

Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kayseri İli İçin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi

M. Galip ÖZKAYA, Halil İbrahim VARIYENLİ, Serkan UÇAR

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Okullar, Ankara
gozkaya@gazi.edu.tr , halilv@gazi.edu.tr, hsvserkanucar@gmail.com

Received: 10.05.2007, Accepted: 07.01.2008

Özet: Ülkemizdeki ve dünyada hızla artış gösteren enerji ihtiyacı karşısında, mevcut tükenbilir enerji kaynaklarındaki azalma ve bazı kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Dünya’da konvansiyonel kaynaklardan elektrik üretimi sonucu oluşan çevresel problemler nedeniyle artan hassasiyet, bu sorunların en aza indirilmesi için uygulanan teknolojilerin getirdiği maliyetler ve kullanılan kaynakların yenilenemez oluşu, çevre dostu, yerel kaynak, yakıt maliyeti olmayan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini arttırmıştır. Bu çalışmada; yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisiyle elektrik üretim sistemleri incelenmiş ve Kayseri ili dikkate alınarak çevresel etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr enerjisi, Elektrik üretimi, Çevresel etkiler.

Electricity Production With Wind Energy and The Evaluation of Environmental Effects for Kayseri

Abstract: The rapid increase in demand for energy in our country and around the world, the decrease in the existing energy resources and environmental problems caused by some energy sources, has brought about the

concept of new and renewable resources. Increasing sensitivity caused by the environmental problems incurred by the use of conventional production of electricity around the world, the costs brought by technology employed for efforts of minimizing these consequences and the fact that these resources are not renewable has increased the electricity production from environment friendly, local resources, without fuel cost new and renewable resources. In this study the systems of electricity production from renewable resource of Wind Energy has been examined and taking into consideration the city of Kayseri, the environmental consequences has been evaluated.

Key words : Wind Energy, Electricity production, Environmental consequences.

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacının sürekli artması, bunun yanında ise mevcut kaynakların kısıtlı ve tükenebilir olması, insanoğlunu alternatif enerji kaynaklarını bulma ve geliştirme yoluna itmektedir. Bunun yanı sıra dünyanın yaşanabilirlik ortamının korunması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla yapılan ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemeler ve enerji üretim, iletim ve tüketiminden kaynaklanan çevresel etki ve sorunlar da enerji üretim sistemleri ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin de dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Bugün büyük miktarda ve küresel ölçekte çevre kirliliğine sebep olan klasik fosil yakıt kaynaklı enerji üretim sistemleri yerine hem çevresel etkileri daha az, hatta hiç olmayan, hem de devamlılığı ve yenilenebilirliği sağlayan enerji kaynaklarını bulmak ve geliştirmek zorundayız [1].

Enerji üretirken çevreyi kirletmek, ardından temizlemek ve arıtmak yerine çevreyi kirletmeyen enerji üretim sistemlerini ve kaynaklarını geliştirmek; üretilen enerjinin bir kısmının da arıtma için kullanılması yerine, bu enerjinin temiz üretim sistemlerinin geliştirilmesi için harcanması muhtemelen daha akıllıca olacaktır. İşte bu sebeple, günümüzde klasik enerji kaynaklarına ek olarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak isimlendirilen güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, deniz-dalga enerjileri gibi enerji kaynakları üzerine çalışmalar ve araştırmalar yapılmakta, uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Bugün bu yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyadaki üretim kapasitesi yılda milyon kWh mertebelerine ulaşmıştır [2].

Rüzgâr kaynaklı enerji üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en ileri ve ticari olarak mevcut olanı, aynı zamanda en hızlı gelişenidir. Rüzgâr enerjisinin bu kadar

gelişmesinin nedeni olarak; atmosferde doğal olarak oluşması, kolay kurulumu, teknolojik geliştirilebilirlik ve kullanılabilirliğinin yanında giderek ucuzlayan maliyeti gösterilebilir. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretim sürecinin karbon bağımsız olması, yani atmosfer kirliliğine sebebiyet vermemesi nedeniyle bu kaynak “temiz enerji” olarak da nitelendirilmektedir [3].

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden olan rüzgâr enerjisi ve bu enerjiden elektrik üretim sistemleri ayrıntılı olarak incelenmiş, ayrıca bu enerji kaynağının belirlenmiş çevresel etkileri, Kayseri ili dikkate alınarak analizi yapılmıştır.

2. RÜZGÂR ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNİN KAYSERİ İLİ İÇİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Kayseri’de Elektrik Enerjisi Üretim ve Tüketimi

Kayseri ilinin elektrik ihtiyacı Bünyan ve Sızır hidroelektrik santrallerinden karşılanmaktadır. Elektrik dağıtımı Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş. adlı imtiyazlı bir şirket tarafından yapılmaktadır. Elektrik enerjisinin tüketimi her yıl artmaktadır. 2006 yılı toplam tüketim miktarı Çizelge 2.1’den de görüleceği üzere 2 076 348 833 kWh’dir. Kayseri İli genelinde 397.004 mesken aboneli, 57 961 resmi daire ve ticarethane aboneli, 11 694 sanayi aboneli, 561 il, ilçe içme suyu aboneli, 12 7846 köyler ve diğer aboneler olmak üzere toplam 480.066 elektrik aboneli bulunmaktadır [4].

Çizelge 2.1. Kayseri ilinde 2001-2006 yılları arasındaki elektrik enerjisi tüketimi [4].

ABONE CİNSİ	YILLARA GÖRE TÜKETİM (Kwh)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Meskenler	330 525 075	335 498 445	346 245 364	371 890 899	416.491.452	431.847.426
Resmi Daire ve Ticarethaneler	114 104 771	113 987 228	113 987 228	140 794 160	185.031.999	220.089.225
Sanayi	745 219 531	762 720 133	762 720 133	936 237 794	1.080.923.118	1.221.261.561

İl, İlçe içme suyu	37 583 803	38 511 347	38 511 347	38 080 810	51.586.874	51.353.250
Köyler + Diğer	131 371 067	132 291 257	132 291 257	194 482 506	153.745.845	151.797.371
TOPLAM	1 358 804 247	1 383 008 410	1 545 438 829	1 681 486 169	1.887.779.28 8	2.076.348.83 3

2006 Yılı itibariyle Kayseri'deki kayıp kaçak oranı % 8,14 olup, Türkiye'de kayıp kaçak oranı en düşük il durumundadır. Çizelge 2.2'de 2006 yılında Kayseri ilinde abone ve nüfus başına düşen enerji tüketim miktarları verilmektedir [4].

Çizelge 2.2. Kayseri ili 2006 yılı abone ve nüfus başına düşen enerji tüketim miktarları [4].

ABONE GRUPLARI	ABONE SAYISI	TÜKETİM (kWh)	%	Abone Adedine Düşen Tüketim		Kişi Başı Tüketim
				Ay/kWh	Yıl/kWh	Yıl/kWh
Sanayi – Turizm	11709	1.221.261.561	52.57	7 702	92 426	935
Mesken	397 004	431.847.426	20.25	90	1 078	360
Tic. Res. Daire. Yazıhane. RD: KİT	57 961	220.089.225	8.44	255	3 055	150
R. Spor T. Ve Hayır Kurumları	1 902	18 626 150	0.9	830	9 955	16
Şantiye Geçici Abone	4 939	11 687 830	0.57	225	2 076	10
Tarımsal Sulama	1 563	50 648 552	2.47	3 021	36 255	44
İl – İlçe İçme Suyu	294	51.353.250	2.51	15 353	184 239	45
Camii Sokak İç Tüketim	4 236	59 389 968	2.89	1 178	14 140	51
Hastaneler ve Diğerleri	188	16 689 717	0.81	7 477	89 730	14
Köy İçme Suyu Tesisleri	267	4 233 815	0.21	1 411	16 935	4
Diğer Müesseseler	3	4 157 643	0.22	115 490	1 385 881	4
Kayıp + Kaçak	---	168 103 606	8.14	29	359	145
TOPLAM	480.066	2 076 348 833	100	336	4 039	1 778

Kayseri'de, Kayseri ve Civarı Elektrik A.Ş. dışında elektrik üreten bir başka şirket de Zorlu Endüstriyel Enerji Üretim A.Ş.'dir. 2005 yılı Temmuz ayında inşası tamamlanan doğal gaz boru hattı ve saatte 154 MW kapasiteli Kojenerasyon Santrali Temmuz ayında

faaliyete geçmiştir. Bu dönemden itibaren doğal gazdan üretilen elektrik miktarı Çizelge 2.3’de verilmiştir [5].

Çizelge 2.3. Zorlu endüstriyel enerji üretim A.Ş.’nin yıllara göre elektrik üretim miktarları [5].

2005 YILI ELEKTRİK ÜRETİM MİKTARLARI (kWh)					
AYLAR	TÜKETİM	AYLAR	TÜKETİM		
TEMMUZ	15.049.640	EKİM	58.708.920		
AĞUSTOS	54.642.469	KASIM	68.459.750		
EYLÜL	56.595.249	ARALIK	74.308.270		
TOPLAM	327.764.298				
2006 YILI ELEKTRİK ÜRETİM MİKTARLARI (kWh)					
AYLAR	TÜKETİM	AYLAR	TÜKETİM	AYLAR	TÜKETİM
OCAK	69.065.970	NİSAN	88.674.990	TEMMUZ	94.485.950
ŞUBAT	79.798.860	MAYIS	96.980.910	AĞUSTOS	91.993.670
MART	82.676.670	HAZİRAN	90.948.800	EYLÜL	72.695.790
TOPLAM	767.321.610				
GENEL TOPLAM	1.095.085.908				

2.2. Kayseri’de Rüzgâr Enerjisi

Türkiye Rüzgâr Atlası’na göre Kayseri bölgesinde Pınarbaşı İlçesi, rüzgâr potansiyeli en fazla olan bölgedir. Seçilecek bölgenin rüzgâr hızının yüksekliği ile bağlantı yapılacak trafo merkezine olan uzaklığı da dikkate alınmalıdır. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere yapılacak başvurularda Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından yayımlanan Rüzgâr ve Güneş ölçümlerine İlişkin tebliğ hükümlerine uygun olarak 30 m. yüksekliğinde kurulan rüzgâr gözlem istasyonunda bulunan sıcaklık, rüzgâr hızı ve yön sensörleri ile 2 sn.’lik örnekleme aralığında saatlik bazda ölçmekte ve veri çipleri kaydedilerek 1 yıl süreli ölçüm yapılmaktadır. Yapılan ölçüm sonunda bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelden yararlanılarak üretilebilecek elektrik enerjisi miktarı hesaplanmaktadır. Kayseri İli Merkezinde 1980-2001 yılları arasındaki rüzgar verileri Çizelge 2.4’de gösterilmektedir [6].

Çizelge 2.4. Kayseri ili merkezinde 1980-2001 yılları arasındaki rüzgar verileri [6].

	AYLAR												
	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
*O. R. H. (m/sn)	1.7	1.9	2.2	2.4	2.0	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.8
**E.Y.E.R. H. (m/sn)	41.5	39.0	37.8	31.0	27.3	22.8	24.4	18.1	22.4	24.3	30.7	28.5	41.5

*O.R.H.: Ortalama Rüzgar Hızı

**E.Y.E.R.H.: En Yüksek Esen Rüzgar Hızı

Rüzgâr gözlem istasyonu yer belirleme araştırmalarında Pınarbaşı ilçesi Şirvan Dağı'nda da değişik günlerde anlık rüzgâr değerleri ölçülmüş ve ayrıca Elektrik İşleri Etüt İdaresi elemanları ile birlikte söz konusu yer incelenmiştir. Pınarbaşı ilçesi Şirvan Dağı'nda rüzgâr kapasitesinin olabileceği ancak dağın 2300 m. yüksekliğinden dolayı santralden elde edilecek gücün %25 civarında azalacağı, 7 km. uzunluğundaki dağ yolunun dar ve dik olması nedeniyle santral kurulmasında malzemelerin taşınamayacağı, kurulabilecek rüzgâr santrali dağ üzerinde 3 ila 4 yerde kurulabileceği, bu sayının santral için verimli olmayacağı belirtilmiştir. Bu nedenle Şirvan Dağı'nda rüzgâr potansiyelinin belirlenmesi için rüzgâr gözlem istasyonu kurulmamıştır [7].

Ayrıca, Şirvan Dağı'nda Radyo ve TV vericilerinin bulunması, kurulabilecek rüzgâr türbinlerinden kaynaklanan elektromanyetik alan etkisi açısından da uygun görülmemektedir. Kayseri civarında rüzgâr enerjisi potansiyeli uygun olan yerlerin tespiti ve ölçümünün yapılması için Kayseri ve Civarı Elektrik A.Ş. (KCETAŞ) ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü arasında protokol düzenlenmiştir. Bu protokole göre "Koramaz Dağı" mevkiinde rüzgâr gözlem istasyonu kurularak 1 yıllık rüzgâr ölçümleri tamamlanmış olup, fizibilite raporu hazırlanması çalışması devam etmektedir.

Kayseri ili, Talas ilçesinin güneydoğusunda 2000 m. yükseklikte Ali Dağı bulunmaktadır. Ali Dağı Erciyes Dağı'nın püskürtmesi sonucu oluşan volkanik bir dağdır. Ali Dağı'nın rüzgâr potansiyeli bakımından yüksek olduğu tahmini, arazinin engebeli olmaması ve önemli çevresel engellerin bulunmaması açısından bu bölgede potansiyel

araştırması yapılması uygun görülmektedir. Ali Dağı'nda görülen tek dezavantaj, telsiz vericilerinin bu bölgede bulunması olarak görülmektedir.

2.3. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)

Çevresel etki değerlendirmesinin amacı, ekonomik ve sosyal gelişmeye engel olmaksızın, çevre değerlerini ekonomik politikalar karşısında korumak, planlanan bir faaliyetin yol açabileceği bütün olumsuz çevresel etkilerin önceden tespit edilip, gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

İyi işleyen bir ÇED sürecinin şeffaf tabiatı sayesinde, halka/diğer ilgili taraflara danışarak ve olabildiğince gerçekleştirilmesi istenen projeye ilişkin ve geniş çapta bilgi toplayarak, projenin uygulanması sırasında ortaya çıkabilecek olası problemler, henüz projenin tasarım aşamasında çözülebilir veya hafifletilebilir. Bu yolla (bazen öngörülen) problemlerin pek çoğu, fiili uygulama başlamadan çözülmeye çalışılır ve böylelikle maliyetli zaman kaybı önlenmiş olur. Önerilen projeye getirilen çeşitli alternatiflerin ÇED çalışması kapsamında incelenmesi, çevresel faydaları artırırken, proje sahibinin maliyetlerini azaltabilecek başka seçenekler de sunabilir [8].

2.3.1. Hava kirliliğine etkisi

Alternatif elektrik üretim yöntemleriyle karşılaşıldığında rüzgâr enerjisinin en önemli çevresel yararı, hava kirliliği açısından herhangi bir kirliliğe neden olmamasıdır. Rüzgâr enerjisi, fosil yakıtlardan kaynaklanan CO₂ emisyonunu düşürecektir. Rüzgâr enerjisi, küresel ısınmaya karşı Kyoto Protokolü ile başlatılan savaşın en önemli silahlarından biridir [9].

Çizelge 2.5. Elektrik enerjisi üretimi sırasında küresel ısınma ve asit yağmurlarına neden olan CO₂, SO₂, NO_x emisyonları [9].

Enerji Kaynağı	CO ₂ (kg/1000 kWh)	SO ₂ (kg/1000 kWh)	NO _x (kg/1000 kWh)
Kömür	963	0.62	3.6
Doğalgaz	608	0.0032	2.1
Petrol	890	5.58	1.6
Rüzgâr	0.0	0.0	0.0

Kükürt dioksit ve Partiküler Madde değerlerinin uluslar arası sınır değerleri Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7’de verilmektedir.

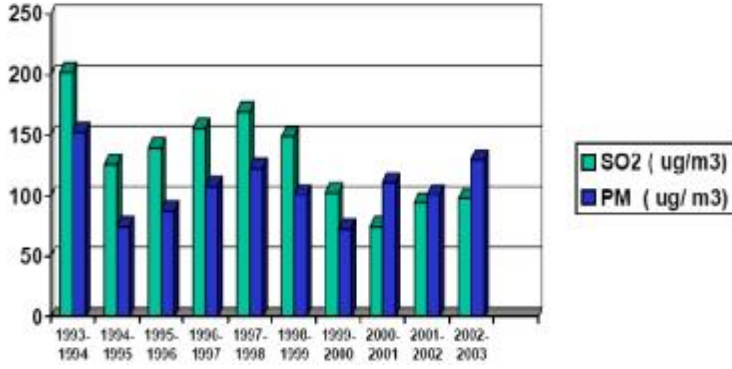
Çizelge 2.6. Kükürt dioksit emisyonlarının uluslararası sınır değerleri [10].

Partiküler Maddenin (PM) Uluslar arası Sınır Değerleri				
Sınır Değeri	Günlük Ortalama	Aşılmaması İstenen Gün Sayısı	Sınır Değerin Aşıldığı Gün Sayısı	Yıllık Ortalama
Veren Kuruluş	Sınır Değer			Sınır Değer
	mg/m ³			mg/m ³
WHO(1)	-	-	-	-
EPA(2)	150	-	10	50
EU(3)	50	35	93	40
BENELUX(4)	-	-	-	-
HKKY(5)	300	-	-	150

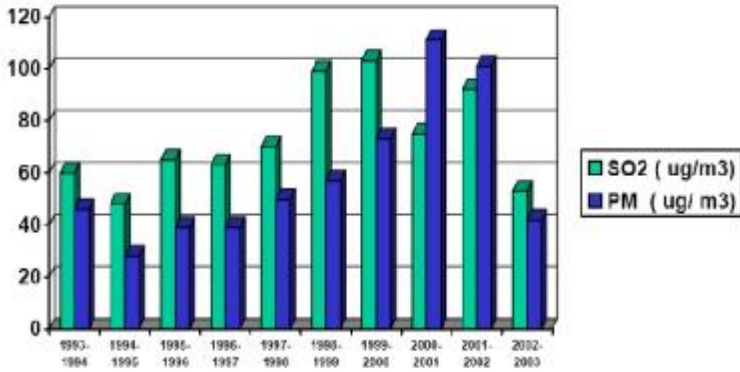
Çizelge 2.7. Partiküler madde emisyonlarının uluslararası sınır değerleri [10].

Partiküler Maddenin (PM) Uluslar arası Sınır Değeri				
Sınır Değeri	Günlük Ortalama	Aşılmaması İstenen Gün Sayısı	Sınır Değerin Aşıldığı Gün Sayısı	Yıllık Ortalama
Veren Kuruluş	Sınır Değer			Sınır Değer
	(mg/m ³)			(mg/m ³)
WHO (1)	-	-	-	-
EPA (2)	150	-	10	50
EU(3)	50	35	93	40
BENELUX (4)	-	-	-	-
HKKY (5)	300	-	-	150

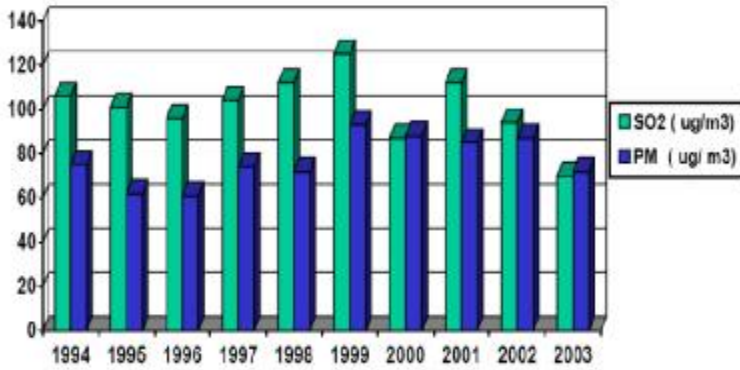
Kayseri ili için yaz-kış sezonu ve ortalama emisyon değerlerinin yıllar itibariyle ölçüm değerleri aşağıdaki şekillerde verilmektedir [10].



Şekil 2.1. Kayseri il merkezinde yıllar itibariyle kış sezonuna (Ekim-Mart) ait kükürt dioksit (SO2) ve partikül madde (PM) ölçüm sonuçları [10].



Şekil 2.2. Kayseri il merkezinde yıllar itibariyle yaz sezonuna (Nisan-Eylül) ait kükürt dioksit (SO2) ve partikül madde (PM) ölçüm sonuçları [10].



Şekil 2.3. Kayseri il merkezinde 1994-2003 yıllarına ait kükürt dioksit (SO2) ve partikül madde (PM) ölçüm sonuçları yıllık ortalamaları [10].

2005 yılı Aralık ayında kükürtdioksit (SO2) ve partiküler madde (duman) ortalamalarının en yüksek olduğu il ve ilçe merkezleri Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8. 2005 yılında kükürt dioksit ve partiküler madde ortalamalarının en yüksek olduğu il ve ilçe merkezleri [10].

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mikrogram / metreküp)					
Kükürt di oksit (SO ₂)			Partikül Madde (Duman)		
1	Tekirdağ	319	1	Konya	193
2	Bayburt	218	2	Kayseri	188
3	Siirt	171	3	Siirt	167
4	Kütahya	157	4	Kütahya	149
5	Kayseri	146	5	Elazığ	130
6	Niğde (Bor)	145	6	Bursa (Orhagazi)	126
7	Erzurum	142	7	Gaziantep	120
8	Niğde (Merkez)	136	8	Bayburt	112
9	Yozgat	112	9	Antalya	107
10	Bilecik (Bozüyük)	111	10	Ankara	104

Rüzgâr türbinleri CO₂ salınımının azaltılmasında son derece önemlidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan 500-600 kW'lık bir türbin yılda ortalama 1,1 milyon kWh enerji üretir. 1 kW'lık enerji üretmek için fosil kökenli yakıtlarda yaklaşık 0,7 kg. CO₂ açığa çıkar. Dolayısıyla yukarıda belirtilen bir türbin, yılda 1,1 milyon kW'lık enerji üretirken, 1,1 Milyon x 0,7 kg., yaklaşık olarak 750 ton her yıl CO₂ salınımı önlenmiş olur. Öte yandan 1 acre (0,404 Dönüm) orman (bitki) başına yılda yaklaşık 5 ton CO₂'yi atmosferden temizler. Öyleyse 500 kW'lık bir türbinle elde edilecek enerji ile 150 acre'lik ormanın (57 000 ağaçlık) yapacağı CO₂ temizleme işine eş değer (750 ton / 5 = 150 ton) bir iş yapılmış olur [11].

2005 yılı Temmuz ayında faaliyete geçen Kayseri ilindeki mevcut doğal gaz kojenerasyon santralinin Eylül 2006 tarihi itibarıyla doğal gazdan elektrik üretiminin 1 095 085 908 kW. (Bkz. Çizelge 2.3) olduğu verilmiştir. Üretilen bu elektrik miktarına karşılık tüketilen doğal gaz miktarı ise 252 961 375 Sm³'tür [41].6

Üretilen bu enerji dünya çapında, ulusal ve kentsel olarak, hava kirliliği ve küresel ısınma açısından değerlendirildiğinde; 1 095 085 908 kW. x 0,7 kg., yaklaşık 767 000 ton CO₂ atmosfere salınmış ve küresel ısınmaya etkisi artırılmıştır.

Bu enerji miktarının rüzgar enerjisinden üretilmesi durumunda Kayseri'nin büyük bir bölümünün elektrik ihtiyacının karşılanması ve yüksek emisyon değerlerindeki CO₂ tasarrufu sağlanmış olacaktır. Rüzgâr enerjisi çevre dostu, çevreye zarar vermeyen bir enerji üretim biçimidir. Dünya'da en çok, kömür yakıtlı termik santrallerden elektrik üretilmektedir. 1kWh'lik enerjinin rüzgârdan üretilmesiyle çizelge 2.9'da belirtilen miktarlarda kirletici yayılımları önlenmiş olur [11].

Çizelge 2.9. 1 kW'lık enerjinin rüzgar enerjisi üretimiyle salınımı önlenen emisyonları[11].

Emisyon Tipi	Miktarı (gr)
Karbon di oksit (CO ₂)	0,7
Kükürt di oksit (SO ₂)	7,1
Azot oksitler(NO _x)	2,8
Karbon monoksit(CO)	0,9
Patikül madde (PM)	0,18

2.3.2. Yer seçimi ve alan ihtiyacı

Rüzgâr enerjisi parklarının geniş alan istemesi bir sorun gibi gözükebilir. Tek türbin açısından bakıldığında alan gereksinimi 700-1000 m²/MW düzeyindedir. Rüzgâr parklarının birim kurulu güç başına toplam alan gereksinimi ise, bunun 150-200 katı üzerinde olup, tarla özgül alanı 0,1-0,2 km²/MW arasındadır. Ancak rüzgâr tarlalarında türbinlerin kapsadığı gerçek alan, park toplam alanının % 1 - 1,2'si kadardır [11].

Türbinlerin aralarında tarımsal amaçlarla kullanılabildiğinden, arazi kaybı söz konusu değildir. Bir rüzgâr santrali ile bir hidroelektrik santralinin kara kullanım miktarları hem kurulu güç hem de enerji üretimi açısından Çizelge 2.10'da verilmiştir [11].

Çizelge 2.10. Rüzgâr santrali ile hidroelektrik santralinin kurulu güç ve enerji üretimine bağlı olarak arazi kullanım miktarları karşılaştırması [11].

Santral Tipi	Kurulu Güce Göre Arazi Kullanımı (km ² /GW)	Üretilen Enerjiye Göre Arazi Kullanımı (km ² /GWh)
Hidroelektrik Santralleri	1600 – 9000	0,75
Rüzgâr Santralleri	47 - 160	0,12

2.3.3. Gürültü etkisi

Sanayileşme ve modern teknolojinin ilerlemesiyle ortaya çıkan çevre sorunlarından biri de gürültü kirliliğidir. Gürültü “istenmeyen ve dinleyene bir anlam ifade etmeyen ses” olarak tanımlanabilir. Bu tanıma bakıldığında, sesin gürültü niteliği taşıması için mutlaka yüksek düzeyde olması gerekmediği anlaşılmaktadır. Ses şiddetinin insan sağlığı üzerindeki fizyolojik etkileri Çizelge 2.11’de verilmiştir [12].

Çizelge 2.11. Ses şiddetinin fizyolojik etkileri [12].

Yoğunluk (W/m^2)	dB(A)	Fizyolojik Cevap
103	150	Hızlı Hasar
102	140	
10	130	Ağrı Eşiği
1	120	
10^{-1}	110	
10^{-2}	100	
10^{-3}	90	Geçici İşitme Kaybı
10^{-4}	80	Geçici İşitme Kaybı
10^{-5}	70	
10^{-6}	60	Rahat İşitme
10^{-7}	50	
10^{-8}	40	
10^{-9}	30	
10^{-10}	20	
10^{-11}	10	
10^{-12}	0	İşitme Eşiği

Kayseri ilinin muhtelif yerlerindeki trafik gürültüleri; trafiğin yoğun olarak yaşandığı bölgeler, yollar, kavşaklar, vb. bölgelerde yapılan gürültü ölçümleri aşağıda verilmektedir [10].

Çizelge 2.12. Kayseri ilinin muhtelif yerlerindeki trafik gürültüleri [10].

Ölçülen Yer	Ölçülen Değer
Düvenönü Kavşağı	75 – 95 (dBA)
Meydan Kavşağı	85 – 95 (dBA)
Yoğunburç Kavşağı	80 – 95 (dBA)
Kıçıkapı Kavşağı	75 – 90 (dBA)
Sivas Caddesi	70 – 90 (dBA)
Hastane Caddesi	70 – 85 (dBA)
İstasyon Caddesi	65 – 80 (dBA)
Osman Kavuncu Caddesi	65 – 85 (dBA)
Demiryolu	70 – 105 (dBA)

Çizelge 2.13. Kayseri ili sanayi bölgelerinde yapılan gürültü ölçümleri [10].

Ölçülen Yer	Ölçülen Değer
Ağaç İşleri Sanayi	75 – 95 (dBA)
Yeni Sanayi	70 – 90 (dBA)
Eski Sanayi	80 – 90 (dBA)
Orta Sanayi	75 – 95 (dBA)

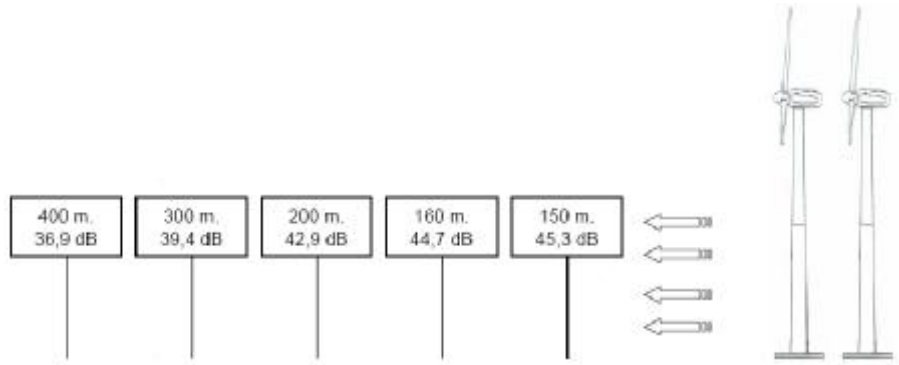
Çizelge 2.14. Kayseri ilinde bazı yerleşim alanlarında yapılan gürültü ölçümleri [10].

Ölçülen Yer	Ölçülen Değer
Esenyurt Mahallesi	65 – 85 (dBA)
Yeni Mahalle	60 – 80 (dBA)
Sivas Caddesi	75 – 95 (dBA)
Kılıçarslan Mahallesi	65 – 95 (dBA)
Gültepe Mahallesi	60 – 75 (dBA)

Çizelge 2.15. Kayseri ili havaalanı yakınlarında yapılan ölçüm sonuçları [10].

Ölçülen Yer	Ölçülen Değer
Yeşil Mahallesi	70 (dBA)
Boztepe Mahallesi	75 (dBA)
Sancaktepe Mahallesi	72 (dBA)
Zümrüt Mahallesi	67 (dBA)

Rüzgâr türbinleri genellikle yerleşim bölgelerine uzak inşa edildiklerinden gürültü ve görüntü kirliliği en az düzeydedir. Şimdiye kadar yapılan testlerin sonucuna göre hem küçük hem de büyük rüzgâr enerjisi dönüşüm sistemlerinin oluşturduğu işitilebilir gürültü büyük çevresel etki göstermemektedir. Bütün testlerde kaydedilen gürültü seviyesi, çok yakınındaki yerlerde bile kabul edilebilir düzeydedir. 30 Adet 300 kW'lık türbinden oluşan bir çiftliğin yerleşim yerinden 500 m. uzağa konulması tavsiye edilmektedir [13].



Şekil 2.4. Çevre açısından gürültü faktörü [13]

Belki de rüzgâr türbinlerindeki en büyük çevresel sorun gürültü olarak görülmektedir. İngiltere'de bu sorundan dolayı 10 türbinden fazla veya 5 MW'dan büyük güçte olan rüzgâr çiftlikleri milli park alanlarında kurulamamaktadır [14].

Oluşan gürültüye rağmen türbin sahasında iki kişi çok rahatlıkla sesini yükseltmeden konuşabilmektedir. Kayseri genelinde bu sorun kanat ucu tasarımı ile diğer ses üreten mekanizmaların seçim kriterlerine dikkat edilerek ve yalıtım materyalleri kullanılarak ses problemi oldukça azaltılabilir. Bir diğer önlem ise bu tip santrallerin yerleşim alanlarının dışında kurulmasıdır. Ayrıca Kayseri ili merkezinde alınan gürültü seviyelerine de bakıldığında rüzgâr türbinlerinin, kayseri ili için gürültü anlamında bir çevresel etki oluşturmadığı ve göz ardı edilebilecek düzeyde olduğunu söyleyebiliriz [14].

2.3.4. Rüzgâr türbinlerinin görsel etkisi

Rüzgâr tarlalarının en çok tartışılan çevresel etkisi görsel ve onları çevreleyen manzara üzerindeki etkisidir. Ama rüzgâr türbinlerinin görsel kirliliği kişisel bir kavramdır, bazen de ilgi çekici olabilir.

Gölge titreşimi ve parıltı görsel etkinin bir başka durumudur. Güneşin doğuşu ve batışı esnasında rüzgâr türbinlerinin dönmekte olan kanatları gölge oynamasına, gölge titreşimine neden olabilir. Aynı şekilde cilalı kanatlara gelen güneş ışığı da civara yansyarak parıltı etkisi yaratabilir. Bu sorunlar, kanatların ve türbinin günün her şartlarındaki renk koşullarına uyan açık mat gri renk ile boyanması ile en aza indirilebilir.

Bir diğer görüntü kirliliğini engellemek için pilon tipi kafes kulelerin yerine boru tip kuleler kullanılmalıdır. Söz konusu rüzgâr türbinlerinin görsel etkisi; temiz, çevreci ve ucuz bir enerji üretimi dikkate alındığında, estetik zevkten özveri gerekmektedir.

Ayrıca, Resim 2.1.'de Kayseri ilinde yüksek rüzgar potansiyeli tespit edilen Koramaz Dağı'nda da 5'erli gruplar halinde rüzgar türbinlerinin fotomontaj ile yerleştirilmesi gösterilmektedir.



Resim 2.1. Kayseri ili Koramaz Dağı'nda fotomontaj ile rüzgâr türbinlerinin görüntüsü [14].

Fotomontaj görüntü örneklerinden de görüleceği üzere rüzgar türbinlerinin görsel ve onları çevreleyen manzara üzerindeki etkisi, uygun yer seçimiyle engellenebileceği gibi rüzgar enerjisinin ulusal ve dünya çapında çevreye duyarlı bir enerji kaynağı ve

yenilenebilir enerji kaynaklarından olması her zaman için birinci planda göz önünde bulundurulmalıdır.

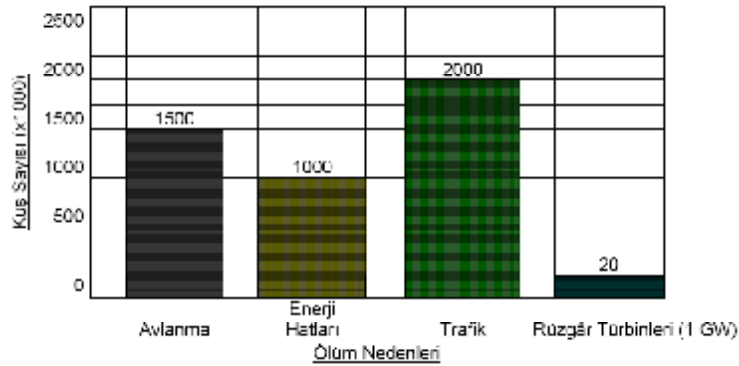
2.3.5. Rüzgâr türbinlerinin kuş ölümlerine etkisi

Bir başka çevresel dezavantaj ise kuş ölümleri olarak karşımıza çıkar. Kuş ölümleri daha çok toplu göçler sırasında karşılaşılan bir sorundur. Fakat bu sorun yüksek gerilim hatlarının yarattığı tehlikelerden büyük değildir.

Danimarka’da Ornis Consult tarafından yapılan bir araştırma ile yerleşik kuşların türbinlere kolayca alışıarak yuva yaptığı görülmüştür. Birçok göçmen kuş sürüsü de 150 metreden yukarıda uçtuğundan, türbin kanatları bunlar için bir tehlike teşkil etmez.

Kuş göçleri genellikle 300-1000 metre arasında yoğun olmakla birlikte çok yükseklerde uçan kuşlar da vardır. Ama yine de rüzgâr çiftliklerinin kurulduğu alanların göç yolları üzerinde olmaması en iyi çözümdür. Küresel ve ulusal önemi açısından Afrika, Asya ve Avrupa kuş göç yollarının birleşme noktası olan Kayseri’nin il sınırları içerisinde bulunan bölgeler; Sultansazlığı, Kapuzbaşı kaynakları, Hürmetçi sazlığı, Palas (Tuzla) gölü ve Zamantı nehridir [15].

Şekil 2.5’de Danimarka’da yıllık tahmini kuş ölümleri ve nedenleri gösterilmektedir [16].



Şekil 2.5. Danimarka’da yıllık tahmini kuş ölümlerinin nedenleri [16].

Kayseri’de önemli kuş göç rotaları üzerinde bulunan bu bölgelerde, rüzgâr çiftliklerinin kurulmamasına özen gösterilmelidir.

2.3.6. Rüzgâr türbinlerinin habitata etkisi

Rüzgâr santrallerinin kurulacağı yerin seçiminde yeterli rüzgâr potansiyeli ve arazi imkânından başka, iletim hattına uzaklığı, trafo gücü, sit alanı ve/veya doğal koruma, milli park alanı olup olmaması, yakınında uzun mesafeli alıcı-verici antenler ve bağlantı hatları bulunmaması gibi özelliklere de dikkat edilmelidir. İngiltere başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde büyük rüzgâr türbinlerinin yarattığı çevre sorunları nedeniyle milli park alanlarının sınırları içerisine ve çok yakınına kurulması yasaktır [1].

Ramsar Sözleşmesi kriterlerine göre uluslar arası öneme sahip 56 sulak alanlar listesinde, içerisinde Türkiye'nin de bulunduğu, Kayseri ilinde Sultansazlığı (ÖKA-No:52) ve Palas/Tuzla (ÖKA No:51) gölü yer almaktadır.

Kayseri ilinde rüzgâr santrallerinin, Ramsar Sözleşmesine göre 1993 yılında doğal SİT alanı statüsü verilen Sultansazlığı ve Palas Gölü sulaklanları yakınlarna, konulması habitatın korunması açısından uygun görülmemektedir [17].

2.3.7. Rüzgâr türbinlerinin elektromanyetik enterferans etkisi

Elektromanyetik girişim, diğer bir sorundur. Yapılan araştırmalarda, elektromanyetik girişim ile TV ve radyo yayınlarının, havacılık ve denizcilik haberleşmelerinin olumsuz etkilendiği ortaya konmaktadır [14].

Enterferansın oluşma sebebi, rüzgâr türbinindeki kanatlar ve gövdenin bir ayna görevi görmesidir. Alıcıdan gelen sinyaller yansıtılır ve yansıtılmış sinyaller alıcıya giden direkt sinyalleri etkileyebilir. En kötü koşullar yüksek frekanslarda olmaktadır. Büyük metal kanatlı bir rüzgâr türbininin düşük kaliteli bir alıcı ve vericinin arasında zayıf sinyalleri dağıtmasıyla meydana gelir. Rüzgâr türbinlerinin mikrodalga rotaları üzerinde bulunmaması, yerel yükselticilerin kullanılmasıyla veya kablo bağlantılarıyla elektromanyetik enterferans etki aşılabilmektedir [18].

Rüzgâr türbinlerinin elektromanyetik girişim etkisi kanat büyüklüğü ve malzemesi ile de ilişkili olarak değişmektedir. Metal malzemelerin kullanıldığı türbinlerde gürültü ve elektromanyetik girişim oranı yüksektir. Bu problem, rüzgâr türbin kanatlarının tahta, fiberglas veya kompozit esaslı malzemelerden imal edilmesiyle aşılabilecektir [19].

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rüzgâr enerjisi Dünya'daki enerji sorununa atmosferde doğal olarak oluşması ve çevre kirliliği oluşturmaması gibi özellikleriyle uygun alanlarda çözüm olabilecek bir enerji kaynağıdır.

Çevresel etki değerlendirmesinde Kayseri ili için dikkate alınan unsurlar; yer seçimi ve alan ihtiyacı, hava kirliliği, gürültü etkisi, görsel etkisi, türbinlerinin kuş göç yolları üzerinde bulunup bulunmaması, habitata etkisi, doğal koruma alanlarına etkisi ve elektromanyetik alan etkisi olarak sıralanabilir. Bu çalışma, Kayseri ili için çevresel etkilere çözüm içermektedir.

Türbinlerin kuş göç yolları üzerinde bulunup, bulunmaması durumu; Kuş göçleri genellikle 300-1000 metre arasında yoğun olmakla birlikte çok yükseklerde uçan kuşlar da vardır. Bu uçuş mesafelerine denk gelen bir rüzgâr türbini bulunmamaktadır. Küresel ve ulusal önemi açısından Afrika, Asya ve Avrupa kuş göç yollarının birleşme noktası olan Kayseri'nin il sınırları içerisinde bulunan bölgeler; Sultansazlığı, Kapuzbaşı kaynakları, Hürmetçi sazlığı, Palas (Tuzla) gölü ve Zamantı nehridir. Kayseri ilinde planlanabilecek rüzgâr çiftliklerinin belirtilen kuş göç yolları üzerinde olmaması en iyi çözümdür.

Türkiye'deki illerin hava kirliliği istatistikî bilgileri açısından değerlendirildiğinde, kükürtdioksit ve partiküler madde ortalamalarının en yüksek olduğu iller arasında yer alan Kayseri ili için, en kısa zamanda bölgelerin gerçekçi rüzgâr enerjisi potansiyel araştırmaları ve tüm ülke genelinde gündem oluşturma çalışmalarına hız verilmesi, gerek çevrenin korunması gerekse ülke ekonomisine katkısı bakımından çok önemli görülmektedir.

Rüzgâr türbinlerinin gürültü ve elektromanyetik alan etkisi açısından değerlendirildiğinde, Kayseri ili merkezinin farklı bölgelerinde alınan gürültü ölçümleri ortalama 65-95 dBA civarındadır. Rüzgâr türbini çiftliklerinden kaynaklanan gürültü seviyeleri bu kadar yüksek olmamakla birlikte rüzgâr türbinlerinin Kayseri ili merkezinden uzak, merkez dışındaki bölgelerde ise yerleşim yerlerinden en az 500 m. mesafede konulması uygun görülmektedir. Türbinlerin Radyo, T.V, havacılık haberleşme araçlarına enterferans etkisi söz konusudur. Rüzgâr türbinlerinin Kayseri genelindeki alıcı-verici, haberleşme istasyonlarının bulunduğu alanlarda yakın olmaması, havaalanlarına yakın bulunmaması, yerel yükselticilerin kullanılması, türbin kanatlarının tahta, fiberglas veya

kompozit esaslı malzemelerden imal edilmesiyle elektromanyetik enterferans etki aşılabilmektedir.

Rüzgâr türbinlerinin habitata ve doğal koruma alanlarına etkisinin değerlendirilmesi; Kayseri ilinde, Ramsar Sözleşmesine göre 1993 yılında doğal SİT alanı statüsü verilen Sultansazlığı ve Palas Gölü sulak alanları yakınlarına, ayrıca milli park alanı statüsünde yer alan Aladağlar bölgesine konulması habitatın korunması açısından uygun görülmemektedir.

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretim sistemlerinden olan ve deneysel araştırma çalışmaları devam eden YHART (Yükselen Hava Akımlı Rüzgâr Türbinleri) modelinin Türkiye'nin geniş ve verimli bölgelerinden olan Kayseri bölgesi için dikkate alınarak inceleme ve geliştirme çalışmalarının yapılması uygun görülmektedir.

Rüzgâr türbinlerinden kaynaklanan çevresel etkiler, uygun fizibilite çalışması ve teknolojik imkânlar sayesinde azaltılıp, hatta tamamen çözüme kavuşturulabilecektir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Varınca, K., ve Varank, G., “Rüzgar Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Enerji Yönetimi Sempozyumu, Kayseri, **2005**, p. 367-376.
- [2] Kavas, A.O., “Enerji Politikaları, Üretimi ve Fiyatlandırmaları”, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 33, **2004**. P. 9-15.
- [3] Topçu, S., Menteş Ş. S., Yurdanur, S. Ü., Aslan Z., “Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin belirlenmesinde Yer Seçiminin Önemi: Sinop Örneği”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, II. Çevre ve Enerji Kongresi, İstanbul, **2001**, p. 145-154.
- [4] KCETAŞ, “2005 Yılı Faaliyet Raporu-Görev Bölgeleri”, Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş., Kayseri, **2005**, p. 10-11.
- [5] İnternet: Elektrik Üretim Anonim Şirketi “Elektrik Üretim Tesisleri” <http://www.euas.gov.tr/Euas/web/> **2006**.
- [6] Yılmaz, İ., İlbaş, M., Su, Ş., “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum ve Sergisi, Kayseri, **2003**, p. 401-408.

- [7] Aksebzeci, Ö.F., Payza, A., ve Başar M., (Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş.), “Rüzgarın Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımı Araştırması Raporu”, Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş., A.44.RPR.7, 2005, p. 1-3.
- [8] İnternet: Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğü, <http://www.cedgm.gov.tr/>.
- [9] Çağlar, M., Canbaz M., “Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, **2002**, p. 347-357.
- [10] Ceran, M., “Kayseri İl Çevre Durum Raporu”, Kayseri İl Çevre ve Orman Müdürlüğü-ÇED Şube Müdürlüğü, Kayseri, **2004**, p. 3-234.
- [11] Karadeli, S., “Rüzgar Enerjisi”, Elektrik Enerjisi Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara, **2001**, p. 1-38.
- [12] Güven, H.R., Özarslan, M. İ., “Rüzgar Türbinleri ile Enerji Elde Edilmesi”, SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, **2004**, 8 (1): p. 118-122.
- [13] EİE, “Rüzgâr Enerjisi”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Yayını, **1992**, p. 20-35.
- [14] ŞEN, Ç., “Gökçeada’nın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgar Enerjisi ile Karşılanması”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, **2003**, p. 57-71.
- [15] Bilgin, C.C.,”Kuşların Gizemli Yolculuğu: Göç”, Bilim ve Teknik Dergisi,Yeni Ufuklar Eki, 438, **2004**, p. 3-5.
- [16] Yarar, M., Magnin, G., “Türkiye’nin Önemli Kuş Alanları”, Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul, **1997**, p. 235-240.
- [17] Yılmaz, S., “Çevresine Yaşam Sunan Bir Göl-Tuzla”, Ulusal Doğa Koruma ve Belgeselleme Derneği-Doğabel Dergisi, Kayseri, 1, **2005**, p. 5-11.
- [18] Walker, J.F., Jenkins, N., “ Wind Energy Technology”, Jhon Wiley & Sons, New York, **1997**, p. 11-15, 20-23.
- [19] LOWA, “Renewable Energy- Wind Energy Manual”, *Lowa Energy Association*, Australia, 1, **2006**, 18-19.