

# RETScreen® International ve ALWIN Yazılımları Kullanılarak Rüzgar Enerji Santrali Proje Analizi

Egemen SULUKAN, Tanay Sıdkı UYAR  
Marmara Üniversitesi  
Makine Mühendisliği Bölümü  
Enerji Ana Bilim Dalı  
Göztepe, İstanbul

[segemen@hotmail.com](mailto:segemen@hotmail.com), [tanayuyar@marmara.edu.tr](mailto:tanayuyar@marmara.edu.tr)

**Özet:** *Son yıllarda rüzgar enerji santralleri kurulumunda kaydedilen artış, enerji-çevre kriterlerinin yarattığı gereksinimlerin ve üretim maliyeti faktörünün bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Rüzgar enerjisi gelişim programına sahip ülkelerde, rüzgar enerji santrallerinin kurulumu kararı ve fizibilitesi aşamasında teknik bir karar destek mekanizmasına ihtiyaç duyulması gayet doğaldır. Zira her sektörde olduğu gibi, bu sektörde de sistematik bir yaklaşım ve disiplinlerarası çalışmalara ihtiyaç duyulabilir.*

*Bu çalışmada amaç; rüzgar enerji santralleri kuruluş aşamasında yatırımcılara teknik destek verebilecek örnek yazılımların kullanılarak projede yer alacak önemli parametrelerin belirlenmesidir. Bu amaçla Gökçeada' ya ait ortalama yıllık rüzgar hızı ile örnek olarak seçilen farklı rüzgar türbini konfigürasyonlarından oluşan rüzgar enerji santrallerinin teknik analizleri yapılmıştır.*

## 1. Giriş

Gökçeada' ya ait ortalama rüzgar hızı değeri [1] iki ayrı rüzgar enerjisi modelleme yazılımına uygulanmıştır. RETScreen® International kullanılan yazılımlardan birincisi olup, standardize ve entegre bir yenilenebilir enerji proje analiz programıdır. Bu araç hem karar destek, hem de kapasite inşası amaçlarına yönelik ortak platform sağlar. Dünya genelinde çeşitli yenilenebilir enerji teknolojileri için; toplam enerji üretimi miktarı hesabı, çevrim maliyeti ve sera gazı emisyonu hesabı yapmak maksadıyla kullanılabilir. RETScreen® International, Kanada hükümeti CANMET Enerji Araştırma Laboratuvarı tarafından ücretsiz olarak kullanıma sunulmuştur.[2]

Seçilen rüzgar türbini modellerine ait teknik dataları ve rüzgar hızı değerleri programın girdileridir. Sistem karakteristiği, yıllık enerji üretimi, rüzgar türbinine ait güç ve enerji eğrileri ile rüzgar enerji santrali projesine ait toplam nakit akışı ise programın çıktılarınıdır. Sera gazı (GHG) emisyon düşüşü analizi de istenirse programdan çıktı olarak alınabilir.

ALWIN bu maksatla kullanılan bir diğer programdır. Belirlenen mevkide rüzgar potansiyeli bilgisiyle rüzgar türbininin teknik datalarının muhtemel enerji üretimini tahmin için kullanılır. Tüm datalar ve sonuçları net bir biçimde grafik ve tablolar ile ortaya koyar, canlı bağlantı yoluyla da yardım imkanı sağlayarak kullanıcıyı destekler. Windows işletim sistemi kurulu kişisel bilgisayarlarda kullanılabilir. [3]

Hayali bir mevkinin analizi için uygun parametreler girilerek Rayleigh veya Weibull dağılımları elde edilebilir. Mevkiye ait dosya istenilen herhangi bir zamanda yeni ölçüm datası ile değiştirilebilir veya güncellenebilir. Rüzgar türbini kataloğunda bir çok rüzgar türbinine ait bilgi mevcuttur. Bu katalog dosyası kullanıcı tarafından güç eğrisi datası, kontrol sistemi hakkında bilgi, rotor yüksekliği gibi istenen karakteristik bilgilerin girilmesiyle düzenlenebilir.

Belirlenen mevkide ait enerji çıktısı hesabı için katalogdan istenen türbin seçilerek dosyası açılır. Enerji üretimi, ortalama güç performansı ve kapasite faktörü Uluslararası Enerji Ajansı standartlarına uygun olarak hesaplanır. Rüzgar türbini kontrol sistemi, hava yoğunluğu, rüzgar ölçüm yüksekliği ve türbin rotor yüksekliği gibi bilgiler bu hesaplamalarda önemli parametrelerdir.

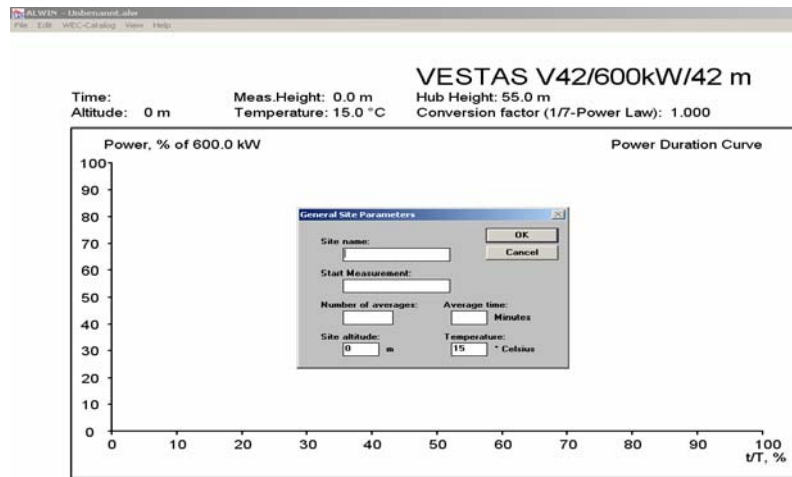
## 2. RETScreen® International ve ALWIN Yazılımları Kullanılarak Rüzgar Enerji Santrali Proje Analizi

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından ilan edilen ortalama yıllık rüzgar hızlarından Gökçeada' ya ait olan değer seçilerek Şekil 1'de görülen RETScreen® International yazılımına uygulanmıştır. Bu çalışmada örnek olarak rüzgar enerji santrali modelleri iki farklı rüzgar türbini konfigürasyonu için planlanmıştır. İlk konfigürasyonda 600 kW'lık 17 adet Vestas V42 model rüzgar türbini yer almaktadır. Vestas V42 model rüzgar türbinine ait güç ve enerji eğrileri yazılım çıktısı olarak Şekil-3' te gösterilmiştir. Bu kapasitede bir rüzgar enerji santrali 10.2 MW elektrik üretim kapasitesine sahiptir. İkinci proje ise 1.65 MW gücünde 6 adet Vestas V66 model rüzgar türbininden oluşmaktadır. Vestas V66 model rüzgar türbinine ait güç ve enerji eğrileri yazılım çıktısı olarak Şekil-4' te gösterilmiştir. Planlanan bu santral 9.9 MW elektrik üretim kapasitesine sahiptir.



Şekil 1. RETScreen® International Rüzgar Enerji Santrali Proje Analiz Yazılımı

Gökçeada' ya ait yıllık ortalama rüzgar hızı değerleri Şekil 2'de görülen ALWIN rüzgar enerji modelleme programına uygulanmıştır. Yazılımın girdileri seçilen rüzgar türbin modeline ait teknik data ve rüzgar hızı değerleridir. Vestas V42 model rüzgar türbinine ait güç ve enerji eğrileri yazılım çıktısı olarak Şekil-5' te, 17 adet 600 kW Vestas V42 model rüzgar türbinlerinden oluşan rüzgar enerji santraline ait güç ve enerji eğrileri ALWIN yazılım çıktısı olarak Şekil-6' te gösterilmiştir. Vestas V66 model rüzgar türbinine ait güç ve enerji eğrileri yazılım çıktısı olarak Şekil-7' de, 6 adet 1.65 MW Vestas V42 model rüzgar türbinlerinden oluşan rüzgar enerji santraline ait güç ve enerji eğrileri ALWIN yazılım çıktısı olarak Şekil-8' te gösterilmiştir.

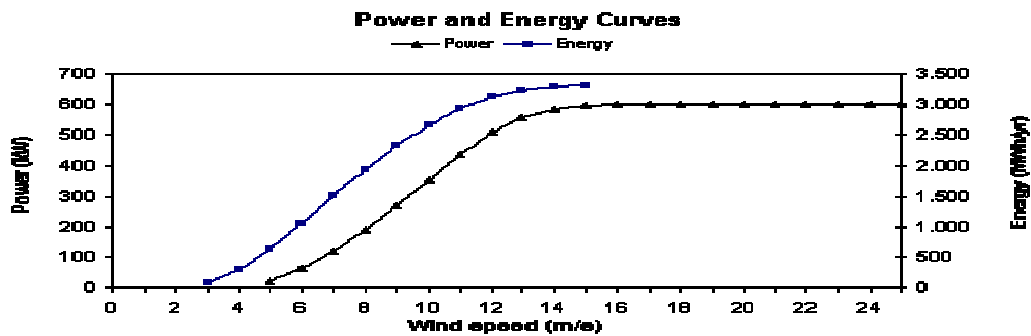


Şekil 2. ALWIN Rüzgar Enerji Modelleme Yazılımı

## 2.1. Retscreen Yazılımı ile 17x600 kW (10.2 MW) Gökçeada Projesi

### RETScreen® Energy Model - Wind Energy Project

Site Conditions		Estimate	Notes/Range	
Project name		Project I		
Project location		Gökçeada		
Nearest location for weather data		Zonguldak		
Annual average wind speed	m/s	7,4		
Height of wind measurement	m	10,0	3.0 to 100.0	
Wind shear exponent	-	0,16	0.10 to 0.25	
Wind speed at 10 m	m/s	7,4		
Average atmospheric pressure	kPa	100,0	60.0 to 103.0	
Annual average temperature	°C	14	-20 to 30	
System Characteristics		Estimate	Notes/Range	
Grid type	-	Central-grid		
Wind turbine rated power	kW	600		
Number of turbines	-	17		
Wind plant capacity	kW	10.200		
Hub height	m	55,0	6.0 to 100.0	
Wind speed at hub height	m/s	9,7	3.0 to 15.0	
Array losses	%	3%	0% to 20%	
Airfoil soiling and/or icing losses	%	2%	1% to 10%	
Other downtime losses	%	2%	2% to 7%	
Miscellaneous losses	%	3%	2% to 6%	
Annual Energy Production		Estimate	Estimate	Notes/Range
Wind plant capacity	kW	600	10.200	
	MW	0,6	10,2	
Unadjusted energy production	MWh	2.571	43.712	
Pressure adjustment coefficient	-	0,99	0,99	0.59 to 1.02
Temperature adjustment coefficient	-	1,00	1,00	0.98 to 1.15
Gross energy production	MWh	2.546	43.275	
Losses coefficient	-	0,90	0,90	0.75 to 1.00
Specific yield	kWh /m <sup>2</sup>	1.661	1.661	150 to 1,500
Wind plant capacity factor	%	44%	44%	20% to 40%
Renewable energy delivered	MWh	2.300	39.105	
	GJ	8281	140778	



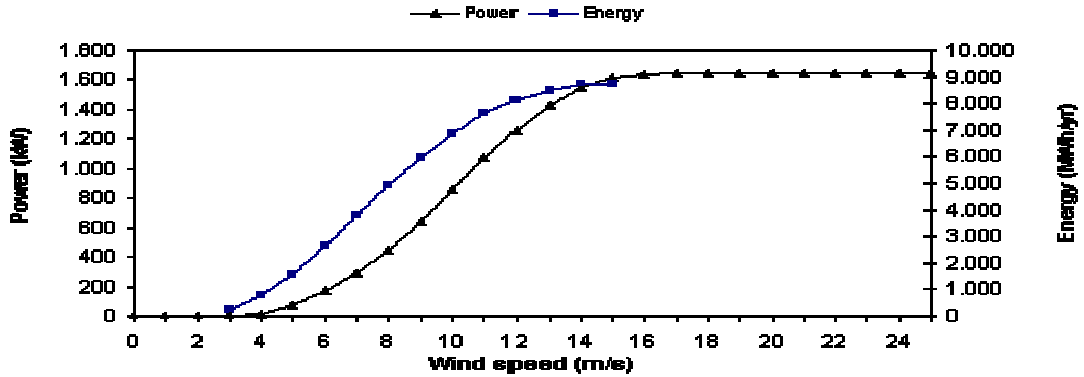
Şekil 3. RETScreen yazılımı tarafından hesaplanan sistem karakteristikleri, yıllık enerji üretimi ile Vestas V42 Rüzgar Türbini Güç ve Enerji Eğrileri

## 2.2. RETScreen Yazılımı ile 6x1.65 MW (9.9 MW) Gökçeada Projesi

### RETScreen® Energy Model - Wind Energy Project

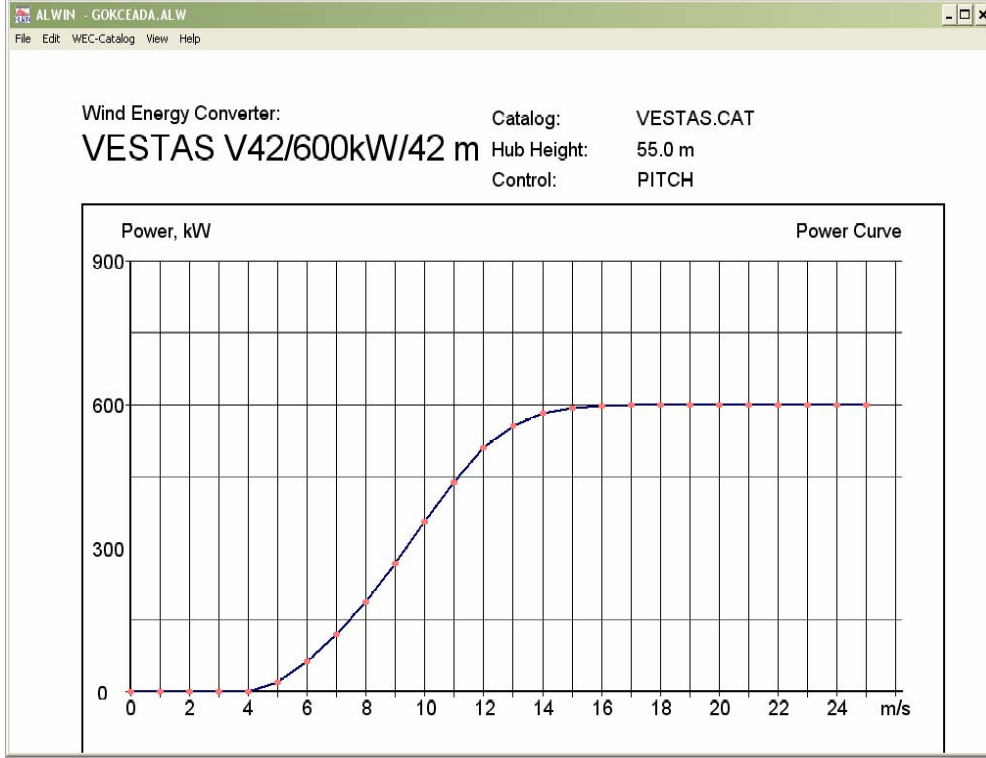
Site Conditions		Estimate	Notes/Range	
Project name		Project II		
Project location		Gökçeada		
Nearest location for weather data		Zonguldak		
Annual average wind speed	m/s	7,4		
Height of wind measurement	m	10,0	3.0 to 100.0	
Wind shear exponent	-	0,16	0.10 to 0.25	
Wind speed at 10 m	m/s	7,4		
Average atmospheric pressure	kPa	100,0	60.0 to 103.0	
Annual average temperature	°C	14	-20 to 30	
System Characteristics		Estimate	Notes/Range	
Grid type	-	Central-grid		
Wind turbine rated power	kW	1.650		
Number of turbines	-	6		
Wind plant capacity	kW	9.900		
Hub height	m	60,0	6.0 to 100.0	
Wind speed at hub height	m/s	9,9	3.0 to 15.0	
Array losses	%	3%	0% to 20%	
Airfoil soiling and/or icing losses	%	2%	1% to 10%	
Other downtime losses	%	2%	2% to 7%	
Miscellaneous losses	%	3%	2% to 6%	
Annual Energy Production		Estimate Per turbine	Estimate Total	Notes/Range
Wind plant capacity	kW	1.650	9.900	
Unadjusted energy production	MWh	6.767	40.604	
Pressure adjustment coefficient	-	0,99	0,99	0.59 to 1.02
Temperature adjustment coefficient	-	1,00	1,00	0.98 to 1.15
Gross energy production	MWh	6.700	40.198	
Losses coefficient	-	0,90	0,90	0.75 to 1.00
Specific yield	kWh /m <sup>2</sup>	1.770	1.770	150 to 1,500
Wind plant capacity factor	%	42%	42%	20% to 40%
Renewable energy delivered	MWh	6.054	36.325	
	GJ	21795	130769	

### Power and Energy Curves

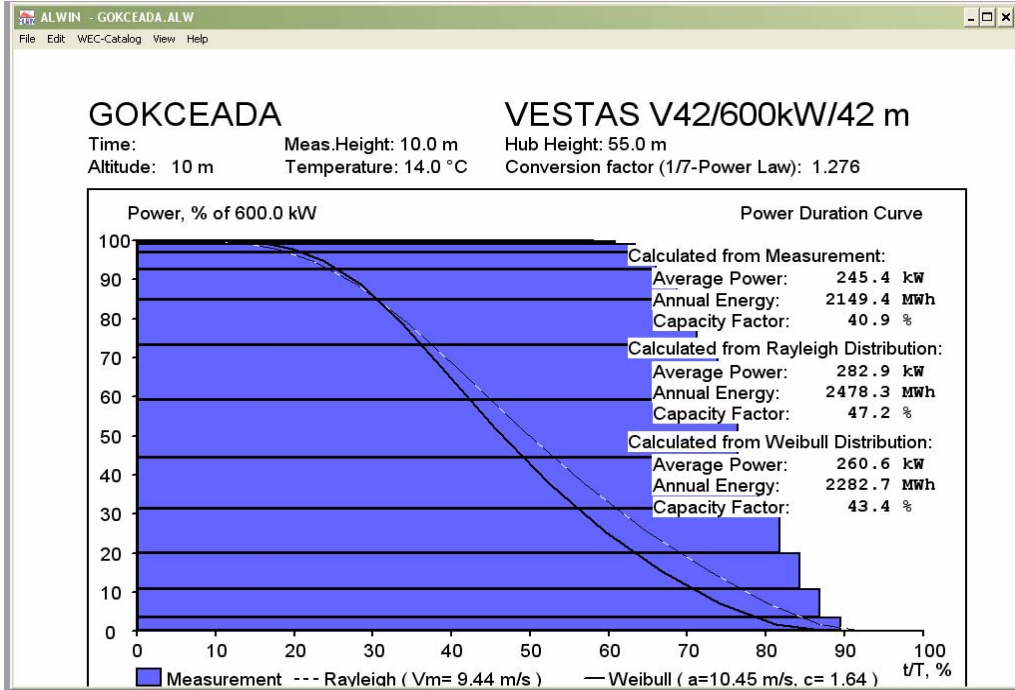


Şekil 4. RETScreen yazılımı tarafından hesaplanan sistem karakteristikleri, yıllık enerji üretimi ile Vestas V66 Rüzgar Türbini Güç ve Enerji Eğrileri

### 2.3. ALWIN Yazılımı ile 17x600 kW (10.2 MW) Gökçeada Projesi

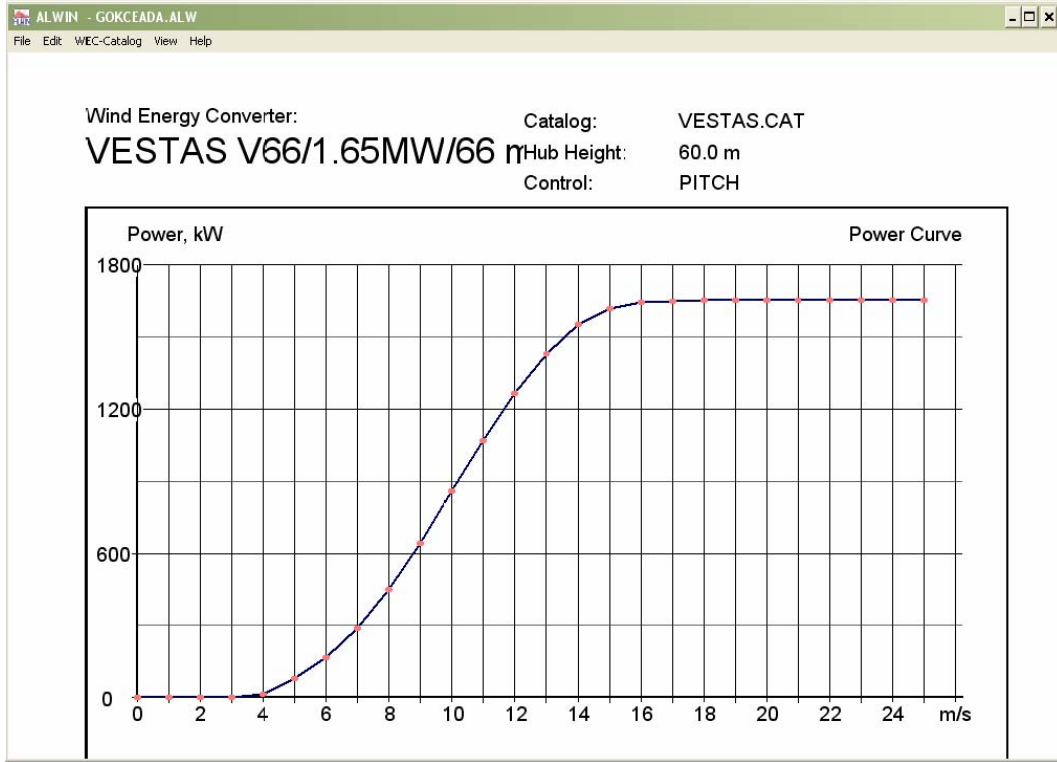


Şekil 5. ALWIN Yazılımı ile hesaplanan Vestas V42 Rüzgar Türbini Güç Eğrisi

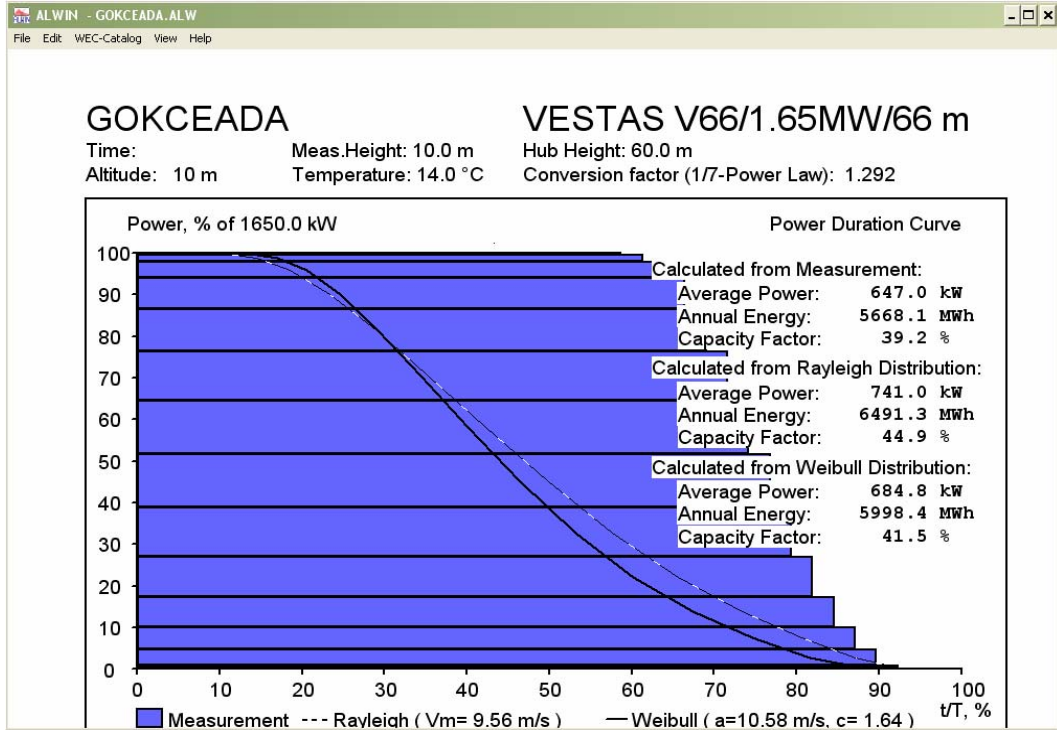


Şekil 6. ALWIN yazılımı ile hesaplanan 600 kW Vestas V42 Türbini Güç Hesabı Diyagramı

## 2.4. ALWIN Yazılımı ile 6x1.65 MW (9.9 MW) Gökçeada Projesi



Şekil 7. ALWIN yazılımı tarafından hesaplanan Vestas V66 Rüzgar Türbini Güç Eğrisi



Şekil 8. ALWIN yazılımı ile hesaplanan Vestas V66 Türbini Güç Hesabı Diyagramı

### 3. RETScreen® International ve ALWIN Rüzgar Enerji Proje Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırılması

Her iki yazılıma uygulanan datalardan elde edilen rüzgar enerji santrali kapasite faktörleri ve yıllık enerji üretim değerleri Tablo-1’ de gösterilmiştir.

Mevki	Rüzgar Enerji Santrali Konfigürasyonu	Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı Değerleri (m/s)	RETScreen Yazılımından Elde Edilen Sonuçlar		ALWIN Yazılımından Elde Edilen Sonuçlar	
			Rüzgar Enerji Santrali Kapasite Faktörü	Enerji Üretimi (MWh)	Rüzgar Enerji Santrali Kapasite Faktörü	Enerji Üretimi (MWh)
Gökçeada	V 42 x 17	7.4	44%	39.105	47.2%	42.131
Gökçeada	V 66 x 6	7.4	42%	36.325	44.9%	38.947

**Tablo 1.** RETScreen® International ve ALWIN Yazılımı Uygulamalarından Elde Edilen Sonuç Datalarının Karşılaştırılması

### 4. Sonuç

Rüzgar enerji santrali kapasite faktörleri Vestas V42 türbin konfigürasyonu için % 44-47.2 ve V66 türbin konfigürasyonu için % 42-44.9 civarında birbirlerine oldukça yakın değerlerde hesaplanmıştır. Gökçeada uygulamalarında Vestas V42 türbin konfigürasyonu için RETScreen yazılımı ile 39.105 MWh; ALWIN yazılımı ise aynı mevki ve şartlar için 42.131 MWh olarak hesaplanmıştır. Her iki uygulama sonucunda şu nokta barizdir ki; Gökçeada yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu bölgelerde yüksek bir verimlilik ile rüzgar enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

### 5. Kaynaklar

- [1] Elektrik İşleri Etüd İdaresi resmi websitesi , [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
- [2] Retscreen® International, Natural Resources Canada, <http://www.etscreen.net>
- [3] Alwin Rüzgar Enerjisi Modelleme Yazılımı, [www.ammonit.de](http://www.ammonit.de)
- [4] Sulukan E., Wind Turbine Technology Scaling Up and Manufacturing Options. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2004.