

ENERJİ ELDESİNDE ORTALAMA RÜZGAR HIZI ÖLÇÜM ARALIĞI ve HELLMANN KATSAYISININ ÖNEMİ: SÖKE ÖRNEĞİ

Mete ÇUBUKÇU1
mecubuk@hotmail.com

Doç. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR2
aozdamar@bornova.ege.edu.tr

1 Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, 35100 Bornova İZMİR.
2Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova İZMİR.

ÖZET

Rüzgar enerjisi, rüzgar hızının küpü ile doğru orantılıdır. Bu nedenle de, rüzgar hız ölçümlerinin sağlıklı yapılması ve değerlendirilmesi çok önemlidir. Rüzgar ölçümleri sonucunda, belli bir rüzgar hızının bir yılda kaç saat veya kaç on dakika estiği belirlenmektedir. Ayrıca, türbin göbek yüksekliğinde rüzgar ölçümü alınmadığında, ölçüm alınan yüksekliklerdeki rüzgar hızlarının göbek yüksekliğine taşınması gerekmektedir. Bu da, Hellmann katsayısı yardımıyla sağlanmaktadır. Rüzgar türbinlerinden elde edilmesi beklenen enerji hesabında, birim rüzgar hızı ölçüm aralığının seçimi ve Hellmann katsayısının doğru olarak belirlenmesi çok önemlidir.

Bu çalışmada, Söke bir araştırma noktası olarak ele alınmış ve 1 Temmuz 1999- 30 Haziran 2000 tarihleri arasında 10 m ve 30 m yüksekliklerde ölçülen rüzgar hızı değerleri, veri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında, 30 m yükseklikte onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızları dikkate alınarak enerji hesabı yapılmıştır. Daha sonra, onar dakikalık verilerin ortalamasıyla elde edilen saatlik hızlar için de enerji hesabı yapılmıştır. Hesaplanan yıllık enerji miktarları arasında, incelenen rüzgar türbinine göre % 4,572-5,679 oranlarında farklılık olduğu görülmüştür. İkinci aşamada ise; 10 m yükseklikte onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızlarının farklı Hellmann katsayıları ile 30 m'ye yükseltilmesi durumunda elde edilebilecek enerji miktarları hesaplanmıştır. Ardından da, 30 m'deki onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızları için gerçek enerji miktarları belirlenmiş ve Hellmann katsayıları ile elde edilen tahmini veriler, gerçek enerji değerleriyle kıyaslanarak, hata oranının en düşük olduğu Hellmann katsayısı elde edilmiştir. Belirlenen bu katsayı, ölçüm yeri için gerçeğe en uygun katsayıdır.

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi, rüzgar gibi doğa olayları çok karmaşıktırlar ve etkileyen parametreler çoktur. Bu nedenle de, rüzgarın zamanla değişimi, belli parametrelere bağlı olarak analitik bir fonksiyon şeklinde verilememektedir. Rüzgardan elektrik elde etme yatırımının ekonomik durumunu değerlendirebilmek için, analitik olarak verilemeyen rüzgarın zamanla değişimi, belli bir süre yapılan hız ölçümleri ile tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu ölçüm verilerinden hareket ederek, rüzgar hızlarının belirli bir zaman aralığında kaç kere estiği belirlenir. Bu değerlerden hareketle, rüzgar hızına bağlı rüzgar türbininin gücü göz önünde bulundurulur ve enerji hesabı yapılır. Kurulacak

rüzgar türbininin tasarımı, enerji potansiyeli dikkate alınarak gerçekleştirilir. Bu nedenle; enerji potansiyelinin gerçeğe en yakın değerlerinde hesaplanması gerekir.

Bu çalışmada, Söke bir araştırma noktası olarak ele alınmış ve 1 Temmuz 1999- 30 Haziran 2000 tarihleri arasında 10 m ve 30 m yüksekliklerde ölçülen rüzgar hızı değerleri, veri olarak kullanılmıştır (1). Çalışmanın birinci aşamasında, 30 m yükseklikte onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızları dikkate alınarak ve onar dakikalık verilerin ortalamasıyla elde edilen saatlik hızlar için altı farklı güçteki rüzgar türbinine ait yıllık enerji hesabı yapılmıştır.

İkinci aşamada ise; 10 m yükseklikte onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızlarının farklı Hellmann katsayıları ile 30 m'ye yükseltilmesi durumunda ve onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızlarında elde edilebilecek enerji miktarları hesaplanmıştır. Daha sonra da, altı farklı güçteki rüzgar türbini için Hellmann katsayıları ile elde edilen tahmini veriler, gerçek enerji değerleriyle kıyaslanarak; hata oranının en düşük olduğu katsayı elde edilmiştir. Belirlenen bu katsayı, ölçüm yeri için gerçeğe en uygun katsayıdır.

2. ONAR DAKİKALIK ve SAATLİK ORTALAMA RÜZGAR HIZLARIYLA ELDE EDİLEBİLECEK ENERJİ MİKTARLARI ARASINDAKİ HATA ORANI

Rüzgar santralleri, ihtiyaç duyulan enerjiyi karşılayacak şekilde tasarlanır. Elde edilmesi planlanan enerjiye göre, rüzgar türbini seçimi ve pervane tasarımı yapılır. Enerji potansiyeli; kanat sayısı gibi santralin maliyetini de belirleyen birçok seçimi etkiler. Dolayısıyla; herhangi bir yere rüzgar santrali kurulmadan önce, o yer için rüzgar hız ölçümleri kullanılarak enerji hesabı yapılır. Enerji hesabında veri olarak; onar dakikalık rüzgar hızlarını kullananlar olduğu gibi, hesaplamaları ortalama saatlik hızlarla yapanlar da vardır.

Bu çalışma kapsamında yapılan incelemede, onar dakikalık ve saatlik ortalama rüzgar hızlarıyla elde edilen enerji miktarlarının birebir uyum içinde olmadığı görülmüştür.

2.1. SAATLİK ORTALAMA RÜZGAR HIZLARI

Söke'de 30 m yükseklikte onar dakikalık sürelerde bir yıl boyunca ölçülen değerler, birer saatlik ölçümlere dönüştürülmüştür. Saatlik ortalama hız hesabı; bir saat içinde onar dakikalık periyotlarda yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak gerçekleştirilir.

Burada, enerji hesabını yapabilmek için, öncelikle, saatlik esme sayılarının rüzgar hızlarına göre dağılımı belirlenmiştir. Tablo 1'de, 30 m yükseklik için, onar dakikalık ve birer saatlik zaman aralıklarında ölçülen ortalama rüzgar hızlarının esme sayıları verilmiştir.

Tablo 1. Söke'de 30 m yükseklikteki onar dakikalık ölçümlerden ve birer saatlik ortalamalardan elde edilen esme sayılarının rüzgar hızlarına göre dağılımı.

Rüzgar Hızı Aralığı (m/s)	Onar dakikalık ölçümler için esme sayısı	Saatlik ortalama hızlar için esme sayısı
0-1	5389	705
1-2	8477	1617
2-3	8450	1467
3-4	6975	1159
4-5	5648	939
5-6	4696	809
6-7	4020	664
7-8	2993	485
8-9	2006	310
9-10	1488	234
10-11	1042	170
11-12	694	116
12-13	422	51
13-14	217	33
14-15	92	17
15-16	58	7
16-17	27	0
17-18	9	1
18-19	1	0
19-20	0	0
20-21	0	0
21-22	0	0
Toplam	52704	8784

2.2. FARKLI GÜÇTEKİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ İÇİN ENERJİ HESABI

Tablo 1’de elde edilen esme sayılarından, farklı güçteki 6 tip rüzgar türbini için aylık ve yıllık enerji hesabı yapılabilir. Bu çalışmada incelenen altı değişik rüzgar türbininin rüzgar hızına bağlı güçleri, Tablo 2’de verilmiştir (2,3).

Esme sayısı ve rüzgar hızına bağlı türbin güçleri kullanılarak aylık ve toplam yıllık enerji hesapları yapılabilir. Belli zaman aralığındaki enerji miktarı

$$E = \sum_{i=1}^n P_{ti} \Delta t_i \quad (1)$$

bağıntısı kullanılarak bulunur. Burada,

P_{ti} : Rüzgar türbinleri güçlerini ve

Δt_i : Zaman aralıklarındaki esme süresi sayılarını simgelemektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenen altı farklı rüzgar türbini için, 30 m yükseklikte onar dakikalık ve saatlik ortalama rüzgar hızlarıyla elde edilebilecek enerji miktarları, Tablo 3’de verilmiştir. Yıllık toplam enerji miktarı; Tablo 1 ve Tablo 2’deki verilerin, (1) denkleminde kullanılmasıyla elde edilmiştir.

Tablo 2. Rüzgar türbinlerinin rüzgar hızına bağlı güçleri (kW).

Rüzgar Hızı (m/s)	LMW 1000	Enercon 40	De Wind 46	De Wind 62	Nord. N- 60	Tacke TW 1,5s
0	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	4,2	7	12,3	-	3
4	0,048	16,3	20	33,7	25	21
5	0,128	36,4	48	80,4	78	90
6	0,233	65,6	86	158,2	150	194
7	0,356	107,7	145	271,2	234	328
8	0,485	162,2	224	412,5	381	508
9	0,611	234,8	325	586,1	557	746
10	0,726	322,4	448	781,4	752	1021
11	0,82	403	580	971,2	926	1303
12	0,886	461,8	600	1027,1	1050	1500
13	1	490,9	600	1039,4	1159	1500
14	1	500,6	600	1039,1	1249	1500
15	1	503,2	600	1037,4	1301	1500
16	1	504,1	600	1034,7	1306	1500
17	1	504,5	600	940	1292	1500
18	1	503,9	600	840	1283	1500
19	1	505,2	600	750	1282	1500
20	1	503,9	600	840	1283	1500
21	1	505,2	600	750	1282	1500

2.3. HATA ORANININ YÜZDE OLARAK BELİRLENMESİ

Onar dakikalık rüzgar hızları ile hesaplanan enerji miktarları, saatlik verilere dayanan ölçüm değerlerine göre, daha gerçeğe yakın sonuçlar verecektir. Bu ölçümlerin baz alındığı enerji miktarları, burada, gerçek değer olarak kabul edilecektir. Buna göre; onar dakikalık ve saatlik ortalama hızlarla yapılan enerji hesapları arasındaki hata oranı, yüzde olarak aşağıdaki denklemle belirlenebilir:

$$\% \varepsilon = \frac{|E_g - E_h|}{E_g} * 100 . \quad (2)$$

Burada,

$\% \varepsilon$: Yüzde olarak hata oranını,

E_g : Onar dakikalık hızlar göz önünde bulundurularak elde edilen gerçek enerji miktarını ve

E_h : Saatlik ortalama hızlar göz önünde bulundurularak elde edilen hatalı enerji miktarını simgelemektedir.

Tablo 3. Söke’de 30 m yükseklikte onar dakikalık ve saatlik hızlarla elde edilebilecek enerji miktarları (MWh).

30 m yükseklikte onar dakikalık hızlarla aylık ve yıllık elde edilebilecek enerji miktarları (MWh)						
	LMW 1000	Enercon 40	De Wind 46	De Wind 62	Nord. N-60	Tacke TW 1,5s
Ocak	0,1284013	48,6677	65,299333	115,64735	110,468667	146,0741667
Şubat	0,1008045	38,03145	50,6855	89,5848667	85,6391667	112,6043333
Mart	0,0912823	34,78888	46,801333	82,6024167	77,5755	102,9786667
Nisan	0,0803562	27,15002	36,7215	65,9408667	59,7778333	78,44433333
Mayıs	0,0907555	32,63845	44,4075	79,1044833	72,9385	97,1525
Haziran	0,1693992	70,48745	94,824667	165,910117	162,402833	217,5945
Temmuz	0,1052398	39,20788	53,6865	95,6805667	89,0341667	119,8033333
Ağustos	0,1069305	39,76185	54,511	97,22675	90,3071667	121,7643333
Eylül	0,0627195	21,85768	29,736833	53,3487333	48,4638333	64,294
Ekim	0,0808202	30,46255	41,324	73,0778667	68,0298333	90,983
Kasım	0,055528	19,97237	26,896667	47,5727333	43,095	56,809
Aralık	0,07108	24,3119	32,568167	57,83105	52,8211667	68,16733333
Yıllık	1,143317	427,3382	577,463	1023,5278	960,553667	1276,6695
30 m yükseklikte saatlik ortalama hızlarla aylık ve yıllık elde edilebilecek enerji miktarı (MWh)						
Ocak	0,124016	46,8881	63,257	111,9769	106,041	140,582
Şubat	0,096827	36,2898	48,375	85,4275	81,413	106,971
Mart	0,08632	32,9008	44,394	78,3303	73,136	97,173
Nisan	0,074861	24,7708	33,388	60,0242	54,241	70,694
Mayıs	0,085493	30,1745	41,069	73,3052	66,932	89,2
Haziran	0,164666	68,0987	91,782	160,7189	156,654	209,885
Temmuz	0,101217	37,5283	51,474	91,7084	85,154	114,497
Ağustos	0,10277	37,6981	51,683	92,4236	85,522	115,025
Eylül	0,059052	20,2532	27,489	49,4287	44,681	59,311
Ekim	0,076487	28,645	39,095	69,1071	63,835	85,372
Kasım	0,051777	18,5852	25,176	44,31	39,956	52,555
Aralık	0,06756	22,6513	30,302	53,828	49,235	62,899
Yıllık	1,091046	404,4838	547,484	970,5888	906,8	1204,164

Tablo 3’de verilen onar dakikalık ve saatlik zaman aralıklarının dikkate alınması ile bulunan enerji miktarları, (2) eşitliğinde kullanıldığında, Tablo 4’de verilen hata oranları yüzde olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4 incelendiğinde; hata oranının, aylık ve yıllık zaman dilimlerinde değişimler gösterdiği izlenmektedir. Hesaplanan yıllık enerji miktarları arasında, incelenen rüzgar türbinine göre, % 4,572-5,679 oranlarında farklılık bulunmaktadır. Bu değerler; önemli bir farklılığı göstermektedir. Daha önce yapılan bir çalışmada (4); LS-1 profilli bir rüzgar türbini için 3 kanat yerine 4 kanat seçilmesi durumunda, yıllık olarak % 1,7’lik bir enerji artışı sağlanabileceği belirtilmiştir. Ek maliyete neden olacak ek bir kanatın getirisi olan bu enerji değeri değeri, ortalama rüzgar hızı ölçüm aralığının bir saat değil de, onar dakika seçilmesi ile önlenebilecek % 4,572-5,679 oranındaki hata ile kıyaslandığında, ölçümlerde seçilen zaman aralığının ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4 . Söke’de 30 m yükseklikte onar dakikalık ve saatlik hızlarla elde edilebilecek enerji miktarları arasındaki hata oranının yüzde olarak ifadesi.

	LMW 1000	Enercon 40	De Wind 46	De Wind 62	Nord. N-60	Tacke TW 1,5s
Ocak	3,4153307	3,656635	3,1276481	3,17382975	4,00807472	3,759848044
Şubat	3,9457564	4,579499	4,5585029	4,64070197	4,93485263	5,002767775
Mart	5,4362438	5,427261	5,1437281	5,17190276	5,72281197	5,637737297
Nisan	6,8385166	8,763224	9,0777882	8,97268563	9,26235198	9,880042319
Mayıs	5,7985466	7,549225	7,5178742	7,33116896	8,23501991	8,185584519
Haziran	2,7940928	3,388901	3,2087291	3,12893319	3,53986022	3,543058303
Temmuz	3,8225356	4,28379	4,1211478	4,1514874	4,35806479	4,42920339
Ağustos	3,890845	5,190277	5,1879437	4,94015279	5,29876736	5,534735105
Eylül	5,8474637	7,340592	7,5590878	7,34794078	7,80547693	7,750334401
Ekim	5,3614958	5,966506	5,3939599	5,43361055	6,16616729	6,167086159
Kasım	6,7551506	6,94543	6,3973231	6,85841048	7,28390765	7,488250101
Aralık	4,9521666	6,8304	6,9582261	6,92197358	6,78926062	7,728530768
Yıllık	4,5718729	5,348079	5,1915014	5,17220929	5,5961128	5,67926938

3. DOĞRU HELLMANN KATSAYISININ BELİRLENMESİNDE ENERJİ HATA ORANININ DİKKATE ALINMASI

Bilindiği gibi, uygun bir Hellmann katsayısı kullanılarak, belli bir yükseklikte ölçülen rüzgar hızı değerlerinden, istenen bir yükseklikteki tahmini rüzgar hızı değerleri hesaplanabilir. Belli bir yükseklikte ölçülen rüzgar hızı verileri; aşağıdaki bağıntı kullanılarak başka yüksekliklere aktarılabilir (5):

$$V_r = V_{rref} \cdot \left(\frac{H}{H_{ref}} \right)^\mu \quad (3)$$

Bu bağıntıda kullanılan semboller, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

- V_r : hesaplanmak istenen yükseklikteki rüzgar hızı,
- V_{rref} : ölçüm sonuçları bilinen yükseklikteki rüzgar hızı,
- H : hesaplanmak istenen noktanın yerden yüksekliği,
- H_{ref} : ölçüm sonuçları bilinen noktanın yerden yüksekliği,
- μ : Hellmann katsayısı.

Bu çalışmanın ikinci aşamasında; Söke’de 10 m’de onar dakikalık zaman aralıklarında elde edilen rüzgar hızı değerleri, farklı Hellmann katsayıları ile 30 m yüksekliğe taşınmıştır. Daha sonra, farklı Hellmann katsayıları için elde edilen bu tahmini değerler ve 30 m’de ölçülen gerçek rüzgar hızları için, yıllık enerji miktarları bulunmuştur.

Gerçek ve tahmini enerji miktarları arasındaki hata oranı da, (2) denklemiyle, yüzde olarak belirlenmiştir. İlgili bağıntıdaki değişkenler, şu şekilde tanımlanmıştır:

$\% \varepsilon$: Yüzde olarak hata oranı,

E_g : 30 m yükseklikte onar dakikalık hızlarla elde edilen gerçek enerji miktarı ve

E_h : Hellmann katsayıları ile 30 m yükseklik için hesaplanan tahmini enerji miktarı.

Daha önce yapılan bir başka çalışmada, Söke için en uygun Hellmann katsayısının 0,20-0,25 aralığında olacağı gösterilmiştir (2). Bu çalışmada da, gerçek ve tahmini enerji hesapları arasındaki hata oranları kıyaslandığında, aynı sonuca varılmaktadır. Fakat, bu çalışma kapsamında, Hellmann katsayısı daha hassas olarak hesaplanılacaktır. Bunun için, enerji hesaplarının, 0,20-0,25 arasındaki Hellmann katsayıları için yapılması gerekir. Buradan hareketle bulunan sonuçlar, Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Söke'de 30 m yükseklikteki onar dakikalık hızlar için gerçek ve farklı Hellmann katsayıları ile elde edilen tahmini enerji miktarları (MWh/yıl).

	LMW 1000	Enercon 40	De Wind 46	De Wind 62	Nord. N-60	Tacke TW 1,5s
Gerçek	1,143317	427,3381833	577,463	1023,5278	960,553667	1276,6695
$\mu = 0,20$	1,00215	371,2347	504,217333	894,495283	833,5285	1109,761333
$\mu = 0,21$	1,047246	389,54675	528,944667	937,9317	875,488	1166,3155
$\mu = 0,22$	1,072403	402,3141667	546,456833	968,248117	905,251833	1207,521833
$\mu = 0,23$	1,100726	414,4462167	562,446167	995,729333	934,743333	1247,118333
$\mu = 0,24$	1,127065	425,9471167	577,4255	1021,71898	960,925667	1281,523167
$\mu = 0,25$	1,163291	442,17775	599,340833	1059,66593	999,496667	1333,7485

Tablo 5'te verilen gerçek ve tahmini enerji miktarları ve (2) denklemini kullanıldığında, hata oranları yüzde olarak Tablo 6'daki gibi olmaktadır.

Tablo 6. Söke'de 30 m yükseklikteki onar dakikalık hızlar için gerçek ve tahmini enerji miktarları arasındaki hata oranının yüzde olarak ifadesi.

	LMW 1000	Enercon 40	De Wind 46	De Wind 62	Nord. N-60	Tacke TW 1,5s
$\mu = 0,20$	12,34714	13,12859125	12,684045	12,606645	13,2241613	13,07371772
$\mu = 0,21$	8,402861	8,843448774	8,40198131	8,36285053	8,85589943	8,643897266
$\mu = 0,22$	6,202508	5,855787674	5,3693772	5,40089711	5,7572872	5,416254298
$\mu = 0,23$	3,725228	3,016806635	2,60048407	2,71594642	2,68702668	2,314707657
$\mu = 0,24$	1,421522	0,325518926	0,00649392	0,17672375	0,03872766	0,380181924
$\mu = 0,25$	1,747037	3,472558092	3,78861214	3,53074272	4,05422428	4,470930025

Gerçeğe en uygun Hellmann katsayısı, yüzde hata oranının en küçük olduğu değer olacaktır. Tablo incelendiğinde, $\mu = 0,24$ için, hata oranının %0,0065-1,42 arasında olduğu ve bu nedenle de, Söke için ölçüm noktasında en uygun Hellmann katsayısının 0,24 olduğu sonucu çıkmaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, Söke bir araştırma noktası olarak ele alınmış ve 1 Temmuz 1999- 30 Haziran 2000 tarihleri arasında 10 m ve 30 m yüksekliklerde ölçülen rüzgar hızı değerleri, veri olarak kullanılmıştır. Rüzgar hızlarıyla enerji hesaplarında ortaya çıkan hataların irdelenmesini ve ölçüm alanı için geçerli olan Hellmann katsayısının belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Çalışmanın birinci aşamasında, 30 m yükseklikte onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızları dikkate alınarak enerji hesabı yapılmıştır. Daha sonra, onar dakikalık verilerin ortalamasıyla elde edilen saatlik hızlar için de enerji hesabı yapılmıştır. Tablo 4'den de anlaşılacağı gibi, hesaplanan yıllık enerji miktarları arasında, incelenen rüzgar türbinine göre % 4,572-5,679 oranlarında farklılık olduğu görülmüştür.

- İkinci aşamada ise; 10 m yükseklikte onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızlarının farklı Hellmann katsayıları ile 30 m'ye yükseltilmesi durumunda elde edilebilecek enerji miktarları hesaplanmıştır. Ardından da, 30 m'deki onar dakikalık zaman aralıklarında ölçülen rüzgar hızları için gerçek enerji miktarları belirlenmiş ve Hellmann katsayıları ile elde edilen tahmini veriler, gerçek enerji değerleriyle kıyaslanarak, hata oranının en düşük olduğu Hellmann katsayısı elde edilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde; Söke için gerçeğe en uygun Hellmann katsayısı, hata oranının en düşük olduğu $\mu = 0,24$ 'dir. Bu Hellmann katsayısı ile hesaplanan tahmini enerji hesabı, gerçek enerji hesabından % 0,0065-1,42 oranında farklılık göstermektedir. Belirlenen bu katsayı, ölçüm yeri için gerçeğe en uygun katsayıdır.

Rüzgar gücünün rüzgar hızının küpü ile orantılı olarak değiştiği dikkate alındığında, rüzgar ölçümlerinin ve ölçüm değerlerinin sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesinin ne kadar önemli olduğu ortadadır.

5. KAYNAKLAR

(1) Özdamar, A. ve Ülgen, K.: "Söke Değirmencilik A.Ş. için Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Belirleme Çalışmaları", Yayınlanmamış, İzmir, 2000.

(2)

(3) Kara, Ö., Özdamar, A. ve Ülgen, K.: "Rüzgar Hızlarının Daha Yüksekçe Taşınmasında Hellmann Katsayısının Değişimi Üzerine Bir Araştırma: Söke Örneği", VI. Türk-Alman Enerji Sempozyumu Kitapçığı, s.435-440, İzmir, 2001.

(4) Özdamar, A., Yıldız, H. ve Şar, Ö.: "Wind energy utilization in a house in İzmir, Turkey", International Journal of Energy Research, 25, 253-261, 2001.

(5) Özdamar, A. ve Kavas, G.: “Rüzgar Türbini Pervanesi Dizaynı Üzerine Bir Araştırma”, Güneş Günü Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.151-160, Kayseri,1999.

(6) Hapel, K.-H.: “Festigkeitsanalyse dynamisch beanspruchter Offshore-Konstruktionen”, s.379, Vieweg Verlag, Braunschweig, 1990.