

ALANSAL VARIOGRAM YÖNTEMİ İLE KISA SÜRELİ RÜZGAR ENERJİSİ TAHMİNİ

Murat Durak¹, Ahmet Duran Şahin²

1: Meteoroloji Mühendisi
md@enermet.com.tr

2: Prof Dr, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü
sahind@itu.edu.tr

ÖZET

Rüzgar enerjisi ile ilgili son yıllarda en fazla araştırma yapılan konulardan birisi de kısa süreli enerji tahmini konularındaki modellerdir. Rüzgar enerjisi kurulu gücü arttıkça, elektrik dağıtım şirketleri daha güvenilir ve önceden tahmin edilebilen rüzgar elektrik santrallerine ihtiyaç duymaktadırlar.

Kısa süreli rüzgar enerjisi tahmini yapan modellerin geliştirilmesi kolay değildir. Böyle bir model, atmosferik akış, lokal topoğrafya ve atmosferik koşullar gibi birçok non-lineer ve non-stasyoner parametreleri içerir.

Bu çalışmada, RES üretim verileri, rüzgar şiddeti, sıcaklık, vibrasyon, verileri kullanılarak yarı-varioqram yöntemi ile enerji üretim tahmini üzerinde durulacaktır.

1. GİRİŞ

Liberalleşen enerji piyasalarında en önemli özellik olarak elektrik enerji üretim ve elektrik enerjisi dağıtım planlamasının yapılması yatmaktadır. AB Ülkelerinin çoğuna elektrik dağıtım yapan şirketler ülkelerindeki mevzuat gereği enerjinin belli bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından (YEK) karşılamak zorundadırlar. Günümüzde YEK kullanımı en fazla rüzgar enerjisi yolu ile olmaktadır. Şirketler bu amaçla planlama yaparken rüzgar elektrik santrallerine ağırlık vererek YEK kullanım portföyünü doldurabilmek için en azından 0-48 saate kadar olan enerji planlamalarını yapabilmek istemektedirler. Geleneksel enerji kaynakları ile çalışan elektrik santrallerinde böyle bir sorun bulunmaz iken; RES'lerde bu durum önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu yüzden Avrupa'daki birçok şirket, rüzgar enerjisi tahmin modelleri ile çalışmaktadır. Konu ile ilgili olarak ülkemizde de YEGM bünyesinde 2010 yılında Rüzgar Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi (RİTM) kurulmuştur.

Rüzgar elektrik santrallerinden (RES) Yarıvarioqram tekniği kullanılarak incelenen nokta ile diğer noktalar arasında farklar temeline dayanan, daha açık bir ifadeyle; bir noktaya diğer noktaların yani alanın etkilerini araştırılmasıdır. Sonuçta elde edilen eğriler ve noktalar arasında verisi eksik bulunan noktaların verileri de hesaplanabilmektedir. Yarıvarioqram tekniği, jeostatistiğin önemli bir ölçüsüdür ve bir konum boyunca alan değişikliğinin oranını ifade etmektedir. Ülkemizde de kısa süreli rüzgar enerjisi tahmini ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar arasında saatlik ve aylık rüzgar verileri kullanılarak yapılan çalışma [1],) istatistiksel yöntemleri kullanarak alan akış modelleri ve rüzgar şiddeti tahmini yaparak enerji üretim hesaplamaları [2], Manisa Soma bölgesi için CFD kullanarak WRF modeli kısa süreli rüzgar üretim tahmini [3] verilebilir.

2. VARIÖGRAM

Genel itibarı ile bakıldığında, meteoroloji literatüründe alan çalışmalarında çoğunlukla gridlendirme ve haritalama yöntemleri kullanılmaktadır. Noktalar arasındaki mesafe ve alansal ilişki göz önüne pek alınmamaktadır. Variogramlar, jeostatistiğin temel yaklaşımlarındandır. İncelenen parametrenin veya değişkenin mesafe ve yönle değişim oranını incelemektedir. Birbirine yakın olan 2 değişkenin daha fazla benzer özellikler ve değerler göstermesi beklenir. Yani, yakın değişkenler arasındaki korelasyon, birbirine uzak iki değişken arasındaki korelasyondan daha fazladır. Mesafe arttıkça, iki değişken arasındaki korelasyon azalır ve öyle bir nokta gelirken bu korelasyon sıfır olur. Dolayısı ile variogram grafiği, incelenen değişkenler arasındaki korelasyonun hangi mesafede sıfır olacağını da göstermektedir.

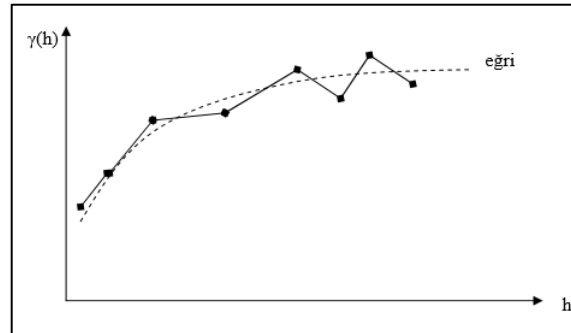
Klasik istatistik ihtimal (olasılık) teorisine dayanır. Olasılık hesapları rastgele olayların bir sonucu kabul edilir. Diğer bir deyişle, klasik istatistik rastgele değişkenler teorisinin bir sonucudur. Rastgele olaylarda, parametrelerin bir diğerinden bağımsızlığı söz konusudur. Halbuki jeolojik olaylar göz önüne alındığında, pek çok cevher yatağı, matematiksel bir yapı ile üç boyutlu uzay koordinatında yer alır. Bu da, rastgele davranmadığı ve parametrelerin fonksiyonlarla ifade edilebilen bir davranış sergilediği gibi bir mana taşır. O halde rastgele olmayan davranışın matematiksel bir fonksiyonla ifade edilmesi mümkündür. Bu mantıktan bölgesel değişkenler kavramı ortaya çıkmıştır.

Variogramların Özellikleri

Variogramların çeşitli özellikleri bulunmaktadır [4]. Grafik şekillerine göre incelenen veriler ile ilgili ipuçları vermektedir.

Doğrusal Variogram

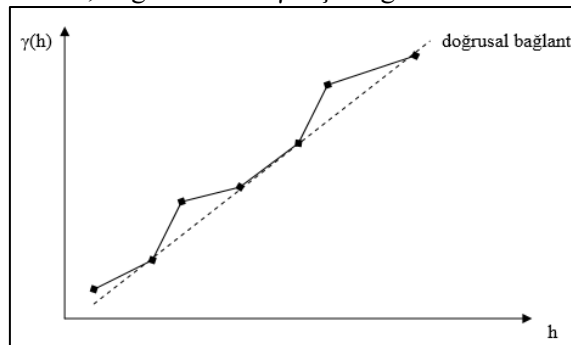
(h) “lag” mesafesinin artmasıyla muntazam yükselen bir varyans eğrisi iyi bir devamlılığı gösterir.



Şekil 1. Doğrusal bağımlılık.

Uniform Variogram

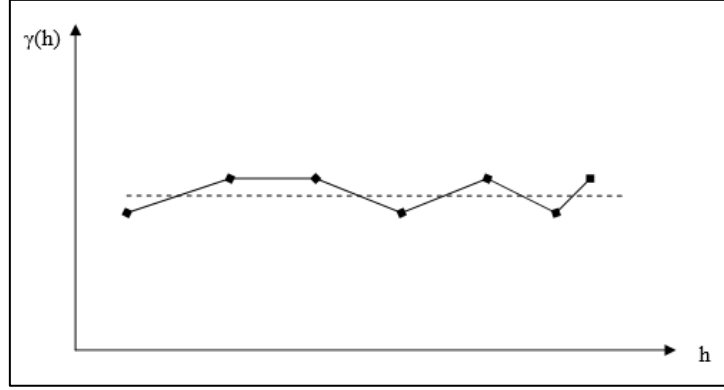
Uniform ve yüksek devamlılık, doğrusal bir h-γ ilişkisi gösterir.



Şekil 2. Uniform ve yüksek bağımlılık.

Zayıf Bağımlılık Variogram Grafiği

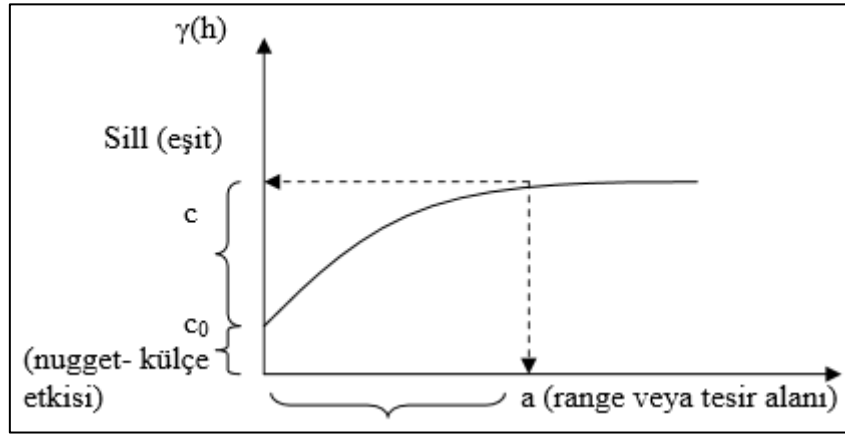
İncelenen değişken arasında bağımlılığın olmadığı ve değişkenlerin bağımsız olduğunu gösteren eğridir.



Şekil 3. Bağımlılık zayıf.

Tipik Variogram Grafiği

Etki alanı; bu kavram, incelenen değişkenin tesir mesafesini veya tesir yarıçapını göstermesi açısından çok önemlidir. Bu mesafe variogramda genellikle, eğrinin alt eksene paralel olarak düz bir platoya döndüğü nokta olarak variogramdan okunabilir. Bu plato bir $\gamma(h)$ değerine (varyansa) sahiptir. “sill” (eşik) olarak adlandırılır. Eğrinin sill değerine ulaştığı h mesafesi “range” veya “etki alanı” olarak adlandırılır



Şekil 4. Variogram özellikleri.

Doğrusal davranışlı bir değişken incelendiğinde, $h=0$ olduğunda, tabii olarak $\gamma(h)$ 'ın da sıfır olması gerekir. Çünkü, değişkenin kendisidir ve burada varyansın da sıfır olması beklenir. Ama grafik çoğunlukla çizildiğinde varyansın sıfırdan farklı olduğu ve bir külçe etkisine (nugget effect) sahip olduğu görülmektedir. Külçe etkisinin özellikleri;

- Örnekleme mesafesi h arttıkça arttığı görülür,
- Sahadan alınan veriler muntazam dağılmayıp bir bölgede kümelenmişse külçe etkisi artar,
- Veri azlığı, ölçüm hataları da külçe etkisini artırır.

3. NOKTASAL TOPLAM YARIVARIÖGRAM (NTY)

[5] tarafından önerilen yarivariogramın en önemli kabullerinin başında durağanlık ve eşit mesafelere bağlı olarak alan ilişkisi gelmektedir. Burada noktasal bir ilişkiden daha çok düzgün dağılım gösteren alansal ilişkiye bakılmaktadır. Durağanlığın bulunmaması durumunda rastgele dağılım noktalar arasındaki ilişkiye, yarivariogram yaklaşımı doğru sonuçlar vermemektedir. Bu hususun aşılabilmesi için [6] tarafından yapılan çalışmada noktasal toplam yarivariogram (NTY) metodu, incelenen değişkenin durağanlığının bulunmaması ve incelenen noktaların rastgele dağılımı olmasına göre nokta ile alan arasındaki ilişki geliştirmiştir. Kullanılan hesaplama ve kabullerin variogram temeline dayandığı NTY, daha çok yer bilimleri çalışmalarında kullanılmış ve yine [7] tarafından hava kirliliği konusunda çalışılarak verilere uygulanmıştır. NTY'nin rüzgar hızı ve enerjisi verilerine uygulaması ise; [8] tarafından çalışılmıştır. [9] tarafından geliştirilen standart alansal bağımlılık (SAB) yöntemi ile de nokta ve alan tahminleri de yapılabilmektedir. SAB fonksiyonları bunlara ilave olarak, istasyon tesir yarıçaplarının belirlenmesinde önemli bir katkı sunmaktadır.

X_r , referans noktası ve, $h_1 \dots h_n$ bu referans noktası ile diğer noktalar arasındaki mesafeler olmak üzere değişim karesinin beklenen değeri

$$E[(X_r - X_{hi})^2] \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

ve yarivariogram da

$$Y(h_i) = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_r - X_{hi})^2 \quad (4.16) \quad (2)$$

olarak yazılabilir. Bu durumda, $y(h_i) \geq 0$ ve $y(h_{i-1}) \leq y(h_i)$ eşitsizlikleri sağlanacaktır. Mesafe ve NTY değerlerinin birlikte kullanımına imkan tanımak ve karelerden dolayı büyük değerler alan NTY değerlerini 0-1 arasına taşıyabilmek için verinin özellikleri aynen korunacak şekilde standartlaştırma yapılmalıdır. Standartlaştırma yapılırken için her iki veri grubunun herbirisinin en büyük değerine bölünebilir. $y(h_n)$ de en büyük yarivariogram ve h_n , ise en büyük mesafe değeri olmak üzere;

$$\begin{aligned} y_{st}(h_i) &= \frac{y(h_i)}{y(h_n)} \quad i = 1, \dots, n \\ h_{st,i} &= \frac{h_i}{h_n} \quad i = 1, \dots, n \\ 0 \leq y_{st}(h_i) &\leq 1 \text{ ve } 0 < h_{st,i} \leq 1 \end{aligned} \quad (3)$$

boyutsuz büyüklükleri tanımlanır. Bu hesaplamalarda kendisine yakın istasyonlarda tesir katsayısı azalacak ve en sonunda sıfır olacaktır. Bütün mesafeler gözönünde bulundurulduğunda ise, standart alan bağımlılık (SAB) fonksiyonu bulunacaktır. Tesir katsayısı w_i olmak üzere

$$(SAB)_i = w(h_{st,i}) = 1 - y_{st}(h_i) \quad (2.12)$$

ve bu durumda $0 \leq (SAB)_i = w(h_{st,i}) \leq 1$ olacaktır.

Alan tahmin hesaplamalarında ise tesir katsayılarının veri ile beraber mesafeye bağlı olarak oluşturdukları ağırlıklı ortalamalar kullanılmaktadır. Dolayısı ile tahminlerin yapılabilmesi için;

$$A = w(h_{st,1}) + w(h_{st,2}) + \dots + w(h_{st,n}) \quad (4)$$

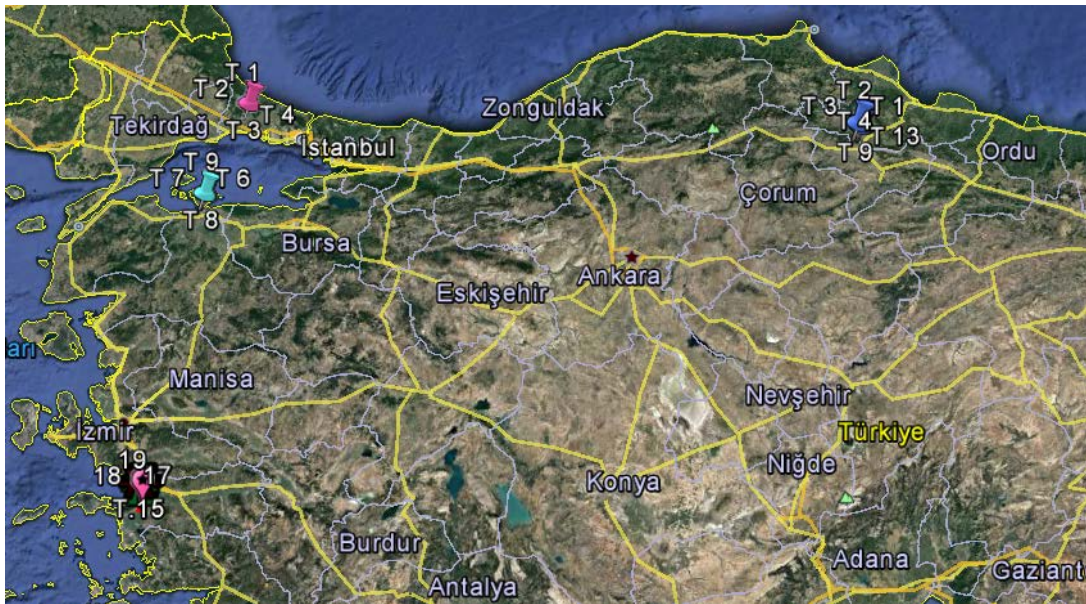
$$X_T = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n X_i w(h_{st,i}) \quad (2.14)$$

değerlerini bulunması gerekmektedir. A, tesir katsayılarının ağırlıklı ortalamaya etkisini temsil ederken, X_T ise sonuç olarak alan esaslı ağırlıklı ortalama tahmin değerini vermektedir. Şimdiye kadar anlatılanları özetlemek gerekir ise NTY'nin hesaplanabilmesi için aşağıdaki adımlarının izlenmesi gerekmektedir;

1. Referans bir nokta seçilmeli ve seçilen bu nokta ile diğer noktalar arasındaki mesafeler hesaplanmalıdır. Eğer, n tane nokta varsa, mesafe sayısı da n-1 tane olacaktır. Bu noktalar küçükten büyüğe doğru sıralanmalıdır,
2. Seçilen referans nokta ile diğer noktalar arasındaki değerlerin farklarının karelerinin ardışık toplamalarının alınması ve yarıvaryogram olabilmesi için her değer yarıya bölünmesi gerekir,
3. Herbir noktanın mesafe değerlerine (X ekseninde) karşılık gelen NTY değerleri Y ekseninde işaretlenir,
4. Elde edilen fonksiyonun X ekseninde mesafeler ve Y ekseninde ise NTY değerleri hesaplanmış olacaktır. Bunların nokta-alan ilişkilendirme hesaplamalarında kullanabilmek için, her bir noktadaki değerler en büyük değerlere bölünerek standart ve birimsiz hale getirilir.
5. Objektif analiz yöntemine göre (Cressman, 1959; Barnes 1964) mesafeler artıça tesir de azalacaktır. Buna dayanarak standartlaştırılmış değerleri, l'den çıkarılır ve en büyük değere bölünür ve SAB fonksiyonu bulunmuş olunur.
6. İncelenen her nokta için bulunan SAB fonksiyonunda noktalar arasındaki mesafelere göre ağırlıklı ortalamalar alınır ve alansal tahminler yapılır.

4. UYGULAMA ALANI VE KULLANILAN VERİ

Yapılan çalışma kapsamında Aydın İli Söke İlçesi, Balıkesir İli Edincik İlçesi, Amasya İli Merzifon İlçesi ve İstanbul Silivri'de bulunan rüzgar santrallarına ait veriler kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil ile Türkiye haritası üzerinde kullanılan RES'ler görülmektedir.



Şekil 5. Kullanılan verilerin alındığı RES'ler.

Toplamda 15 adet 2 MW kurulu güçlü ve 16 adet 2.5 MW kurulu güçlü rüzgar türbini incelenmiştir. İncelenen rüzgar türbinleri dişli kutulu rüzgar türbinidir.

Aydın 30 MW Söke Çatalbük RES

Aydın İli Söke İlçesi Yenidoğan Mevkiinde bulunan 30 MW kurulu güçlü RES projesi verileri kullanılmıştır. Toplam 15 adet 2 MW rüzgar türbini bulunmaktadır. Bu santrale ait, türbinler arası mesafe, rüzgar şiddeti, üretim, jeneratör sıcaklığı ve reaktif güç değerleri kullanılmıştır.

Tablo 1. Söke Çatalbük RES verileri.

Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar Hızı (m/s)	Üretim Değeri	Jeneratör Sıcaklığı (C)	Reaktif Güç
T1	0	6,0800	633,880	75,840	29,460
T2	602	5,8100	551,360	73,320	33,780
T3	529	6,0600	620,330	76,460	28,770
T4	576	5,8600	577,300	74,460	37,460
T5	1060	6,0200	624,750	76,170	35,140
T6	946	5,8400	555,600	74,610	38,740
T7	1550	6,3200	648,860	79,200	37,700
T8	1398	5,8400	546,140	74,770	38,500
T9	1865	5,7800	549,320	75,530	35,090
T10	2086	5,9400	581,090	77,830	39,410
T11	2505	6,0000	578,540	76,390	35,810
T12	2350	5,6400	517,350	75,210	33,390
T13	2716	5,5700	516,540	74,500	29,720
T14	2888	5,7500	542,360	74,710	34,260
T15	3208	5,7800	530,230	73,790	32,640

Kullanılan veriler, 01.02.2012 - 31.12.2016 arasını kapsamakta olup toplam 46 aylık veridir.

Balıkesir Edincik RES

Balıkesir İli Edincik İlçesi'nde bulunan 30 MW kurulu güçlü RES projesi verileri kullanılmıştır. Toplam 12 adet 2.5 MW rüzgar türbini bulunmaktadır. Bu santrale ait, türbinler arası mesafe, rüzgar şiddeti, sıcaklık, üretim, vibrasyon ve yükseklik değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2. Edincik RES verileri.

Türbin No	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon (jeneratör)	Vibrasyon (Dişli kutusu)	Mesafe (m)	Yükseklik (m)
T6	6,959	16,183	152,305	8,999	10,650	0	205
T7	7,376	15,688	148,576	6,005	7,811	554	249
T8	7,905	15,401	180,122	6,325	7,526	1187	304
T9	7,214	15,262	169,371	6,089	7,701	1677	315

Kullanılan veriler, 01.01.2015 - 17.12.2016 arasını kapsamakta olup toplam 24 aylık veridir.

Amasya Merzifon RES

Amasya İli Merzifon İlçesi'nde bulunan 40 MW kurulu güçlü RES projesi verileri kullanılmıştır. Toplam 16 adet 2.5 MW rüzgar türbini bulunmaktadır. Bu santrale ait, türbinler arası mesafe, rüzgar şiddeti, sıcaklık, üretim, vibrasyon ve yükseklik değerleri kullanılmıştır.

Tablo 3. Merzifon RES verileri.

Türbin No	Rüzgar Şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon (jeneratör)	Vibrasyon (Dişli kutusu)	Mesafe	Yükseklik
T1	6,3175	9,6122	144,8508	6,8506	6,1114	0	1277
T2	7,3520	9,4525	151,0048	12,3245	10,8060	305	1294
T3	7,3813	9,1288	148,9972	9,5031	10,1214	526	1290
T4	7,5566	9,7217	149,7374	10,5544	11,4749	716	1304
T9	7,4194	9,5828	158,9400	9,5906	10,4924	1948	1229
T13	7,9795	9,2788	168,9919	8,0341	9,1466	2926	1240
T14	7,7425	9,6119	164,1328	9,5569	9,8458	3516	1185
T16	7,4616	10,1857	161,8659	9,2917	9,4180	4878	1124

Kullanılan veriler, 01.01.2015 - 17.12.2016 arasını kapsamakta olup toplam 24 aylık veridir.

İstanbul Silivri RES

İstanbul İli Silivri İlçesi'nde bulunan 45 MW kurulu güçlü RES projesi verileri kullanılmıştır. Toplam 18 adet 2.5 MW rüzgar türbini bulunmaktadır. Bu santrale ait, türbinler arası mesafe, rüzgar şiddeti, sıcaklık, üretim, vibrasyon ve yükseklik değerleri kullanılmıştır.

Tablo 4 Silivri RES verileri.

Türbin No	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık (C)	Üretim	Vibrasyon (jeneratör)	Vibrasyon (Dişli kutusu)	Mesafe (m)	Yükseklik (m)
T1	7,746	15,149	178,798	8,089	7,558	0	194
T2	7,804	15,058	177,805	5,58	7,065	317	193
T3	7,808	15,381	183,415	7,785	7,462	618	194
T4	7,754	15,293	181,842	5,371	7,101	1572	192

Kullanılan veriler, 01.01.2015 - 17.12.2016 arasını kapsamakta olup toplam 24 aylık dönemi kapsamaktadır.

5. TAHMİN VE VERİ İLE KIYASLAMA

Burada yukarıda verilen tabloya ait verilerin %70 ve %30 olarak ikiye ayrılmıştır. Kesilen %70 kısma ait parametreler bulunarak aradaki tahmin parametreleri %30 üzerinde denenmiştir ve aşağıdaki tablodaki değerlere ulaşılmıştır.

Tablo 5. Tahmin sonuçları.

Amasya RES						
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon Dişli Kutusu	Vibrasyon Jeneratör
T1	0	6,697	12,699	135,941	6,233	5,390
T2	305	6,300	10,164	137,383	11,155	7,613
T3	526	6,433	10,014	135,630	8,597	8,781
T4	716	6,602	8,385	133,182	9,493	8,958
T9	1948	6,265	0,865	140,847	8,510	10,058
T13	2926	6,763	10,038	152,117	7,085	7,944
T14	3516	6,534	10,280	141,980	8,446	8,688
T16	4878	6,254	10,819	140,624	8,289	8,047

Edincik RES						
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon Dişli Kutusu	Vibrasyon Jeneratör
T6	0	5,933	13,792	129,804	8,141	9,552
T7	554	6,824	14,212	137,410	5,569	7,246
T8	1187	6,665	13,009	151,545	5,433	6,514
T9	1677	6,443	13,947	155,538	5,594	7,069

Silivri RES						
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon Dişli Kutusu	Vibrasyon Jeneratör
T1	0	7,904	16,459	194,387	8,043	7,242
T2	317	8,074	16,878	199,817	5,845	7,001
T3	618	7,393	16,188	191,123	8,280	6,961
T4	1572	8,708	18,225	216,584	5,538	7,434

Söke Çatalbük RES					
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Üretim	Jeneratör Sıcaklık	Reaktif güç
T1	0	5,684	625,698	69,874	29,535
T2	602	5,442	542,508	67,236	33,768
T3	529	5,614	610,587	69,344	31,415
T4	576	5,392	557,907	66,528	32,002
T5	1060	5,589	609,953	69,990	32,083
T6	946	5,404	538,786	68,280	35,388
T7	1550	5,731	613,148	70,139	31,617
T8	1398	5,303	519,226	67,823	34,870
T9	1865	5,236	519,219	68,581	32,324
T10	2086	5,460	551,908	70,437	35,365
T11	2505	5,476	549,375	69,815	33,789
T12	2350	5,153	493,987	68,213	33,136
T13	2716	5,128	471,632	67,685	30,311
T14	2888	5,252	518,131	67,653	35,113
T15	3208	5,199	499,461	64,993	31,531

Yukarıdaki tablolarda %30 kesilen kısma değerler verilmiştir. Bunları anlamlandırabilmek için bağıl hataları bulunmuştur ve aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi, yaklaşık %10 civarı bir doğruluk ile tahminler yapılmıştır.

Tablo 6. Tahminlere ait bağıl hatalar.

Amasya RES						
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon Dişli Kutusu	Vibrasyon Jeneratör
T1	0	0,096	0,072	0,093	0,090	0,083
T2	305	0,133	0,135	0,134	0,095	0,118
T3	526	0,122	0,107	0,113	0,095	0,099
T4	716	0,133	0,285	0,134	0,101	0,113
T9	1948	0,168	0,927	0,141	0,113	0,123
T13	2926	0,144	0,135	0,138	0,118	0,144
T14	3516	0,151	0,141	0,145	0,116	0,130
T16	4878	0,145	0,137	0,139	0,108	0,124

Edincik RES						
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon Dişli Kutusu	Vibrasyon Jeneratör
T6	0	0,147	0,148	0,148	0,095	0,103
T7	554	0,075	0,094	0,075	0,073	0,072
T8	1187	0,157	0,155	0,159	0,141	0,135
T9	1677	0,107	0,086	0,082	0,081	0,082

Sılvri RES						
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Sıcaklık	Üretim	Vibrasyon Dişli Kutusu	Vibrasyon Jeneratör
T1	0	0,064	0,068	0,070	0,020	0,056
T2	317	0,054	0,037	0,047	0,031	0,042
T3	618	0,131	0,091	0,095	0,026	0,098
T4	1572	0,017	0,029	0,029	0,043	0,032

Söke Çatalbük RES					
Türbin No	Mesafe (m)	Rüzgar şiddeti	Üretim	Jeneratör Sıcaklık	Reaktif güç
T1	0	0,107	0,084	0,109	0,088
T2	602	0,096	0,080	0,105	0,075
T3	529	0,104	0,081	0,106	0,087
T4	576	0,107	0,088	0,112	0,082
T5	1060	0,114	0,089	0,112	0,091
T6	946	0,108	0,092	0,114	0,077
T7	1550	0,113	0,096	0,121	0,086
T8	1398	0,121	0,109	0,123	0,083
T9	1865	0,111	0,091	0,108	0,082
T10	2086	0,100	0,087	0,112	0,079
T11	2505	0,104	0,091	0,091	0,079
T12	2350	0,104	0,086	0,108	0,081
T13	2716	0,100	0,081	0,104	0,080
T14	2888	0,106	0,088	0,110	0,083
T15	3208	0,105	0,088	0,111	0,084

6. SONUÇ

Bu makalede rüzgar elektrik santrallerinden (RES) yarı-variogram tekniği kullanılarak incelenen nokta ile diğer noktalar arasında farklar temeline dayanan, daha açık bir ifadeyle; bir noktaya diğer noktaların yani alanın etkilerini araştırılmasıdır. Sonuçta elde edilen eğriler ve noktalar arasında verisi eksik bulunan noktaların verileri de hesaplanabilmektedir.

Bu çalışmada konu daha da ileri götürülerek çoklu-variogram tekniği kullanılarak tahminler yapılmıştır ve %10 civarında doğruluk ile parametre tahminleri yapılmıştır. RES içi veriler ile dışarıdan herhangi bir veriye gereksinim olmadan santralin kendi verisi kullanılarak tahmin yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Türksoy, F.**,(1997). Saatlik ve Aylık Rüzgar Verisiyle Rüzgar Enerjisi Modellemesi, Doktora Tezi, ITU Fen Bil. Enst., İstanbul.
- [2] **Rüstemoğlu S., Menteş, Ş. S.**, (2010). Energy Production Calculations with Field Flow Models and Windspeed Predictions with Statistical Methods. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, Vol. 12, EGU2010-10902.
- [3] **Menteş Ş. S., Ünal, Y. S., İncecik, S., Tan, E., Barutçu, B., Önal, B., Ünal, B., Efe, B., Topçu, S., Rüstemoğlu, S., Özdemir, T., Akcan, D., Borhan, Y., DüNDAR, Türkmen, M.**, 2010-2013. Short Term Wind Energy Prediction System, TÜBİTAK, Proje No., 110Y050.
- [4] **Erarslan, K.**, 2008. Maden Değerlendirme Ders Notları, Dumlupınar Üniversitesi.
- [5] **Matheron, G.**, 1963. Principles of geostatistics. Econ. Geo., 58, pp. 1246-1266.
- [6] **Şen Z.**, (1989). Cumulative semivariogram model of regionalized variables. Int. J. Math. Geol.,21, 891.
- [7] **Şen, Z.**, (1998). An application of a regional air pollution estimation model over Istanbul urban area. Atmos. Environ., 32, pp. 3425-3433
- [8] **Şen, Z. and Şahin, A.D.**, (1998). Regional wind energy evaluation in some parts of Turkey. Journal of Wind Engineer, and Indust. Aerody., 37, No. 7, pp. 740-741.
- [9] **Şen, Z., and Habib, Z.**, (1998). Point cumulative semivariogram of areal precipitation in mountainous regions. J. of Hydrology, 205, pp. 81 -91.