDAM		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ																
GÜRÜLTÜ	1	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500	0,290	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500
GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI	2	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400	0,290	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000
CANILARA ETKİ	3	2,500	3,000	3,500	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	2,500	3,000	3,500
ELEKTROMANYETİK ETKİ	4	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500
YARATILAN İSTİHDAM	5	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	4	5	6
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000			
Az Önemli	0,660	1,000	1,500			
Önemli	1,500	2,000	2,500			
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500			
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500			

TUTARLILIK ANALİZİ	G	GTP	CE	EE	Yi
GÜRÜLTÜ	1,000	3,000	0,143	1,000	3,000
GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI	0,330	1,000	0,143	0,143	1,000
CANILARA ETKİ	7,000	7,000	1,000	7,000	7,000
ELEKTROMANYETİK ETKİ	1,000	7,000	0,143	1,000	5,000
YARATILAN İSTİHDAM	0,333	1,000	0,143	0,200	1,000

Ağırlık	
1,052	0,132
0,368	0,046
4,743	0,598
1,380	0,174
0,394	0,050
7,937	

1,000	3,000	0,143	1,000	3,000	0,132
0,330	1,000	0,143	0,143	1,000	0,046
7,000	7,000	1,000	7,000	7,000	0,598
1,000	7,000	0,143	1,000	5,000	0,174
0,333	1,000	0,143	0,200	1,000	0,050

0,680	5,131
0,250	5,393
3,414	5,713
0,965	5,548
0,260	5,241

Nmax= 5,405  
n 5,000  
Ci 0,101

RI 1,120  
CR 0,090 ≤ 0,1 olduğundan tutarlıdır.

Ek.B Tablo.6 2.Uzman Genel Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

GENEL ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	TEKNİK ÖZELLİKLER			EKONOMİK ÖZELLİKLER			SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER			MÜŞTERİ HİZMETLERİ		
		1	2	3	4								
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ													
TEKNİK ÖZELLİKLER	1	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
EKONOMİK ÖZELLİKLER	2	0,285	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000	0,285	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000
SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	3	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	4	0,222	0,250	0,286	1,000	1,000	1,000	0,285	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,285	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	TÖ	EÖ	SÇÖ	MH
TEKNİK ÖZELLİKLER	1,000	7,000	1,000	9,000
EKONOMİK ÖZELLİKLER	0,143	1,000	0,143	1,000
SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	1,000	7,000	1,000	7,000
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	0,111	1,000	0,143	1,000

	Ağırlık			
	2,817	0,455		
	0,378	0,061		
	2,646	0,427		
	0,355	0,057		

1,000	7,000	1,000	9,000	0,455	1,824
0,143	1,000	0,143	1,000	0,061	0,244
1,000	7,000	1,000	7,000	0,427	1,710
0,111	1,000	0,143	1,000	0,057	0,230

4,012	Nmax= 4,008	RI 0,900	olduğundan tutarlıdır.
4,004	n 4,000	CR 0,003 ≤ 0,1	
4,004	CI 0,003		
4,012			

Ek.B Tablo.7 2.Uzman Teknik Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

TEKNİK ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	NOMİNAL GÜÇ			SÜPÜRME ALANI			KULE YÜKSEKLİĞİ			DEVREYE GİRME HIZI			DEVREDEDEN ÇIKMA HIZI		
		1	2	3	4	5										
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ																
NOMİNAL GÜÇ	1	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500	0,667	1,000	1,500	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	
SÜPÜRME ALANI	2	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	
KULE YÜKSEKLİĞİ	3	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	0,667	1,000	1,500	
DEVREYE GİRME HIZI	4	0,667	1,000	1,500	0,667	1,000	1,500	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
DEVREDEDEN ÇIKMA HIZI	5	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	0,667	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	NG	SA	KY	DGH	DÇH
NOMİNAL GÜÇ	1,000	0,333	0,333	0,333	1,000
SÜPÜRME ALANI	3,000	1,000	1,000	3,000	5,000
KULE YÜKSEKLİĞİ	3,000	1,000	1,000	5,000	3,000
DEVREYE GİRME HIZI	3,000	0,333	0,200	1,000	1,000
DEVREDEDEN ÇIKMA HIZI	1,000	0,200	0,333	1,000	1,000

	Ağırlık				
	0,517	0,085			
	2,141	0,351			
	2,141	0,351			
	0,725	0,119			
	0,582	0,095			
	6,106				

1,000	0,333	0,333	0,333	1,000	0,085
3,000	1,000	1,000	3,000	5,000	0,351
3,000	1,000	1,000	5,000	3,000	0,351
3,000	0,333	0,200	1,000	1,000	0,119
1,000	0,200	0,333	1,000	1,000	0,095

0,453	Nmax= 5,260	RI 1,120	olduğundan tutarlıdır.
1,788	n 5,000	CR 0,058 ≤ 0,1	
1,835	CI 0,065		
0,486			

Ek.B Tablo.8 2.Uzman Ekonomik Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

EKONOMİK ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	DEĞİŞKEN MALİYETLER			DEVLET DESTEKLERİ VE ALIM GARANTİSİ			YATIRIM MALİYETİ		
		1			2			3		
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
DEĞİŞKEN MALİYETLER	1	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000
DEVLET DESTEKLERİ VE ALIM GARANTİSİ	2	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500
YATIRIM MALİYETİ	3	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
DEĞİŞKEN MALİYETLER	1,000	0,143	1,000
DEVLET DESTEKLERİ VE ALIM GARANTİSİ	7,000	1,000	3,000
YATIRIM MALİYETİ	1,000	0,330	1,000

Ağırlık	Değerler			Ağırlık	Değerler			=	Değerler		
	0,523	0,132			0,132	0,694			0,174	0,405	

3,076	Nmax= 3,076	RI 0,580	
3,078	n 3,000	CR 0,065 ≤ 0,1	olduğundan tutarlıdır.
3,074	CI 0,038		

Ek.B Tablo.9 2.Uzman Müşteri Hizmetleri Bölümünün Tutarlılık Analizi

MÜŞTERİ HİZMETLERİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	SERVİS DESTEĞİ VE HIZI			GÜVENİLİRLİK			GARANTİ SÜRESİ			KULLANIM ÖMRÜ			REFERANSLAR			YEDEK PARÇA			MARKA FİNANSAL GÜCÜ			
		1			2			3			4			5			6			7			
SERVİS DESTEĞİ VE HIZI	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	
GÜVENİLİRLİK	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,500	2,000	2,500
GARANTİ SÜRESİ	3	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,000	0,660	1,000	1,000	1,500
KULLANIM ÖMRÜ	4	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	
REFERANSLAR	5	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,000	1,500
YEDEK PARÇA	6	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
MARKA FİNANSAL GÜCÜ	7	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

Ağırlık	Değerler			Ağırlık	Değerler			=	Değerler		
	0,855	0,097			0,097	0,363			0,102	0,669	

TUTARLILIK ANALİZİ	SD	G	GS	KÖ	R	YP	MFĞ
SERVİS DESTEĞİ VE HIZI	1,000	0,333	1,000	0,333	1,000	3,000	1,000
GÜVENİLİRLİK	3,000	1,000	5,000	3,000	3,000	3,000	5,000
GARANTİ SÜRESİ	1,000	0,200	1,000	0,200	0,333	1,000	0,333
KULLANIM ÖMRÜ	3,000	0,330	5,000	1,000	3,000	3,000	5,000
REFERANSLAR	1,000	0,333	3,000	0,330	1,000	3,000	3,000
YEDEK PARÇA	0,333	0,333	1,000	0,330	0,330	1,000	1,000
MARKA FİNANSAL GÜCÜ	1,000	0,200	3,000	0,200	0,330	1,000	1,000

6,563	Nmax= 7,695	RI = 1,320	
6,828	n = 7,000	CR = 0,088 ≤ 0,1	olduğundan tutarlıdır.
12,187	CI = 0,116		

Ek.B Tablo.10 2.Uzman Sosyal Çevre Etkileri Bölümü Tutarlılık Analizi

SOSYAL VE ÇEVRESEL ETKİLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	GÜRÜLTÜ			GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI			CANILARA ETKİ			ELEKTROMANYETİK ETKİ			YARATILAN İSTİHDAM		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GÜRÜLTÜ	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,222	0,250	0,286	0,286	0,333	0,400	1,000	1,000	1,000
GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
CANILARA ETKİ	3	3,500	4,000	4,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500
ELEKTROMANYETİK ETKİ	4	2,500	3,000	3,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500
YARATILAN İSTİHDAM	5	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	4	5	6
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	G	GTP	CE	EE	Yİ
GÜRÜLTÜ	1,000	1,000	0,111	0,143	1,000
GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI	1,000	1,000	0,333	0,333	3,000
CANILARA ETKİ	9,000	3,000	1,000	3,000	5,000
ELEKTROMANYETİK ETKİ	7,000	3,000	0,333	1,000	5,000
YARATILAN İSTİHDAM	1,000	0,333	0,200	0,200	1,000

Ağırlık
0,437
0,062
0,803
0,114
3,323
0,473
2,036
0,290
0,422
0,060
7,020

1,000	1,000	0,111	0,143	1,000	0,062	0,331
1,000	1,000	0,333	0,333	3,000	0,114	0,611
9,000	3,000	1,000	3,000	5,000	0,473	2,547
7,000	3,000	0,333	1,000	5,000	0,290	1,527
1,000	0,333	0,200	0,200	1,000	0,060	0,313

5,316
5,345
5,380
5,263
5,212

Nmax= 5,303  
n 5,000  
CI 0,076

RI 1,120  
CR 0,068 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.B Tablo.11 3.Uzman Genel Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

GENEL ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	1			2			3			4		
		TEKNİK ÖZELLİKLER	EKONOMİK ÖZELLİKLER	SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	MÜŞTERİ HİZMETLERİ								
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ													
TEKNİK ÖZELLİKLER	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	
EKONOMİK ÖZELLİKLER	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	
SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	3	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	1,000	1,000	1,000	

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,285	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	TÖ	EÖ	SÇÖ	MH
TEKNİK ÖZELLİKLER	1,000	3,000	3,000	1,000
EKONOMİK ÖZELLİKLER	0,333	1,000	3,000	1,000
SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	0,333	0,333	1,000	0,200
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	1,000	1,000	5,000	1,000

Ağırlık								
1,732	0,375	1,000	3,000	3,000	1,000	0,375	1,601	
1,000	0,217	0,333	1,000	3,000	1,000	0,217	0,917	
0,386	0,084	0,333	0,333	1,000	0,200	0,084	0,346	
1,495	0,324	1,000	1,000	5,000	1,000	0,324	1,335	

4,264
4,231
4,133
4,118

Nmax= 4,187  
n 4,000  
CI 0,062

RI 0,900  
CR 0,069 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.B Tablo.12 3.Uzman Teknik Özellikler Bölümünün Tutarlılık Analizi

TEKNİK ÖZELLİKLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	1			2			3			4			5		
		NOMİNAL GÜÇ	SÜPÜRME ALANI	KULE YÜKSEKLİĞİ	DEVREYE GİRME HIZI	DEVREDEN ÇIKMA HIZI										
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ																
NOMİNAL GÜÇ	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660	1,500	2,000	2,500
SÜPÜRME ALANI	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400	0,660	1,000	1,500
KULE YÜKSEKLİĞİ	3	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400	1,500	2,000	2,500
DEVREYE GİRME HIZI	4	1,500	2,000	2,500	2,500	3,000	3,500	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
DEVREDEN ÇIKMA HIZI	5	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	0,400	0,500	0,660	0,220	0,250	0,290	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	NG	SA	KY	DGH	DÇH
NOMİNAL GÜÇ	1,000	3,000	5,000	0,200	5,000
SÜPÜRME ALANI	0,333	1,000	1,000	0,143	3,000
KULE YÜKSEKLİĞİ	0,200	1,000	1,000	0,143	5,000
DEVREYE GİRME HIZI	5,000	7,000	7,000	1,000	9,000
DEVREDEN ÇIKMA HIZI	0,200	0,333	0,200	0,111	1,000

Ağırlık										
1,719	0,215	1,000	3,000	5,000	0,200	5,000	0,215	1,178		
0,678	0,085	0,333	1,000	1,000	0,143	3,000	0,085	0,426		
0,678	0,085	0,200	1,000	1,000	0,143	5,000	0,085	0,465		
4,663	0,582	5,000	7,000	7,000	1,000	9,000	0,582	3,145		
0,272	0,034	0,200	0,333	0,200	0,111	1,000	0,034	0,187		
8,009										

5,487
5,032
5,495
5,402
5,502

Nmax= 5,384  
n = 5,000  
CI = 0,096

RI = 1,120  
CR = 0,086 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.



Ek.B Tablo.15 3.Uzman Sosyal Çevre Etkileri Bölümü Tutarlılık Analizi

SOSYAL VE ÇEVRESEL ETKİLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	GÜRÜLTÜ			GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI			CANLILARA ETKİ			ELEKTROMANYETİK ETKİ			YARATILAN İSTİHDAM			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ																	
GÜRÜLTÜ	1	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	
GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI	2	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	
CANLILARA ETKİ	3	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500	
ELEKTROMANYETİK ETKİ	4	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	
YARATILAN İSTİHDAM	5	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	4	5	6
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	G	GTP	CE	EE	Yİ
GÜRÜLTÜ	1,000	5,000	3,000	3,000	3,000
GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI	0,200	1,000	0,333	0,333	3,000
CANLILARA ETKİ	0,333	3,000	1,000	3,000	5,000
ELEKTROMANYETİK ETKİ	0,333	3,000	0,333	1,000	3,000
YARATILAN İSTİHDAM	0,200	0,333	0,200	0,333	1,000

Ağırlık	
2,667	0,423
0,582	0,092
1,719	0,273
1,000	0,159
0,339	0,054
6,306	

1,000	5,000	3,000	3,000	3,000	0,423	2,339
0,200	1,000	0,333	0,333	3,000	0,092	0,482
0,333	3,000	1,000	3,000	5,000	0,273	1,434
0,333	3,000	0,333	1,000	3,000	0,159	0,828
0,200	0,333	0,200	0,333	1,000	0,054	0,276

5,529
5,220
5,263
5,223
5,149

Nmax= 5,277  
n 5,000  
Cl 0,069

RI 1,120  
CR 0,062 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.



Ek.C Tablo.16 Anketlerinin Birleştirilerek Faktör Ağırlıklarının Belirlenmesi

GENEL ÖZELLİKLER	T.Ö	E.Ö	S.Ç.Ö	M.H	LA	GA
TEKNİK ÖZELLİKLER	1,000	1,000	1,000	1,182	1,442	1,738
EKONOMİK ÖZELLİKLER	0,573	0,691	0,843	1,000	1,000	1,000
SOSYAL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER	0,642	0,794	1,000	0,713	0,909	1,150
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	0,529	0,630	0,754	1,000	1,000	1,000
						4,047
						1,000

TEKNİK ÖZELLİKLER	N.G	S.A	K.Y	D.G.H	D.Ç.H	LA	GA
NOMİNAL GÜÇ	1,000	1,000	1,000	1,032	1,442	1,990	0,874
SÜPÜRME ALANI	0,503	0,691	0,965	1,000	1,000	1,000	1,000
KULE YÜKSEKLİĞİ	0,562	0,794	1,141	1,000	1,000	1,000	1,000
DEVREYE GİRME HIZI	1,000	1,260	1,554	1,036	1,442	1,990	0,874
DEVREDEN ÇIKMA HIZI	0,445	0,500	0,576	0,387	0,500	0,660	0,389
							5,231
							1,000

EKONOMİK ÖZELLİKLER	D.M	D.D.A.G	Y.M	LA	GA	
DEĞİŞKEN MALİYETLER	1,000	1,000	1,000	0,323	0,379	
DEVLET DESTEKLERİ VE ALIM GARANTİSİ	2,109	2,621	3,129	1,000	1,000	
YATIRIM MALİYETİ	0,761	1,000	1,310	0,560	0,794	
						3,134
						1,000

MÜŞTERİ HİZMETLERİ	S.D	G	G.S	K.Ö	R	Y.P	M.F.G	LA	GA
SERVİS DESTEĞİ VE HIZI	1,000	1,000	1,000	0,473	0,630	0,868	1,000	1,000	1,000
GÜVENİLİRLİK	1,141	1,587	2,109	1,000	1,000	1,000	1,778	2,289	2,797
GARANTİ SÜRESİ	1,000	1,000	1,000	0,359	0,435	0,559	1,000	1,000	1,000
KULLANIM ÖMRÜ	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,778	2,289	2,797
REFERANSLAR	1,000	1,000	1,000	0,559	0,794	1,141	1,000	1,000	1,000
YEDEK PARÇA	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,145	1,260	1,357
MARKA FİNANSAL GÜCÜ	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500
									7,170
									1,000

SOSYAL VE ÇEVRESEL ETKİLER	G	G.T.P	C.E	E.E	Y.i	LA	GA
GÜRÜLTÜ	1,000	1,000	1,000	1,260	1,554	0,349	0,435
GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARLTI	0,644	0,794	0,997	1,000	1,000	0,502	0,691
CANLILARA ETKİ	1,794	2,289	2,869	1,029	1,442	1,990	1,000
ELEKTROMANYETİK ETKİ	1,182	1,442	1,738	1,029	1,442	1,990	0,502
YARATILAN İSTİHDAM	0,644	0,794	0,997	0,758	1,000	1,310	0,359
							5,207
							1,000

TEKNİK ÖZELLİKLER	NOMİNAL GÜÇ	0,076
	SÜPÜRME ALANI	0,061
	KULE YÜKSEKLİĞİ	0,065
	DEVREYE GİRME HIZI	0,085
	DEVREDEN ÇIKMA HIZI	0,034
EKONOMİK ÖZELLİKLER	DEĞİŞKEN MALİYETLER	0,054
	DEVLET DES. VE ALIM GARANTİSİ	0,109
	YATIRIM MALİYETİ	0,068
MÜŞTERİ HİZMETLERİ	SERVİS DESTEĞİ VE HIZI	0,030
	GÜVENİLİRLİK	0,044
	GARANTİ SÜRESİ	0,025
	KULLANIM ÖMRÜ	0,041
	REFERANSLAR	0,032
	YEDEK PARÇA	0,032
	MARKA FİNANSAL GÜCÜ	0,028
SOSYAL VE ÇEVRESEL ETKİLER	GÜRÜLTÜ	0,036
	GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARLTI	0,034
	CANLILARA ETKİ	0,066
	ELEKTROMANYETİK ETKİ	0,049
	YARATILAN İSTİHDAM	0,031
	1,000	

Ek.D Tablo.17 Alternatif Seçimi Nominal Güç Tutarlılık Analizi

NOMİNAL GÜÇ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	1			2			3		
		ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1			2			3		
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	1,500	2,000	2,500
ENERCON E-48	2	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77	3	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	5,000	5,000
ENERCON E-48	0,200	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77	0,200	1,000	1,000
	1,400	7,000	7,000

Ağırlık						
2,9240	0,7143	1,000	5,000	5,000	0,7143	2,1429
0,5848	0,1429	0,200	1,000	1,000	0,1429	0,4286
0,5848	0,1429	0,200	1,000	1,000	0,1429	0,4286

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
Cl = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.18 Alternatif Seçimi Süpürme Alanı Tutarlılık Analizi

SÜPÜRME ALANI	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	1			2			3		
		ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1			2			3		
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	0,220	0,250	0,290
ENERCON E-48	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,290	0,330	0,400
LEİTWİND LTD-77	3	3,500	4,000	4,500	2,500	3,000	3,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	0,143	0,111
ENERCON E-48	7,000	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77	9,000	1,000	1,000
	17,000	2,143	2,111

Ağırlık						
0,251	0,059	1,000	0,143	0,111	0,059	0,178
1,913	0,451	7,000	1,000	1,000	0,451	1,355
2,080	0,490	9,000	1,000	1,000	0,490	1,474

3,007
3,007
3,007

Nmax = 3,007  
n = 3,000  
Cl = 0,004

RI = 0,580  
CR = 0,006 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.19 Alternatif Seçimi Kule Yüksekliği Tutarlılık Analizi

KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,0000	1,0000	1,0000	0,6600	1,0000	1,5000	0,4000	0,5000	0,6600
ENERCON E-48	2	0,6600	1,0000	1,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6600	1,0000	1,5000
LEİTWİND LTD-77	3	1,5000	2,0000	2,5000	0,6600	1,0000	1,5000	1,0000	1,0000	1,0000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Az Önemli	0,6600	1,0000	1,5000	0,6600	1,0000	1,5000
Önemli	1,5000	2,0000	2,5000	0,4000	0,5000	0,6600
Çok Önemli	2,5000	3,0000	3,5000	0,2900	0,3300	0,4000
Kesin Önemli	3,5000	4,0000	4,5000	0,2200	0,2500	0,2900

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,0000	0,3333	0,2000
ENERCON E-48	3,0000	1,0000	0,3333
LEİTWİND LTD-77	5,0000	3,0000	1,0000
	9,0000	4,3333	1,5333

Ağırlık						
0,4055	0,1047	1,0000	0,3333	0,2000	0,1047	0,3182
1,0000	0,2583	3,0000	1,0000	0,3333	0,2583	0,7848
2,4662	0,6370	5,0000	3,0000	1,0000	0,6370	1,9355

3,0385	Nmax = 3,0385	RI = 0,5800	olduğundan tutarlıdır.
3,0385	n = 3,0000	CR = 0,0332 ≤ 0,1	
3,0385	CI = 0,0193		

Ek.D Tablo.20 Alternatif Seçimi Devreye Girme Hızı Tutarlılık Analizi

KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
ENERCON E-48	2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
LEİTWİND LTD-77	3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Az Önemli	0,6600	1,0000	1,5000	0,6600	1,0000	1,5000
Önemli	1,5000	2,0000	2,5000	0,4000	0,5000	0,6600
Çok Önemli	2,5000	3,0000	3,5000	0,2900	0,3300	0,4000
Kesin Önemli	3,5000	4,0000	4,5000	0,2200	0,2500	0,2900

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,0000	1,0000	1,0000
ENERCON E-48	1,0000	1,0000	1,0000
LEİTWİND LTD-77	1,0000	1,0000	1,0000
	3,0000	3,0000	3,0000

Ağırlık						
1,0000	0,3333	1,0000	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000
1,0000	0,3333	1,0000	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000
1,0000	0,3333	1,0000	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000

3,0000	Nmax = 3,0000	RI = 0,5800	olduğundan tutarlıdır.
3,0000	n = 3,0000	CR = 0,0000 ≤ 0,1	
3,0000	CI = 0,0000		

Ek.D Tablo.21 Alternatif Seçimi Devreden Çıkma Hızı Tutarlılık Analizi

DEVREDEN ÇIKMA HIZI	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50
ENERCON E-48	2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50
LEİTWİND LTD-77	3	0,40	0,50	0,66	0,40	0,50	0,66	1,00	1,00	1,00

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	1	2	3
Eşit Önemli	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Az Önemli	0,66	1,00	1,50	0,66	1,00	1,50
Önemli	1,50	2,00	2,50	0,40	0,50	0,66
Çok Önemli	2,50	3,00	3,50	0,29	0,33	0,40
Kesin Önemli	3,50	4,00	4,50	0,22	0,25	0,29

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	5,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	5,000
LEİTWİND LTD-77	0,200	0,200	1,000
	2,200	2,200	11,000

Ağırlık						
1,710	0,455	1,000	1,000	5,000	0,455	1,364
1,710	0,455	1,000	1,000	5,000	0,455	1,364
0,342	0,091	0,200	0,200	1,000	0,091	0,273

3,00
3,00
3,00

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
CI = 0,000

RI = 0,58  
CR = 0,00 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.22 Alternatif Seçimi Devlet Destekleri Tutarlılık Analizi

DEVLET DESTEKLERİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77	3	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	1	2	3
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	1,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77	1,000	1,000	1,000
	3,000	3,000	3,000

Ağırlık						
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
CI = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.23 Alternatif Seçimi Değişken Maliyetler Tutarlılık Analizi

DEĞİŞKEN MALİYETLER	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWIND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500
ENERCON E-48	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500
LEİTWIND LTD-77	3	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	3,000	5,000
ENERCON E-48	0,333	1,000	3,000
LEİTWIND LTD-77	0,200	0,333	1,000
	1,533	4,333	9,000

Ağırlık					Ağırlık	
2,466	0,637	1,000	3,000	5,000	0,637	1,935
1,000	0,258	0,333	1,000	3,000	0,258	0,785
0,405	0,105	0,200	0,333	1,000	0,105	0,318

3,039
3,039
3,039

Nmax = 3,039  
n = 3,000  
Ci = 0,019

Ri = 0,580  
CR = 0,033 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.24 Alternatif Seçimi Yatırım Maliyeti Tutarlılık Analizi

YATIRIM MALİYETİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWIND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500	0,660	1,000	1,500
ENERCON E-48	2	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500
LEİTWIND LTD-77	3	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	5,000	3,000
ENERCON E-48	0,200	1,000	0,333
LEİTWIND LTD-77	0,333	3,000	1,000
	1,533	9,000	4,333

Ağırlık					Ağırlık	
2,466	0,637	1,000	5,000	3,000	0,637	1,935
0,405	0,105	0,200	1,000	0,333	0,105	0,318
1,000	0,258	0,333	3,000	1,000	0,258	0,785

3,039
3,039
3,039

Nmax = 3,039  
n = 3,000  
Ci = 0,019

Ri = 0,580  
CR = 0,033 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.25 Alternatif Seçimi Servis Desteği ve Hızı Tutarlılık Analizi

SERVİS DESTEĞİ VE HIZI	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
LEİTWİND LTD-77	3	0,220	0,250	0,290	0,220	0,250	0,290	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	9,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	9,000
LEİTWİND LTD-77	0,111	0,111	1,000
	2,111	2,111	19,000

Ağırlık						
2,080	0,474	1,000	1,000	9,000	0,474	1,421
2,080	0,474	1,000	1,000	9,000	0,474	1,421
0,231	0,053	0,111	0,111	1,000	0,053	0,158

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
Cl = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.26 Alternatif Seçimi Güvenilirlik Tutarlılık Analizi

GÜVENİLİRLİK	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500
LEİTWİND LTD-77	3	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	5,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	3,000
LEİTWİND LTD-77	0,200	0,333	1,000
	2,200	2,333	9,000

Ağırlık						
1,710	0,481	1,000	1,000	5,000	0,481	1,456
1,442	0,405	1,000	1,000	3,000	0,405	1,228
0,405	0,114	0,200	0,333	1,000	0,114	0,345

3,029
3,029
3,029

Nmax = 3,029  
n = 3,000  
Cl = 0,015

RI = 0,580  
CR = 0,025 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.27 Alternatif Seçimi Garanti Süresi Tutarlılık Analizi

GARANTİ SÜRESİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWIND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LEİTWIND LTD-77	3	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	1,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	1,000
LEİTWIND LTD-77	1,000	1,000	1,000
	3,000	3,000	3,000

Ağırlık						
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
CI = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.28 Alternatif Seçimi Kullanım Ömrü Tutarlılık Analizi

KULLANIM ÖMRÜ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWIND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LEİTWIND LTD-77	3	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	1,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	1,000
LEİTWIND LTD-77	1,000	1,000	1,000
	3,000	3,000	3,000

Ağırlık						
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000
1,000	0,333	1,000	1,000	1,000	0,333	1,000

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
CI = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.29 Alternatif Seçimi Referanslar Tutarlılık Analizi

REFERANSLAR	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	2,500	3,000	3,500
LEİTWİND LTD-77	3	0,290	0,330	0,400	0,290	0,330	0,400	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	7,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	7,000
LEİTWİND LTD-77	0,143	0,143	1,000
	2,143	2,143	15,000

Ağırlık						
1,913	0,467	1,000	1,000	7,000	0,467	1,400
1,913	0,467	1,000	1,000	7,000	0,467	1,400
0,273	0,067	0,143	0,143	1,000	0,067	0,200

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
Cl = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.30 Alternatif Seçimi Yedek Parça Tutarlılık Analizi

YEDEK PARÇA	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	2,000	2,500
LEİTWİND LTD-77	3	0,400	0,500	0,660	0,400	0,500	0,660	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	5,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	5,000
LEİTWİND LTD-77	0,200	0,200	1,000
	2,200	2,200	11,000

Ağırlık						
1,710	0,455	1,000	1,000	5,000	0,455	1,364
1,710	0,455	1,000	1,000	5,000	0,455	1,364
0,342	0,091	0,200	0,200	1,000	0,091	0,273

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
Cl = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.



Ek.D Tablo.31 Alternatif Seçimi Marka Finansal Gücü Tutarlılık Analizi

MARKA FİNANSAL GÜCÜ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
ENERCON E-48	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
LEİTWİND LTD-77	3	0,220	0,250	0,290	0,220	0,250	0,290	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	9,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	9,000
LEİTWİND LTD-77	0,111	0,111	1,000
	2,111	2,111	19,000

Ağırlık						
2,080	0,474	1,000	1,000	9,000	0,474	1,421
2,080	0,474	1,000	1,000	9,000	0,474	1,421
0,231	0,053	0,111	0,111	1,000	0,053	0,158

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
CI = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.32 Alternatif Seçimi Gürültü Bölümünün Tutarlılık Analizi

GÜRÜLTÜ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	1,500	2,000	2,500
ENERCON E-48	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500
LEİTWİND LTD-77	3	0,400	0,500	0,660	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	3,000	5,000
ENERCON E-48	0,333	1,000	3,000
LEİTWİND LTD-77	0,200	0,333	1,000
	1,533	4,333	9,000

Ağırlık						
2,466	0,637	1,000	3,000	5,000	0,637	1,935
1,000	0,258	0,333	1,000	3,000	0,258	0,785
0,405	0,105	0,200	0,333	1,000	0,105	0,318

3,039
3,039
3,039

Nmax = 3,039  
n = 3,000  
CI = 0,019

RI = 0,580  
CR = 0,033 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.33 Alternatif Seçimi Gölge Titreşimi Tutarlılık Analizi

GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWIND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	2,500	3,000	3,500
ENERCON E-48	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500
LEİTWIND LTD-77	3	0,290	0,330	0,400	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	1	2	3
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	3,000	7,000
ENERCON E-48	0,333	1,000	3,000
LEİTWIND LTD-77	0,143	0,333	1,000
	1,476	4,333	11,000

Ağırlık					
2,759	0,669				
1,000	0,243	1,000	3,000	7,000	0,669
0,362	0,088	0,333	1,000	3,000	0,243
		0,143	0,333	1,000	0,088
					2,013
					0,730
					0,264

3,007
3,007
3,007

Nmax = 3,007  
n = 3,000  
Cl = 0,004

RI = 0,580  
CR = 0,006 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.34 Alternatif Seçimi Canlılara Etki Tutarlılık Analizi

CANLILARA ETKİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWIND LTD-77		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ										
ENERCON E-44	1	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500	3,500	4,000	4,500
ENERCON E-48	2	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,660	1,000	1,500
LEİTWIND LTD-77	3	0,220	0,250	0,290	0,660	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000

	Sayı			Eşleniği		
	1	2	3	1	2	3
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLILIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	3,000	9,000
ENERCON E-48	0,333	1,000	3,000
LEİTWIND LTD-77	0,111	0,333	1,000
	1,444	4,333	13,000

Ağırlık					
3,000	0,692				
1,000	0,231	1,000	3,000	9,000	0,692
0,333	0,077	0,333	1,000	3,000	0,231
		0,111	0,333	1,000	0,077
					2,077
					0,692
					0,231

3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.35 Alternatif Seçimi Elektromanyetik Etki Tutarlılık Analizi

ELEKTROMANYETİK ETKİ	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	1,000	1,000	1,000	0,400	0,500	0,660	0,400	0,500	0,660
ENERCON E-44		2	1,500	2,000	2,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ENERCON E-48		3	1,500	2,000	2,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77											

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	0,200	0,200
ENERCON E-48	5,000	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77	5,000	1,000	1,000
	11,000	2,200	2,200

Ağırlık						
0,342	0,091	1,000	0,200	0,200	0,091	0,273
1,710	0,455	5,000	1,000	1,000	0,455	1,364
1,710	0,455	5,000	1,000	1,000	0,455	1,364

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
Cl = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.D Tablo.36 Alternatif Seçimi Yaratılan İstihdam Tutarlılık Analizi

YARATILAN İSTİHDAM	KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ	ENERCON E-44			ENERCON E-48			LEİTWİND LTD-77			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ		1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
ENERCON E-44		2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,500	4,000	4,500
ENERCON E-48		3	0,220	0,250	0,290	0,220	0,250	0,290	1,000	1,000	1,000
LEİTWİND LTD-77											

	Sayı			Eşleniği		
Eşit Önemli	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Az Önemli	0,660	1,000	1,500	0,660	1,000	1,500
Önemli	1,500	2,000	2,500	0,400	0,500	0,660
Çok Önemli	2,500	3,000	3,500	0,290	0,330	0,400
Kesin Önemli	3,500	4,000	4,500	0,220	0,250	0,290

TUTARLIK ANALİZİ	DM	DD	YM
ENERCON E-44	1,000	1,000	9,000
ENERCON E-48	1,000	1,000	9,000
LEİTWİND LTD-77	0,111	0,111	1,000
	2,111	2,111	19,000

Ağırlık						
2,080	0,474	1,000	1,000	9,000	0,474	1,421
2,080	0,474	1,000	1,000	9,000	0,474	1,421
0,231	0,053	0,111	0,111	1,000	0,053	0,158

3,000
3,000
3,000

Nmax = 3,000  
n = 3,000  
Cl = 0,000

RI = 0,580  
CR = 0,000 ≤ 0,1

olduğundan tutarlıdır.

Ek.E Tablo.37 Alternatif Seçimi Karar Verme İşlemi

<b>NOMİNAL GÜÇ</b>				
ENERCON E-44	900,0000	0,3600	0,0756	0,0272
ENERCON E-48	800,0000	0,3200	0,0756	0,0242
LEİTWİND LTD-77	800,0000	0,3200	0,0756	0,0242
	2500,0000	1,0000		
<b>SÜPÜRME ALANI</b>				
ENERCON E-44	1521,0000	0,1904	0,0608	0,0116
ENERCON E-48	1810,0000	0,2266	0,0608	0,0138
LEİTWİND LTD-77	4657,0000	0,5830	0,0608	0,0355
	7988,0000	1,0000		
<b>KULE YÜKSEKLİĞİ</b>				
ENERCON E-44	60,0000	0,3333	0,0654	0,0218
ENERCON E-48	55,0000	0,3056	0,0654	0,0200
LEİTWİND LTD-77	65,0000	0,3611	0,0654	0,0236
	180,0000	1,0000		
<b>DEVREYE GİRME HIZI</b>				
ENERCON E-44	3,0000	0,3333	0,0852	0,0284
ENERCON E-48	3,0000	0,3333	0,0852	0,0284
LEİTWİND LTD-77	3,0000	0,3333	0,0852	0,0284
	9,0000	1,0000		
<b>DEVREDEN ÇIKMA HIZI</b>				
ENERCON E-44	28,0000	0,3457	0,0338	0,0117
ENERCON E-48	28,0000	0,3457	0,0338	0,0117
LEİTWİND LTD-77	25,0000	0,3086	0,0338	0,0104
	81,0000	1,0000		
<b>DEĞİŞKEN MALİYETLER</b>				
ENERCON E-44	0,033333	0,2941	0,0338	0,0099
ENERCON E-48	0,040000	0,3529	0,0338	0,0119
LEİTWİND LTD-77	0,040000	0,3529	0,0338	0,0119
	0,1133	1,0000		
<b>DEVLET DESTEKLERİ</b>				
ENERCON E-44	7,3000	0,3333	0,1089	0,0363
ENERCON E-48	7,3000	0,3333	0,1089	0,0363
LEİTWİND LTD-77	7,3000	0,3333	0,1089	0,0363
	21,9000	1,0000		
<b>YATIRIM MALİYETİ</b>				
ENERCON E-44	0,1111	0,3077	0,0683	0,0210
ENERCON E-48	0,1250	0,3462	0,0683	0,0236
LEİTWİND LTD-77	0,1250	0,3462	0,0683	0,0236
	0,3611	1,0000		

<b>SERVİS DESTEKLERİ VE HIZI</b>				
ENERCON E-44	1,5846	0,0006	0,0304	0,0000
ENERCON E-48	1,5846	0,0006	0,0304	0,0000
LEİTWİND LTD-77	0,3987	0,0002	0,0304	0,0000
	3,5679	0,0014		
<b>GÜVENİLİRLİK</b>				
ENERCON E-44	1,2509	0,4105	0,0441	0,0181
ENERCON E-48	0,9989	0,3278	0,0441	0,0145
LEİTWİND LTD-77	0,7976	0,2617	0,0441	0,0115
	3,0474	1,0000		
<b>GARANTİ SÜRESİ</b>				
ENERCON E-44	1,0000	0,3333	0,0249	0,0083
ENERCON E-48	1,0000	0,3333	0,0249	0,0083
LEİTWİND LTD-77	1,0000	0,3333	0,0249	0,0083
	3,0000	1,0000		
<b>KULLANIM ÖMRÜ</b>				
ENERCON E-44	1,0000	0,3333	0,0414	0,0138
ENERCON E-48	1,0000	0,3333	0,0414	0,0138
LEİTWİND LTD-77	1,0000	0,3333	0,0414	0,0138
	3,0000	1,0000		
<b>REFERANSLAR</b>				
ENERCON E-44	1,4377	0,4279	0,0320	0,0137
ENERCON E-48	1,4377	0,4279	0,0320	0,0137
LEİTWİND LTD-77	0,4843	0,1441	0,0320	0,0046
	3,3598	1,0000		
<b>YEDEK PARÇA</b>				
ENERCON E-44	1,2509	0,3984	0,0324	0,0129
ENERCON E-48	1,2509	0,3984	0,0324	0,0129
LEİTWİND LTD-77	0,6376	0,2031	0,0324	0,0066
	3,1395	1,0000		
<b>MARKA FİNANSAL GÜCÜ</b>				
ENERCON E-44	1,5846	0,4441	0,0276	0,0123
ENERCON E-48	1,5846	0,4441	0,0276	0,0123
LEİTWİND LTD-77	0,3987	0,1117	0,0276	0,0031
	3,5679	1,0000		
<b>GÜRÜLTÜ</b>				
ENERCON E-44	0,7976	0,2617	0,0276	0,0072
ENERCON E-48	0,9989	0,3278	0,0276	0,0090
LEİTWİND LTD-77	1,2509	0,4105	0,0276	0,0113
	3,0474	1,0000		
<b>GÖLGE TİTREŞİMİ VE PARILTI</b>				
ENERCON E-44	1,4361	0,4590	0,0342	0,0157
ENERCON E-48	0,9978	0,3189	0,0342	0,0109
LEİTWİND LTD-77	0,6951	0,2222	0,0342	0,0076
	3,1290	1,0000		
<b>CANLILARA ETKİ</b>				
ENERCON E-44	1,5829	0,4929	0,0663	0,0327
ENERCON E-48	0,9978	0,3107	0,0663	0,0206
LEİTWİND LTD-77	0,6307	0,1964	0,0663	0,0130
	3,2113	1,0000		
<b>ELEKTROMANYETİK ETKİ</b>				
ENERCON E-44	1,4361	0,4590	0,0486	0,0223
ENERCON E-48	0,9978	0,3189	0,0486	0,0155
LEİTWİND LTD-77	0,6951	0,2222	0,0486	0,0108
	3,1290	1,0000		
<b>YARATILAN İSTİHDAM</b>				
ENERCON E-44	1,5846	0,4441	0,0307	0,0136
ENERCON E-48	1,5846	0,4441	0,0307	0,0136
LEİTWİND LTD-77	0,3987	0,1117	0,0307	0,0034
	3,5679	1,0000		

Ek.A Tablo.38 Sonuç Tablosu

ENERCON E-44	0,3386
ENERCON E-48	0,3150
LEITWIND LTD-77	0,2881