

**ORTA VE BATI KARADENİZ BÖLGESİ RÜZGÂR
ENERJİSİ TAHMİN ÇALIŞMASI**

Ömer DOĞANCI¹ Mustafa ERTÜRK² Abuzer ÖZSUNAR³ Erol ARCAKLIOĞLU⁴

¹ EGO Genel Müdürlüğü, Araç Bakım Onarım Dairesi Başkanlığı, Ankara, TÜRKİYE

² Balıkesir Üniversitesi, MYO, İklimlendirme ve Soğ. Tekn. Prog., Balıkesir, TÜRKİYE

³ Gazi Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

⁴ Karabük Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Karabük, TÜRKİYE

omerdoganci@gmail.com

Özet- Sürdürülebilir kalkınmanın en temel faktörlerinden biri enerji üretimi ve bu enerjinin mümkün olduğu sürece yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasıdır. Ülkemizde tüketilen enerjinin yaklaşık dörtte üçü fosil yakıtlardan ve ithal kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu durum sürdürülebilirliğin önündeki en büyük engellerden biridir, ayrıca enerjideki dışa bağımlılığımızı artırması nedeniyle ekonomik ve stratejik olarak ülkemizi olumsuz yönde etkilemektedir.

Yenilenebilir enerji potansiyellerinin tam olarak belirlenmemesi, coğrafik, iklimsel ve zamansal yoğunluk ile sürekliliğinin gerçekçi tahminlerle ortaya konulmaması, yapılacak yatırımların kısa sürede atıl pozisyona düşmesine neden olacaktır.

Bu çalışmada Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen geçmişe dönük 7 yıllık basınç, nem, rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış verilerini kapsayan meteorolojik veri seti kullanılmıştır. Bu veri setiyle Orta ve Batı Karadeniz bölümlerinde bulunan il ve ilçelerden örneklemeler yapılarak rüzgâr enerjisi tahmin çalışması yapılmıştır. Çalışmada, rüzgâr enerjisi tahminlerinin yapılabilmesi amacıyla temin edilen verilerin girdi oluşturduğu yapay sinir ağları metodu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler- Yenilenebilir enerji, Rüzgâr enerjisi, Yapay sinir ağları, Orta ve Batı Karadeniz.

**A STUDY OF THE ESTIMATION OF THE WIND ENERGY
IN THE CENTRAL-WESTERN BLACK SEA REGION**

Abstract- One of the main factors of sustainable development is to produce energy and to supply that from renewable sources whenever possible. In our country, nearly three-quarters of the consumed energy is provided by fossil fuels and imported sources. That's one of the biggest obstacles on sustainability. It also effects our country negatively economically and strategically due to increasing external dependency on energy.

Miscalculation of the renewable energy potential and failure demonstration on realistic estimation for geographical, climatic and temporal intensity and continuity will cause to fall idle position of the investments in a short time.

In this study, meteorological data set containing of the last 7 years of pressure, humidity, wind speed, temperature and rains data supplied by Turkish State Meteorological Service Department are used. Wind power estimation is studied for sample cities and towns located in the Central-Western Black Sea region using data set. In the study, the method of artificial neural networks that generates input data obtained in order to estimations of wind energy has been utilized.

Key Words- Renewable energy, Wind energy, Artificial neural networks, Middle and West Black Sea.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yenilenebilir enerji, evrenin olağan döngüsü içinde ortaya çıkan, zaman içerisinde tükenmeyen ve kendini sürekli tekrarlayan enerji kaynağı olarak tanımlanabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının petrol, doğalgaz, kömür ve benzeri fosil yakıtlar gibi tükenme riski yoktur. Fosil yakıtların enerji dönüşümlerinde atmosfere yaymış oldukları zararlı emisyonlar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilir enerji formlarına dönüşümlerinde ortaya çıkmamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tükenen enerji kaynaklarına göre en üstün yönlerinin başında tükenmez olmaları ve doğa dostu olmaları gelmektedir. Her ne kadar yenilenebilir enerjiler kendi başlarına ekolojik denge açısından zararsız olsalar da, kullanılabilir enerji formlarına dönüşümlerinde tesis edilecek santrallerin çevre etkileri (hidrolik santraller için yapılacak barajların çevresel etkisi, rüzgâr santrallerinin kuşlara etkisi ve gürültü faktörleri gibi) etüt edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Yenilenebilir enerjilerin bir diğer dezavantajı, enerjinin kaynağı dışında dönüşümüne pek olanak sağlamaması ve doğada dağınık halde bulunmasıdır.

Başlıca yenilebilir enerji kaynakları; rüzgâr, güneş, hidrolik, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git enerjisidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi, sıcaklıkları farklı olan hava kütlelerinin yer değiştirmesiyle oluşmaktadır. Güneşten yeryüzüne ulaşan enerjinin %1-2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Rüzgâr türbinleri, yenilenebilir nitelikte olan hava akımını elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Rüzgâr türbinlerinin çalışması çevreye zararlı gaz emisyonuna neden olmadığından enerji geleceğimize ve iklim değişikliğini önlemede büyük bir role sahiptir. Rüzgâr enerjisi, geleneksel güç santrallerinin aksine, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı azaltan yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynaktır [1].

Bu çalışma ile belirlenen bazı bölgeler için bilinen geçmiş dönem basınç, nem, rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış verileri ile rüzgâr enerjisi tahmini yapılmıştır. Çalışmada, rüzgâr enerjisi tahminlerinin yapılabilmesi amacıyla temin edilen verilerin girdi oluşturduğu yapay sinir ağı metodu kullanılmıştır.

Çalışmamıza benzer şekilde geçmiş dönemde yapılan bir çalışmada Isparta ilinin mevcut rüzgâr potansiyeli yapay zekâ yöntemiyle tahmin edilmiştir. Bunun için Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden temin edilen 1975 – 2008 yılları arasındaki aylık rüzgâr hızları kullanılmıştır. Temin edilen 408 veriden 79 adedi test için ayrılmıştır. Yapay zekâ yöntemiyle tahmin için YSA (Yapay Sinir Ağları) ve ANFIS (Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Denetim Sistemi) metotları

kullanılmıştır. YSA metodu kullanılarak yapılan tahminde Tanjant-sigmoid fonksiyonu kullanılmış ve en iyi sonucun LM12 algoritmasıyla alındığı belirlenmiştir. Bu iki metod arasında yapılan istatistiksel karşılaştırma neticesinde ANFIS metoduyla elde edilen korelasyon katsayısı değerinin YSA metoduyla elde edilen değere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple ANFIS metodunun yapay zeka yöntemiyle yapılan tahmin için daha uygun olduğu görülmüştür [2].

Rüzgâr hızı tahminine benzer olarak akarsuların akım debilerinin tahmin edildiği bir diğer çalışmada yapay sinir ağları yöntemi ile enerji potansiyelleri tespit edilmiştir. Akım değerleri ölçülmeyen veya debileri bilinmeyen küçük akarsuların enerji potansiyellerinden faydalanabilmek için; öncelikle bu akarsulara ait debi tahmin edilmesi amacıyla YSA yöntemleri kullanılmıştır. YSA ile tahmin edilen debilerin, aynı akarsu için daha önce yapılmış olan ölçümlerle karşılaştırıldığında biri birlerine çok yakın değerlerde oldukları gözlenmiştir [3].

Mersin, Silifke ve Anamur bölgelerinde rüzgâr santrali kurulumu için uygun yer seçiminin yapılması ve her bir bölge için rüzgâr potansiyellerinin tahmin edildiği yapay zekâ çalışmasında, rüzgâr enerjisi santral yeri seçimi konusundaki öncelikler belirlenmiş, alternatifler arasında en uygun yerin seçilmesinde bulanık analitik hiyerarşi yöntemi uygulanmıştır. Seçilen bölge için farklı rüzgâr türbin tasarımları için rüzgâr güç potansiyelinin tahmin edilmesinde yapay sinir ağları yöntemi uygulanmıştır. Araştırmanın, Akdeniz bölgesinde özellikle Mersin, Silifke ve Anamur bölgeleri için uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Mersin, Silifke ve Anamur bölgelerinde rüzgâr santrali kurulumu için en uygun yer seçimi yapılarak ve her bir bölge için rüzgâr güç potansiyelleri tahmin edilerek, rüzgâr güç potansiyeli en yüksek olan bölge belirlenmiştir. Elde edilen tahmin değerleri ve gerçek değerler karşılaştırılarak tahminin doğruluk gücü gösterilmiştir [4].

Rüzgâr, hidrolik debi ve güneşlenme verileri için kısa, orta ve uzun vadeli tahminler ve öngörüm modellerinin üretildiği çalışma sayesinde yenilenebilir enerji santrallerinde enerji üretiminin kontrolü ve planlaması günlük, aylık ve yıllık olarak büyük bir hassasiyetle yapılabilecektir [5].

Marmara ve Kuzey Ege kıyılarındaki bazı sahil bölgelerini temsil eden meteoroloji istasyonlarının rüzgâr ölçüm verileri kullanılarak gerçekleştirilen çeşitli istatistiksel çalışmalarla ve yapay sinir ağları metodu kullanılarak yapılan rüzgâr trendi ile ilgili yapılan tahminlerle yeni yaklaşımların getirildiği çalışmada, detaylı istatistiksel kalıplar oluşturulmuştur. YSA çalışmaları süresince oluşturulan modeller arasında daha başarılı olduğu görülen 2. nesil model, Marmara ve Kuzey Ege Kıyısında bulunan bazı bölgelerdeki istasyonlardan elde edilen ölçüm verileriyle sınanmış ve yeterli uyumun yakalandığı görülmüştür [6].

Türkiye'nin güney ve güneybatı bölgesindeki rüzgâr gücü potansiyeli ile ilgili çalışmada, Weibull ve Rayleigh olasılık yoğunluğu fonksiyonları ve "Wind Atlas Analysis and Application" Programı (WAsP) kullanılarak hesaplamalar yapılmış, ayrıca bir hedef istasyonun rüzgâr hızı, etrafını çevreleyen referans istasyonların rüzgâr hızlarından ve diğer meteorolojik parametrelerinden faydalanılarak yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmiştir. YSA, Türkiye'nin herhangi bir özel noktasındaki ortalama sıcaklık ve yağmur parametrelerini, etrafını çevreleyen referans istasyonların değerlerinden faydalanarak tahmin etmek için uygulanmıştır. Bir saat aralıklarla alınan rüzgâr hızı dataları, Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Akhisar, Belen, Datça, Gelendost, Söke, Gökçeada, Foça, Gelibolu ve Bababurnu gibi 9 ayrı rüzgâr ölçüm istasyonlarından elde edilmiştir. Referans istasyonlar olarak kabul edilen istasyonların rüzgâr hızı dataları ve diğer meteorolojik parametreler oluşturulan yapay sinir ağının giriş katmanında kullanılırken, hedef istasyon olarak kabul edilen istasyonun rüzgâr hızı değeri yapay sinir ağının çıkış katmanında kullanılmıştır. MATLAB programında, farklı yapay sinir ağı

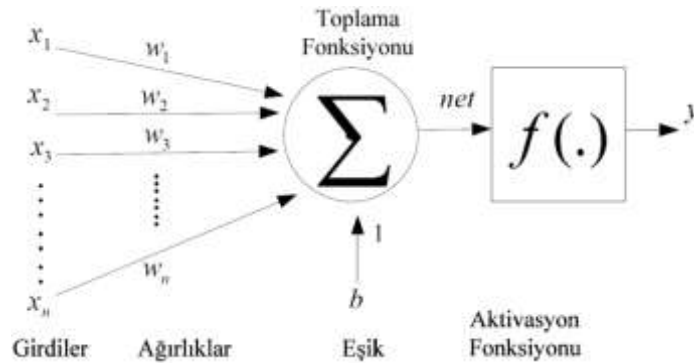
öğrenme algoritmaları kullanılarak bir tahmin modeli oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar ile gerçek değerler karşılaştırılmıştır. Bulunan hata değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür [7].

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin yapay sinir ağları yardımıyla tahminine yönelik bir çalışmada, 4 yıllık meteorolojik veri seti kullanılarak 12 şehir için öngörü çalışması yapılmıştır. Çalışmada Scaled conjugate gradient (SCG), Pola-Ribiere conjugate gradient (CGP) ve Levenberg–Marquardt (LM) öğrenme algoritmaları ile logistic sigmoid transfer fonksiyonu kullanılarak ağı yapısı oluşturulmuştur. Rakım, enlem, boylam, ay bilgileri, ortalama güneşlenme süresi ve ortalama sıcaklık değerlerinin girdi oluşturduğu ağda güneşlenme radyasyon değerleri çıktı olarak hesaplanmıştır. Elde edilen tahmin değerlerinin güneş enerjisi potansiyelini hesaplamada yüksek doğruluk gösterdiği görülmüştür [8].

Ayrıca, farklı Kalkınma Ajansları tarafından hazırlanan bölgesel yenilenebilir enerji raporlarında yenilenebilir enerji kaynakları konusunda bölgelerin güncel durumunu tespit etmek amacıyla ülkemizde ve dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik değerlendirmeler ve potansiyel incelemelerinin yanı sıra, yatırım koşulları, maliyet analizleri, bu konuda uygulanan politikalar ve teşvik mekanizmalarına yer verilerek yenilenebilir enerji yatırımcılarına rehberlik etmek hedeflenmiştir. Raporlarda, Türkiye yenilenebilir enerji sektörü; hidroelektrik, rüzgâr, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklara ilişkin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerjinin mevcut durumu detaylı bir şekilde analiz edilmiştir [9-13].

2. YAPAY SİNİR AĞLARI (ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS)

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenilerek ortaya çıkarılan ve biyolojik sinir ağlarına benzer bazı performans özellikleri içeren bir bilgi işleme sistemidir. Basit bir şekilde insan beyninin çalışma şeklini taklit eden YSA'lar veriden öğrenebilme, genelleme yapabilme, sınırsız sayıda değişkenle çalışabilme vb. birçok önemli özelliğe sahiptir. YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük birimler yapay sinir hücresi ya da işlem elemanı olarak isimlendirilir. En basit yapay sinir hücresi aşağıdaki Şekil 1'de görüleceği üzere girdiler, ağırlıklar, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış olmak üzere 5 ana bileşenden oluşmaktadır [14].



Şekil 1. Yapay Sinir Hücresi (Artificial neural cells), [14]

Girdiler: Yapay sinir ağlarına dış dünyadan veya diğer bir hücreden gelen bilgilerdir.

Ağırlıklar: Hücreler arasındaki bağlantıların sayısal değerini ifade etmektedir. Bir hücreye gelen bilginin değerini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir.

Toplama Fonksiyonu: Hücreye gelen girdileri ağırlıklarla çarpıp toplayarak o hücrenin net girdisinin hesaplanmasını sağlar.

Aktivasyon Fonksiyonu: Hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktının belirlenmesini sağlar.

Çıktılar: Aktivasyon fonksiyonları tarafından belirlenen çıktı değerleridir. Üretilen çıktıya dış dünyaya, başka bir hücreye ya da kendisine girdi olarak gönderilebilir [15].

3. KAPSAM VE YÖNTEM (SCOPE AND METHOD)

Bu çalışmanın temel alanını, Orta ve Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan Bafra, İnebolu, Zonguldak ve Karabük'e ait rüzgâr bazlı yenilenebilir enerji potansiyelleri için tahminler oluşturmaktadır. Bilindiği üzere rüzgâr, yeryüzündeki basınç farkından dolayı meydana gelen hava hareketidir. Sıcak havanın yoğunluğunun düşük olmasından dolayı yukarı yönlü hareketi ile soğuk hava kütlelerinin aşağı yönlü hareketi bu basınç farkını oluşturmaktadır. Sıcaklığı dolaylı olarak etkileyen nem, yağış ve mevsimsel dönemlerinde göz önüne alınmasıyla gerçeğe yakın rüzgâr hızı tahmini amaçlanmıştır.

Bu kapsamda Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden son 30 yıllık dönemi kapsayacak şekilde temin edilen veriler içerisinde 2007 ve 2014 yılları arasındaki 7 yıllık basınç, nem, rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış verilerinin girdi oluşturduğu yapay sinir ağı modelleri ile rüzgâr hızı tahminleri yapılmıştır. Elde edilen tahmini verilerin gerçek değerlerle olan hata sapmaları hesaplanmıştır. Yapay sinir ağı çözümlemesinde MATLAB bilgisayar programı kullanılmıştır.

Rüzgâr hızı tahmininde kullanılan giriş parametreleri:

- Veri ölçüm dönemi (ay)
- Basınç
- Sıcaklık
- Nispi Nem
- Yağış

Çıkış parametresi:

- Rüzgâr hızı

Veri seti ile elde edilen ham veriler (1) denklemi yardımıyla 0,1 ile 0,9 arasında normalize edilmiştir. Burada, x değeri ölçüm noktasındaki ay, basınç, sıcaklık, nem, yağış veya rüzgâr hızını, x_{min} değeri ilgili veri sütunundaki en düşük ölçüm değerini, x_{max} değeri ise ilgili veri sütunundaki en yüksek ölçüm değerini ifade etmektedir. Örnek olarak bir kısım değerler Tablo 1'de verilmiştir.

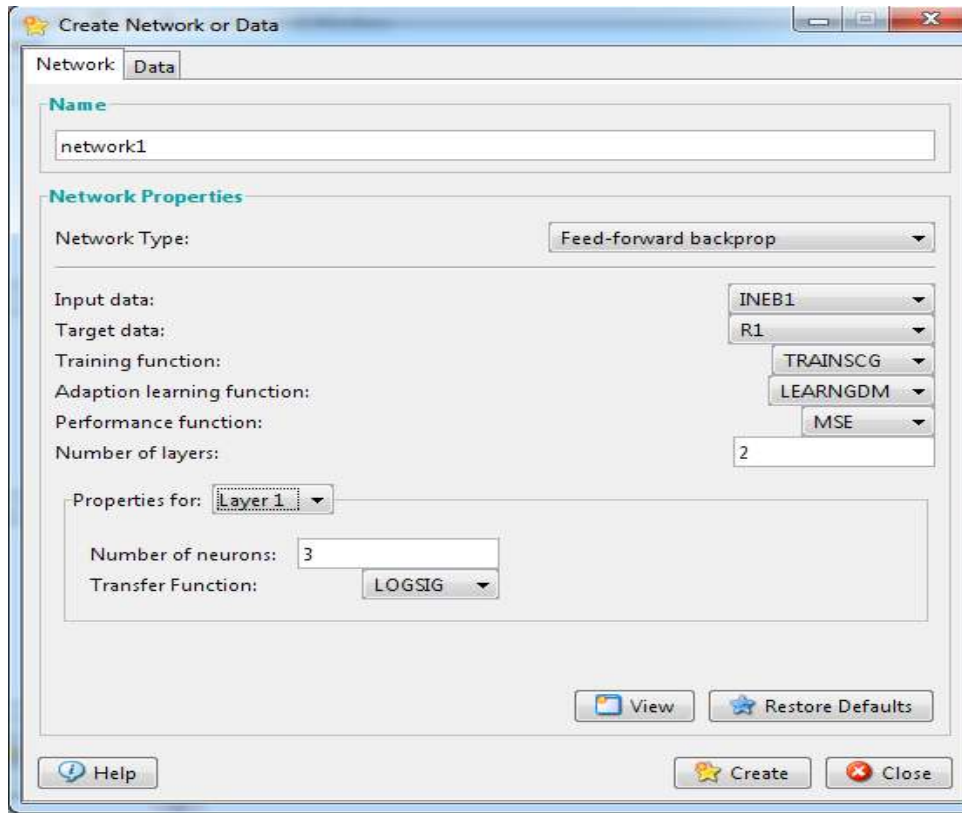
$$\text{Normalizasyon} = 0,8 * \frac{x - x_{min}}{x_{maks} - x_{min}} + 0,1 \quad (1)$$

Tablo 1. Örnek olarak Karabük ili için normalize edilmiş meteorolojik veriler (Normalized meteorological data for Karabük as an example)

Veri No	Ay	Basınç	Sıcaklık	Nispi Nem	Yağış	Rüzgâr Hızı
01	0,9000	0,7350	0,1106	0,7118	0,3191	0,3104
02	0,8273	0,7375	0,3577	0,6353	0,1958	0,2681
03	0,7545	0,5835	0,4609	0,4682	0,5209	0,4548
04	0,6818	0,4699	0,6408	0,3691	0,4125	0,7019
05	0,6091	0,2640	0,8156	0,1381	0,1454	0,7641
...
...
...
80	0,3909	0,1621	0,6694	0,4504	0,4176	0,3918

81	0,3182	0,2964	0,4011	0,4129	0,3167	0,5071
82	0,2455	0,4420	0,3499	0,5751	0,5057	0,4104
83	0,1727	0,4290	0,2395	0,6252	0,1370	0,2786
84	0,1000	0,5554	0,2050	0,8564	0,9000	0,2082

Tablo toplam 84 aylık veri girişinden meydana gelmiş olup, her bir tablo hücresi ay, basınç, sıcaklık, nem, yağış ve rüzgâr hızı parametresinin ölçüm ayındaki ortalama değerini ifade etmektedir. Burada, yapay sinir ağı modellemesinde kullanılmak üzere (1) denklemi yardımıyla normalize edilen verilerin ilk %80'lik bölümüne denk gelen 68 veri grubu ağın eğitilmesi, sonraki %20'lik bölüme denk gelen 16 veri grubu ise ağın test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Veri girişleri yapıldıktan sonra Şekil 2'de gösterilen ara ekranda olduğu gibi ağ parametreleri sisteme tanıtılmıştır.

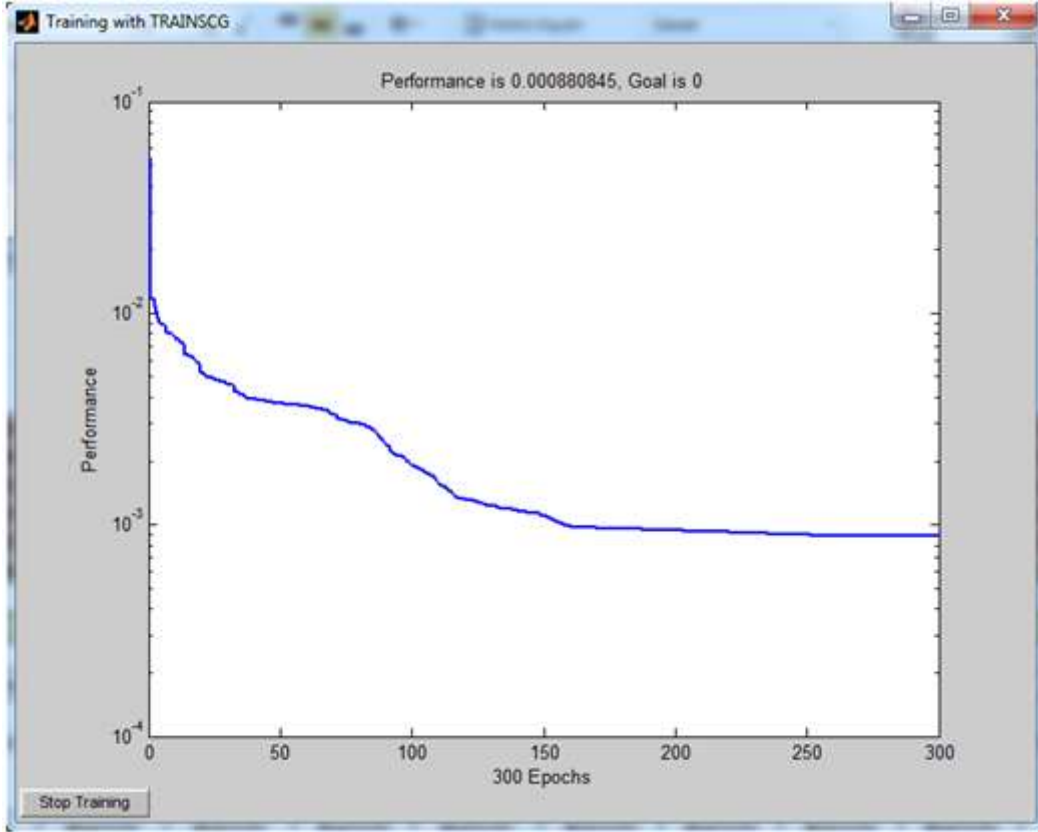


Şekil 2. ANN giriş ara yüzü (Input interface for ANN)

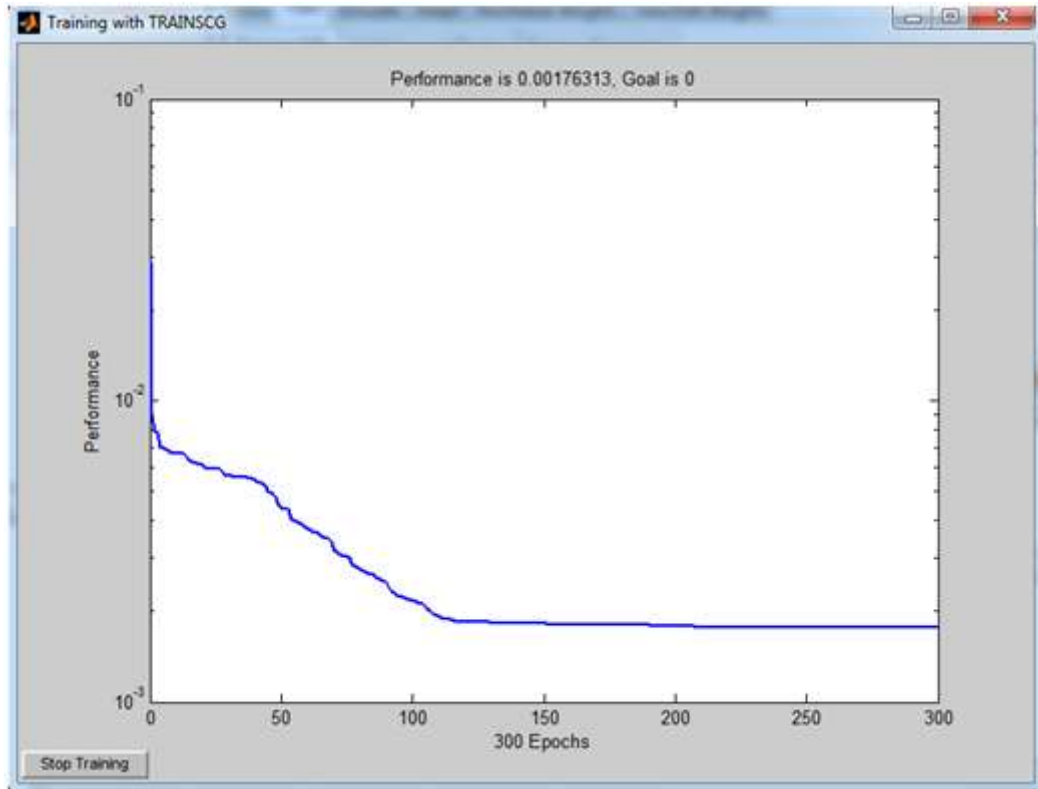
4. BULGULAR (FINDINGS)

Eğitim verilerinin yapay sinir ağı üzerinde çalıştırılması ile Bafra, İnebolu, Zonguldak ve Karabük için elde edilen performans eğrileri Şekil 3-6'da gösterilmektedir. Eğriler üzerinde gösterilen dikey eksen performans kriteri olarak (2) denklemi ile hesaplanan ortalama kare hata (MSE) değerini ifade etmekte olup yatay eksen ise yapay sinir ağı öğrenme aşama sayısı (Epoch) ifade edilmektedir. (2) denklemi üzerinde gösterilen R_t tahmin edilen rüzgâr çıktı değerini, R_g ise gerçek rüzgâr girdi değerini tanımlamaktadır.

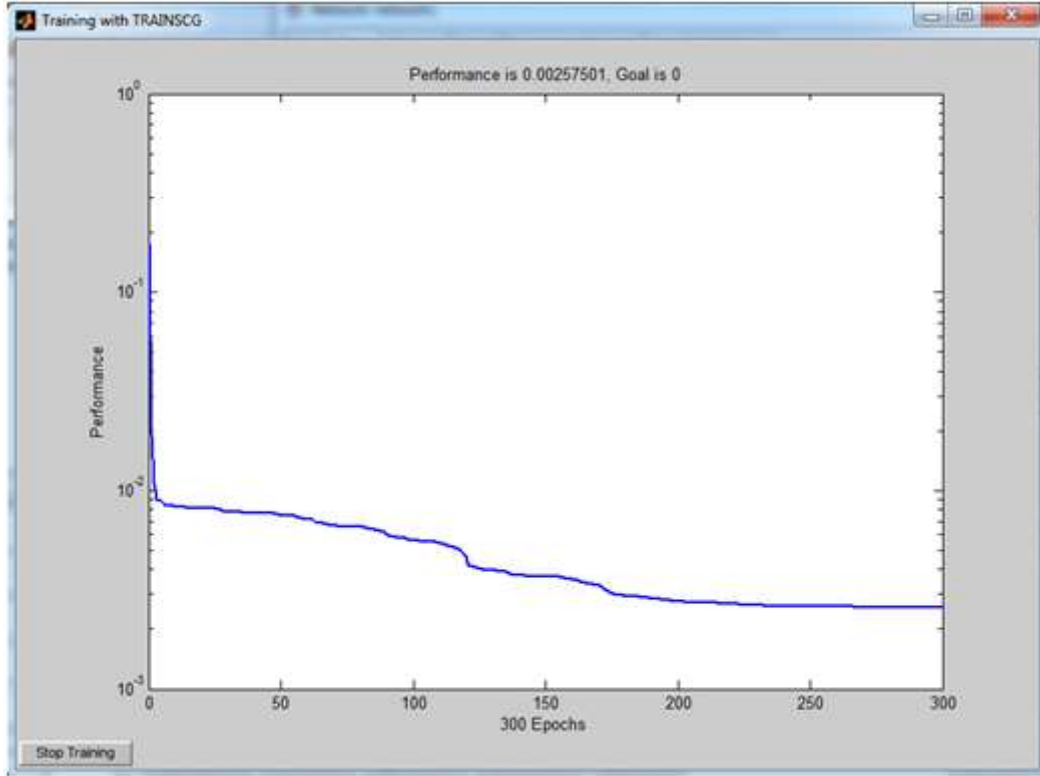
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_t - R_g)^2 \quad (2)$$



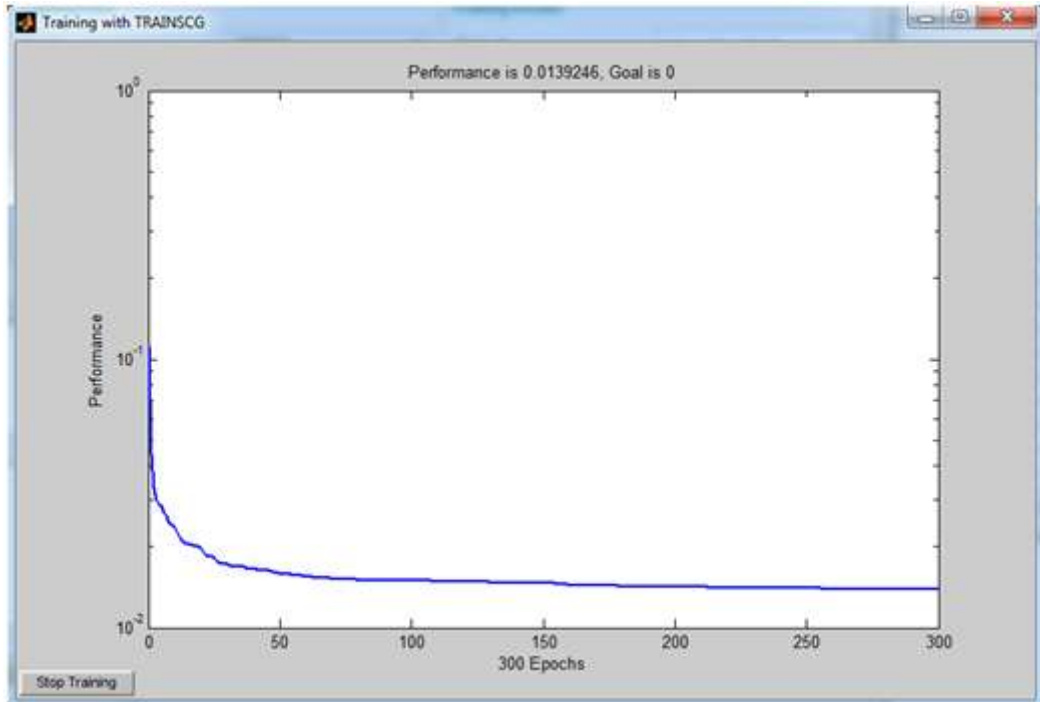
Şekil 3. Bafra için ağ performans eğrisi (The graph of network performance for Bafra)



Şekil 4. İnebolu için ağ performans eğrisi (The graph of network performance for İnebolu)



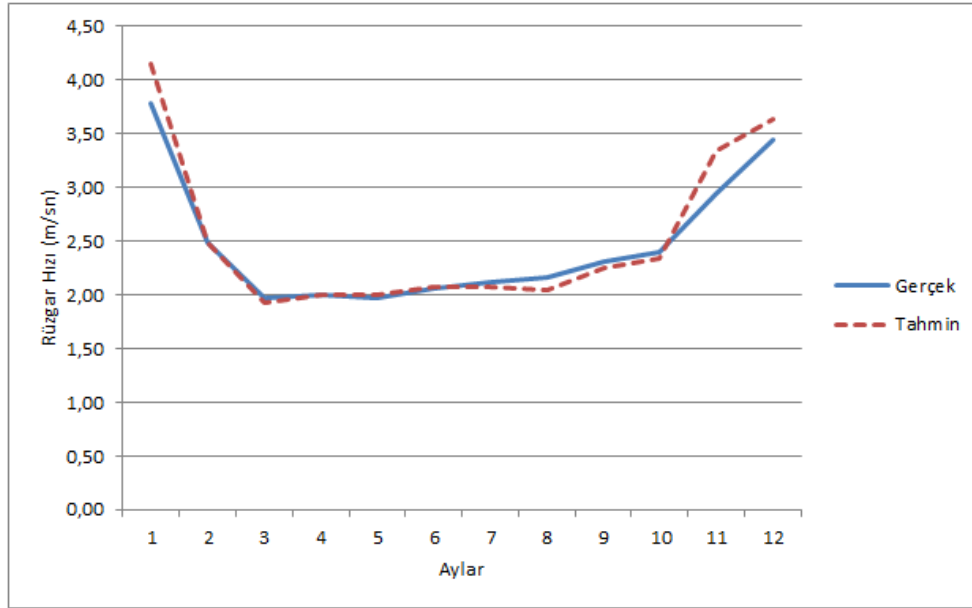
Şekil 5. Zonguldak için ağ performans eğrisi (The graph of network performance for Zonguldak)



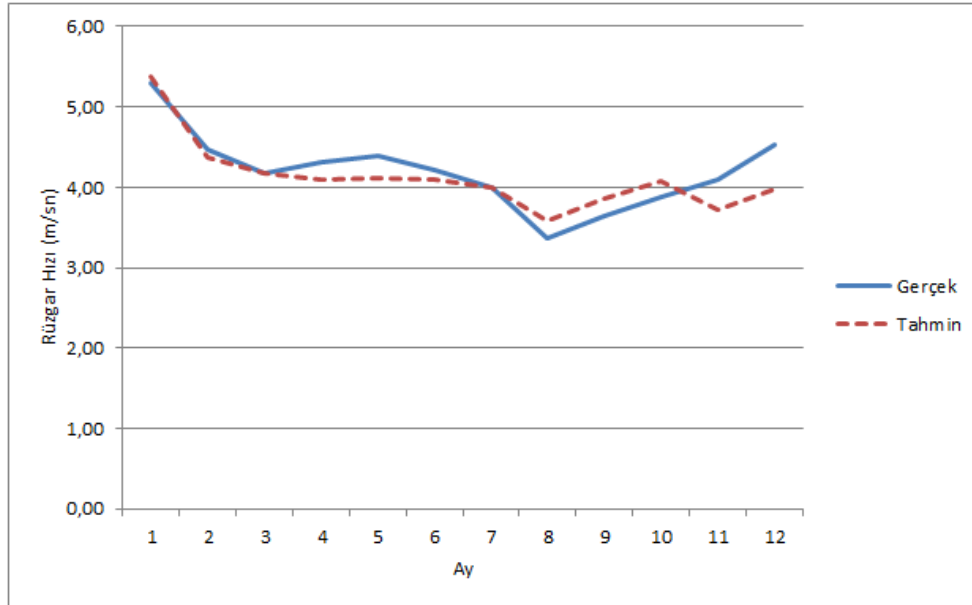
Şekil 6. Karabük için ağ performans eğrisi (The graph of network performance for Karabük)

Meteorolojik veri seti kullanılarak oluşturulan aylık ortalama rüzgâr hızları ve yapay sinir ağları algoritmasıyla elde edilen her bir istasyon için test ve eğitim datalarının göz önüne alındığı tahmin değerlerinin rüzgâr hızlarına göre değişim grafikleri Şekil 7-10'da gösterilmektedir.

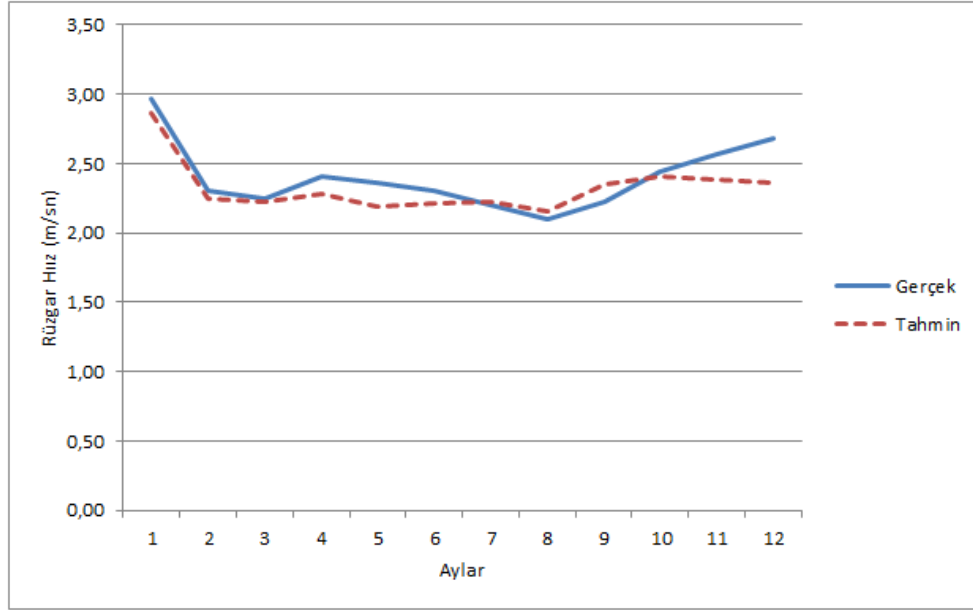
Grafiklerde yatay eksen yılın aylarını, dikey eksen ise m/sn cinsinden rüzgâr hızlarını tanımlamaktadır.



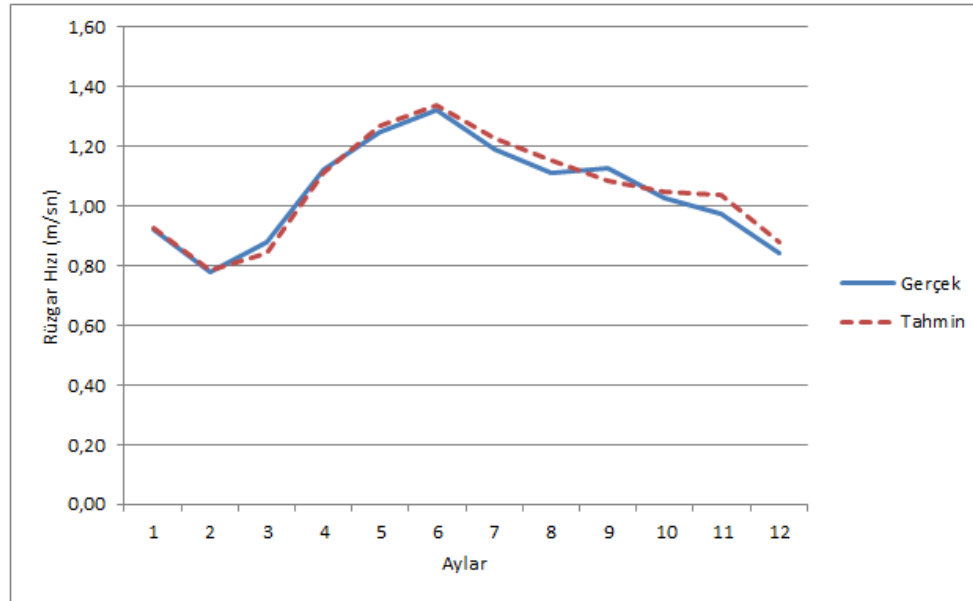
Şekil 7. Bafra için aylık ortalama gerçek ve tahmini rüzgâr hızı karşılaştırma grafiği (The comparison chart of average actual and estimated wind speeds monthly in Bafra)



Şekil 8. İnebolu için aylık ortalama gerçek ve tahmini rüzgâr hızı karşılaştırma grafiği (The comparison chart of average actual and estimated wind speeds monthly in İnebolu)



Şekil 9. Zonguldak için aylık ortalama gerçek ve tahmini rüzgâr hızı karşılaştırma grafiği (The comparison chart of average actual and estimated wind speeds monthly in Zonguldak)



Şekil 10. Karabük için aylık ortalama gerçek ve tahmini rüzgâr hızı karşılaştırma grafiği (The comparison chart of average actual and estimated wind speeds monthly in Karabük)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

Literatür çalışmalarında istatistiksel modellemelere göre daha gerçekçi öngörüler sunan yapay sinir ağları ile veri tahminine örnek bir çalışma burada sunulmuştur. Ağın girdilerini oluşturan basınç, nem, rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış gibi dört veri çeşidinin dışında mevsimsel etkilerin bir unsuru olarak ay bilgileri de bir giriş parametresi olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada elde edilen ortalama kare hata (MSE) değerlerinde, Bafra bölgesinin rüzgâr hızı tahmininde 0,00088, İnegöl bölgesinin rüzgâr hızı tahmininde 0,00176, Zonguldak bölgesinin rüzgâr hızı tahmininde 0,00257 ve Karabük bölgesinin rüzgâr hızı tahmininde 0,01392

değerlerine ulaşılmıştır. Şekil 2’de gösterilen ağ parametreleri Bafra, İnegöl, Zonguldak ve Karabük için uygulanmıştır. Algoritma tipi, aktivasyon fonksiyonu, eğitim fonksiyonu, katman sayısı, nöron sayısı gibi parametrelerin farklı kombinasyonları ile en iyi test sonuçları elde edilebilmektedir. Yapay sinir ağlarının yapısı gereği her problem çözümü için belli parametreler olmayıp, tecrübe ve denemeler sonucunda en uygun ağ parametrelerine ulaşılabilmektedir.

Bu kapsamda çalışmamıza temel oluşturan dört farklı bölge için (Bafra, İnebolu, Zonguldak ve Karabük) öngörü değerleri, gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar anlaşılabilir olması açısından Şekil 7-10 grafikleri üzerinde gösterilmiştir. Hesaplanan tahmin değerleri ile gerçek değerlerin örtüştüğü grafiklerden açıkça görülmektedir.

Bu çalışma ile rüzgâr hızı bilinmeyen fakat Tablo 1’deki gibi basınç, nem, sıcaklık ve yağış veri bilgileri bilinen bölgelerin rüzgâr hız tahminleri hesaplanmıştır. Benzer olarak ileriki çalışmalarda da birbiri ile doğal bağlantılı olduğu değerlendirilen parametrelerin girdi oluşturduğu öngörü ağı ile tahmin edilmek istenen parametre hesaplanabilir veya geçmiş dönem verileri kullanılarak gelecek dönem veri tahminleri yapay sinir ağları metodu ile yapılabilir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2014). <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>.
- [2]. Özcan, İ., (2011). *Isparta İlinde Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Bir Rüzgâr Santrali Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3]. Yüksel, İ., Sandalcı, M., Öncül M., (2008). Aşağı Sakarya Havzasındaki Küçük Akarsuların Enerji Potansiyellerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tespiti, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 451-458.
- [4]. Karamanlıoğlu, T., (2011). *Farklı Rüzgâr Türbini Tasarımları için Santral Yeri Seçimi ve Rüzgar Enerji Potansiyelinin Belirlenmesinde Yapay Zeka Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5]. Özpınar, M.A., (2007). *Yenilenebilir Enerji Santrallerinde Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Enerji Üretiminin Modellenmesi ve Planlanması*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6]. Odyakmaz, O., (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Santrallerde Enerji Üretimi ve Denetimi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7]. Bilgili, M., (2007). *Predictions of Wind Speed and Wind Power Potential Using Artificial Neural Networks*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8]. Sözen, A., Arcaklıoğlu, E., Özalp, M., Çağlar, N., (2004). Forecasting Based on Neural Network Approach of Solar Potential in Turkey, *Renewable Energy*, 30(2005), 1075-1090.
- [9]. Çorum Ticaret ve Sanayi Odası, (2012). *TR83 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu*.
- [10]. Karacadağ Kalkınma Ajansı, (2010). *TRC2 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu*.
- [11]. Trakya Kalkınma Ajansı, (2012). *TR21 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu*.
- [12]. Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, (2011). *TR42 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu*.
- [13]. Güney Ege Kalkınma Ajansı, (2011). *Güney Ege Bölgesi (Aydın-Denizli-Muğla) Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu*.
- [14]. Kaynar, O., Taştan, S., (2009). Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve ARIMA Modelinin Karşılaştırılması, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bil. Fak. Dergisi*, 33,161-172
- [15]. Yalçın, N., Yapay Sinir Ağları Ders Notları, Bilecik Üniversitesi.