

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN İZMİR BÖLGESİNDEKİ YILLIK ÜRETİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Levent Bilir, Nurdan Yıldırım Özcan

Yaşar Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Üniversite Caddesi No: 37-39 Bornova, İZMİR
levent.bilir@yasar.edu.tr, nurdan.yildirim@yasar.edu.tr

ÖZET

Ege Bölgesi ve özellikle İzmir bölgesinde rüzgar enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bilinmektedir. Bu potansiyel daha ziyade büyük ölçekli rüzgar türbinleri kurularak kullanılmaktadır. Ancak bu tür türbinlerin yerleşim alanlarına yakın yerlerde kurulamaması söz konusudur. Küçük ölçekli ve düşük kapasiteli türbinlerin kullanımı bu açıdan mümkündür. Ayrıca şebekeden uzak bölgelerde elektrik sağlama açısından küçük ölçekli türbin kullanımı elverişli olabilmektedir. Bu çalışmada 2 kW kapasiteye sahip seçilmiş olan üç farklı türbinin saatlik güç üretimleri hesaplanmıştır. Güç üretimi hesabında 2014 yılında İzmir ili için 10 metre yükseklikte toplanmış saatlik rüzgar hızı verileri kullanılmıştır. Seçilen türbinlerden ilki diğerlerine göre düşük devreye girme hızına ancak yüksek nominal hıza sahiptir. Diğer iki türbinin tüm özellikleri aynı ancak nominal hız değerleri birbirinden farklıdır. Sonuç olarak seçilen rüzgar türbinlerinden en düşük nominal hıza sahip olanın en yüksek üretimi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

1. GİRİŞ

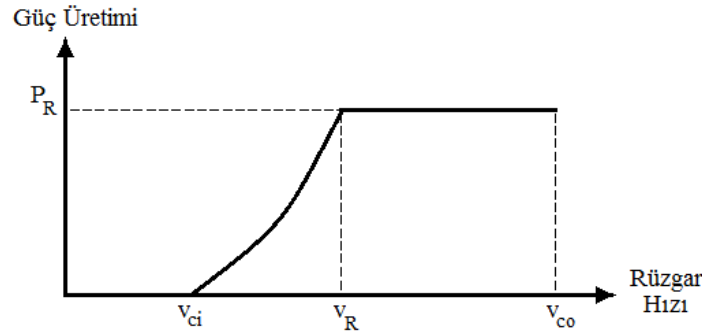
Günümüzde fosil yakıtların kullanımı nedeniyle doğaya ve insan yaşamına verdikleri zararlar dikkat çekici boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenle yenilenebilir enerji türlerinin kullanımı günden güne artmakta ve yaygınlaşmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ve Dünya üzerinde en yaygın olarak kullanılabilen tiplerinden bir tanesi de rüzgar enerjisidir. Deniz kıyısına yakın bölgelerde rüzgar enerjisi potansiyelinin önemli ölçülerde olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle İzmir bölgesinde de mevcut rüzgar enerjisi potansiyeli önemli seviyededir. Ancak bu potansiyel genellikle megavatlar mertebesinde elektrik üretimi yapan büyük ölçekli türbinler ile kullanılmaktadır. Bu tür büyük ölçekli türbinler ürettikleri ses nedeniyle yerleşim alanlarına uzak bölgelerde kurulabilmektedirler. Rüzgar enerjisinden yerleşim alanlarında da faydalanabilmenin bir yolu küçük ölçekli rüzgar türbinlerinin kullanımıdır. Bu tip türbinler her ne kadar büyük ölçekli türbinler kadar yüksek verimlilikte çalışmasalar da önemli ölçüde elektrik enerjisi üretimi sağlayabilme potansiyeline sahiptirler. Ayrıca şebekeden uzak bölgelerde küçük ölçekli rüzgar türbini kullanımı elektrik sağlamada oldukça elverişli bir çözüm olabilmektedir. Yazarların diğer bir çalışmasında İzmir’de bulunan 100 m² alana sahip bir evin iklimlendirme ihtiyacının bir ısı pompası sistemi ile karşılanmasının göz önüne alındığı durum için ısı pompasının ihtiyacı olan yıllık elektrik ihtiyacının yaklaşık % 69’unun küçük ölçekli bir rüzgar türbini vasıtası ile karşılanabileceği sonucuna varılmıştır [1]. Benzer şekilde küçük ölçekli rüzgar türbinlerinin Dünya üzerinde değişik amaçlarla uygulamaları da mevcuttur. Li vd. [2] İrlanda’da bulunan bir evin yıllık elektrik tüketimini karşılamak amacıyla altı değişik küçük ölçekli rüzgar türbinini değerlendirmişlerdir. Hedegaard ve Münster [3] Danimarka’da bireysel ısı pompası kullanımının rüzgar türbini kurulumu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Campana vd. [4] Çin’de su pompalama amacıyla kullanımda rüzgar türbinlerini ve fotovoltaiik panelleri birbirleriyle kıyaslamışlardır. Küçük ölçekli rüzgar türbinlerinin tek başına kullanımlarının yanı sıra hibrit sistemlerde kullanımları da mümkündür. Böylelikle birçok yenilenebilir enerji kaynağının önemli sorunlarından biri olan elektrik üretiminde güne, aya, mevsime bağlılık probleminin de bir nebze önüne geçilmesi söz konusu

olabilmektedir. Bu tür kullanım örnekleri de literatürde mevcuttur. Nandi ve Ghosh [5] Bangladeş'te kurulu bir küçük ölçekli rüzgar türbini-fotovoltaik panel sisteminin yıllık elektrik üretimini hesaplamışlardır. Önerdikleri sistemin mevcutta bulunan elektrik şebekesini uzatmak seçeneği ile karşılaştırılmasını da gerçekleştirmişlerdir. Sinha ve Chandel [6] Hindistan'da batı Himalaya bölgesinde 12 ayrı noktaya kurulacak fotovoltaik panel-mikro rüzgar türbini sistemini ele almışlar, HOMER programı yardımıyla gerekli olan fotovoltaik panel sayısını ve rüzgar türbini kapasitesini belirlemişlerdir. Devrim ve Bilir [7] Ankara için bir evin elektrik ihtiyacının küçük ölçekli rüzgar türbini-fotovoltaik panel ve yakıt pili kullanımı ile karşılanması üzerine çalışmışlardır.

Yukarıda özetlenmiş olan çalışmalardan da görülebileceği üzere küçük ölçekli rüzgar türbinleri bireysel konut ihtiyacının karşılanmasında gerek tek başına, gerekse bir hibrit sistemin parçası olacak şekilde kullanılabilir. Bu sebeple, bu çalışmada seçilmiş olan 2 kW kapasiteli üç değişik rüzgar türbininin İzmir ili için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden [8] elde edilmiş olan 2014 yılı rüzgar hızları kullanılarak saatlik üretimleri hesaplanmıştır. Elde edilen saatlik üretim miktarlarından faydalanılarak her türbinin aylık ve yıllık olarak üretimleri hesaplanmış ve birbirleri ile kıyaslanmıştır.

2. BİR RÜZGAR TÜRBİNİNİN GÜÇ ÜRETİMİ VE WEIBULL DAĞILIM FONKSİYONU

Bir rüzgar türbini tipik olarak rüzgar hızının (v), o türbin için belirli olan devreye girme hızına (v_{ci}) ulaşması ile birlikte güç üretimine (P) başlar. Rüzgar hızının devreye girme hızından daha yüksek hızlara çıkması ile birlikte türbinin güç üretiminde de artış meydana gelecektir. Rüzgar hızı türbin için belirli olan nominal hıza (v_R) ulaşınca türbin de nominal güç (P_R) üretimi yapmaya başlar. Rüzgar hızının nominal hızın üzerine çıkması güç üretiminde artış sağlamaz, nominal güç üretimi devam eder. Ancak rüzgar hızı türbin için belirli olan devreden çıkma hızına (v_{co}) ulaşırsa türbin güç üretimini durdurur. Devreden çıkma hızının üzerindeki rüzgar hızlarında rüzgar türbininde hasar meydana gelmemesi için güç üretimi yapılmamaktadır.



Şekil 1. Rüzgar türbini güç üretimi

Bu prosedür Şekil 1'de özetlenmiş ve Denklem 1'de matematiksel şekilde ifade edilmiştir [9].

$$P = \begin{cases} 0 & v < v_{ci} \text{ ise} \\ a + bv^k & v_{ci} \leq v \leq v_R \text{ ise} \\ P_R & v_R \leq v \leq v_{co} \text{ ise} \\ 0 & v > v_{co} \text{ ise} \end{cases} \quad (1)$$

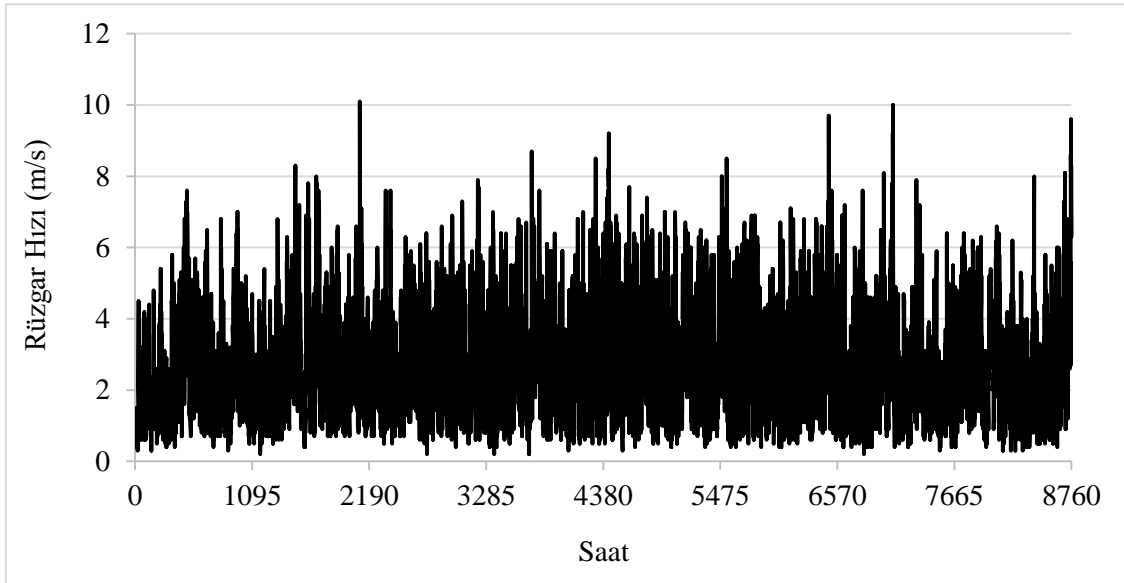
Burada, $a = \frac{P_R v_{ci}^k}{v_{ci}^k - v_R^k}$ and $b = \frac{P_R}{v_R^k - v_{ci}^k}$ 'dir

Denklem (1)'de bulunan k katsayısı o bölge için rüzgar hızı olasılık dağılımını belirleyen Weibull dağılım fonksiyonunun iki parametresinden biri olan şekil parametresidir. Denklem (2)'de Weibull dağılım fonksiyonunun ifadesi verilmiştir. Bu fonksiyonun diğer parametresi c, ölçek parametresi olarak adlandırılmaktadır.

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

3. İZMİR BÖLGESİ İÇİN WEIBULL DAĞILIM FONKSİYONU PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Weibull dağılım fonksiyonu incelenen bölgede çeşitli rüzgar hızlarının oluşma olasılığını temsil eder ve genel olarak ölçümlerden elde edilen saatlik rüzgar hızı değerleri ile hesaplanır. Bu çalışmada da 2014 yılı için 1 sene boyunca 10 metre yükseklikte ölçümlenmiş olan saatlik rüzgar hızı verileri kullanılarak İzmir bölgesi için Weibull dağılım fonksiyonunun parametreleri hesaplanmıştır. Sene boyunca ortalama rüzgar hızı 2.733 (m/s) olarak hesaplanmış, maksimum saatlik rüzgar hızı 10.1 (m/s), minimum saatlik rüzgar hızı ise 0.2 (m/s) olarak gözlemlenmiştir. Rüzgar hızının saatlik değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. İzmir için 10 metre yükseklikte saatlik rüzgar hızı değerleri

Weibull parametrelerinin hesaplanmasında Denklem (3) ve Denklem (4) ile verilen maksimum olabilirlik yöntemi (maximum likelihood method) kullanılmıştır.

$$k = \left[\frac{\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i)}{\sum_{i=1}^n v_i^k} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(v_i)}{n} \right]^{-1} \quad (3)$$

$$c = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^k \right)^{1/k} \quad (4)$$

Denklem (3) ve (4)'teki v_i saatlik rüzgar hızı verisi değerini, n ise toplam rüzgar hızı verisi sayısını belirtmektedir. Sonuç olarak İzmir ili için şekil parametresi (k) 1.973 ve ölçek parametresi (c) 3.0936 (m/s) olarak tespit edilmiştir.

4. SEÇİLEN KÜÇÜK ÖLÇEKLİ TÜRBİNLERİN ÖZELLİKLERİ

Çalışmada üç farklı küçük ölçekli türbinin elektrik üretimleri incelenmiştir. Her üç türbinin özellikleri Çizelge 1'de özetlenmektedir.

Çizelge 1. Küçük ölçekli rüzgar türbinlerinin özellikleri

Parametre	Türbin A	Türbin B	Türbin C
Nominal Güç (kW)	2	2	2
Devreye Girme Hızı (m/s)	2.5	3	3
Nominal Hız (m/s)	14	8	9
Devreden Çıkma Hızı (m/s)	30	25	25

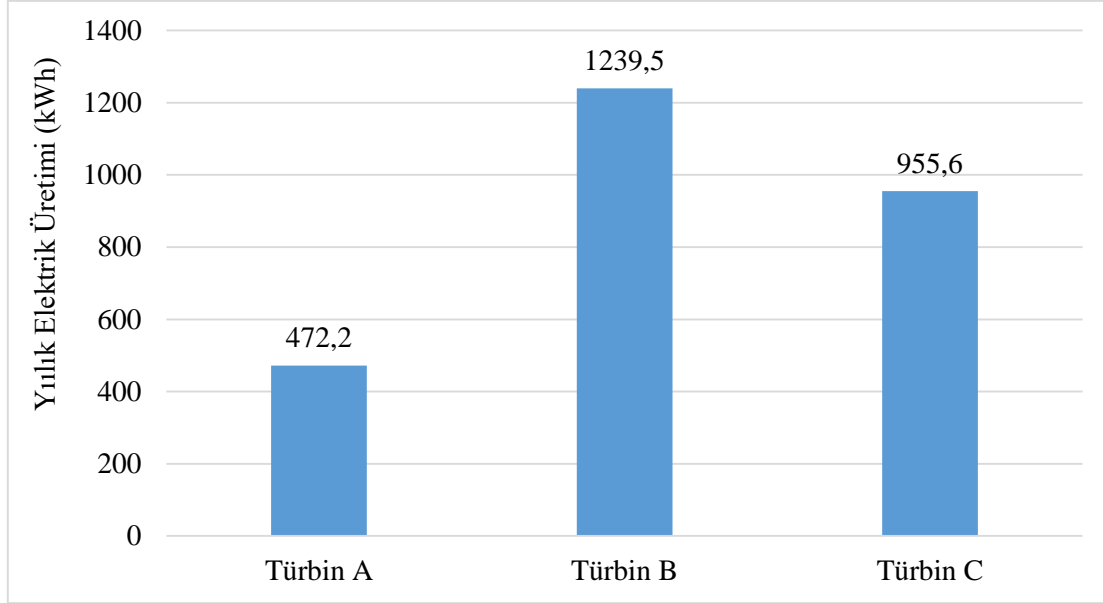
Türbinler birbirleri ile karşılaştırma yapılabilmesi sağlamak amacıyla aynı nominal güce sahip olacak şekilde seçilmiştir. Türbin A'nın devreye girme hızı Türbin B ve Türbin C'den daha düşüktür, ancak nominal hızı da diğerlerinden yüksek değerdedir. Ayrıca Türbin A'nın devreden çıkma hızı da diğer iki türbininkinden yüksektir. Türbin B ve Türbin C'nin özellikleri birbirine benzemektedir, yalnız Türbin B'nin nominal hızı Türbin C'nin nominal hızından düşüktür.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Saatlik rüzgar hızları ve türbinlerin devreye girme, nominal ve devreden çıkma hızları göz önüne alınarak 8760 saat için yapılan elektrik üretimi hesaplamaları sonucunda üç ayrı türbin için elde edilen aylık ve yıllık üretim değerleri Çizelge 2'de özetlenmiştir ve yıllık üretim miktarları Şekil 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2. Seçilen türbinlerin aylık ve yıllık üretim değerleri (kWh)

Aylar	Türbin A	Türbin B	Türbin C
Ocak	27.6	70.1	53.6
Şubat	20.0	47.4	36.2
Mart	50.9	136.3	106.2
Nisan	30.5	74.9	57.2
Mayıs	44.3	117.8	90.0
Haziran	36.9	96.4	74.2
Temmuz	58.4	161.5	123.9
Ağustos	56.4	153.5	119.0
Eylül	43.5	116.4	89.3
Ekim	34.5	88.3	68.4
Kasım	32.4	83.1	63.5
Aralık	36.9	93.8	74.3
TOPLAM	472.2	1239.5	955.6



Şekil 3. Seçilen türbinlerin yıllık elektrik üretimi miktarları

Çizelge 2’den görülebileceği üzere tüm aylar için en yüksek üretimi Türbin B, en düşük üretimi ise Türbin A gerçekleştirmiştir. Her ne kadar Türbin A için devreye girme hızı diğer türbinlerden 0.5 m/s daha düşük olsa da bu türbinin nominal hızı Türbin B ve Türbin C’den sırasıyla 6 m/s ve 5 m/s daha yüksektir. Bu durum Türbin A’nın nominal güç üretimi yapabilmesini zorlaştırdığı için en düşük enerji üretimi bu türbinde gözlenmektedir. Türbin A’nın devreden çıkma hızının Türbin B ve Türbin C’den 5 m/s daha yüksek olması üretim değerini olumlu etkilememiştir. Çünkü rüzgar hızı yıl boyunca bu yüksek seviyelere ulaşmamıştır. Türbin B ve Türbin C karşılaştırıldığında tek farklılık Türbin B’nin nominal hızı Türbin C’nin nominal hızından 1 m/s düşük olmasıdır. Bu nedenle Türbin B’nin Türbin C’den daha yüksek üretim gerçekleştirmesi beklenen bir sonuçtur. Yıllık üretim değerlerine bakıldığında Türbin A için 472.2 kWh, Türbin B için 1239.5 kWh ve Türbin C için 955.6 kWh değerleri gözlemlenmektedir. Türbin A için elde edilen düşük üretim değeri İzmir için nominal hız değerinin önemini göstermektedir. Özellikle Türbin B bir konutun elektrik ihtiyacının belirli bir kısmının karşılanmasında tek başına kullanılabilmesi gibi, hibrit bir sistem elemanı olarak da kullanılabilir.

5. SONUÇ

İzmir bölgesinde bulunan yüksek rüzgar enerjisi potansiyelinin büyük kapasiteye sahip rüzgar türbinleri ile güç üretimi vasıtasıyla kullanımı sağlanmaktadır. Ancak çok daha küçük kapasiteye sahip rüzgar türbinlerinin bireysel ihtiyaçlar için kullanımı çok yaygın değildir. Bu amaçla 2 kW kapasiteli üç değişik türbinin 10 metre yüksekliğe kurulumları durumunda İzmir bölgesinde üreteceği elektrik enerjisi miktarı 2014 yılı saatlik rüzgar hızı verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Saatlik üretim değerleri kullanılarak türbinlerin aylık ve yıllık üretimleri de hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak düşük nominal hız değerine sahip Türbin B’nin en yüksek üretimi gerçekleştirdiği görülmüş, her ne kadar devreye girme hızı diğerlerinden daha düşük olsa bile yüksek nominal hıza sahip Türbin A’nın ise diğer türbinlere göre önemli ölçüde az üretim gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuç ortalama rüzgar hızının çok yüksek seviyelere ulaşmadığı noktalarda yüksek nominal hıza sahip rüzgar türbinini kullanımının uygunsuz olduğunu açık şekilde ortaya koymuştur. Nominal hız harici tüm özellikleri aynı olan Türbin B ve Türbin C karşılaştırıldığında ise nominal hız değeri daha düşük olan Türbin B’nin beklenildiği gibi daha yüksek bir üretim gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **Bilir, L., Yildirim, N.** 2016. Investigation of a Small Scale Wind Turbine-Heat Pump Hybrid System for a Detached House, *CLIMA 2016 - Proceedings of the 12th REHVA World Congress: volume 3*. Editör: Heiselberg, P. K., Aalborg, Danimarka.
- [2] **Li, Z., Boyle, F., Reynolds A.** 2012. Domestic Application of Micro Wind Turbines in Ireland: Investigation of Their Economic Viability, *Renewable Energy*, Vol. 41, s. 64-74.
- [3] **Hedegaard, K., Münster, M.** 2013. Influence of Individual Heat Pumps on Wind Power Integration – Energy System Investments and Operation, *Energy Conversion and Management*, Vol. 75, s. 673-684.
- [4] **Campana, P.E., Li, H., Yan, J.** 2015. Techno-economic Feasibility of the Irrigation System for the Grassland and Farmland Conservation in China: Photovoltaic vs. Wind Power Water Pumping, *Energy Conversion and Management*, Vol. 103, s. 311-320.
- [5] **Nandi, S.K., Ghosh, H.R.** 2010. Prospect on Wind-PV-Battery Hybrid Power System as an Alternative to Grid Extension in Bangladesh, *Energy*, Vol. 35, s. 3040-3047.
- [6] **Sinha, S., Chandel, S.S.** 2015. Prospects of Solar Photovoltaic-Micro-Wind Based Hybrid Power Systems in Western Himalayan State of Himachal Pradesh in India, *Energy Conversion and Management*, Vol. 105, s. 1340-1351.
- [7] **Devrim, Y., Bilir, L.** 2016. Performance investigation of a wind turbine–solar photovoltaic panels–fuel cell hybrid system installed at Incek region – Ankara, Turkey, *Energy Conversion and Management*, Vol. 126, s. 759-766.
- [8] **Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı – Meteoroloji Genel Müdürlüğü.** 2014. İzmir İli 2014 Yılı Rüzgar Hızı Verileri.
- [9] **Johnson, G.L.** 2006. *Wind Energy Systems*. University Reprints.