

**KAHRAMANMARAŞ'TA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE
YÖREDE KURULAN BİR RÜZGAR TÜRBİNİNDEN ELDE EDİLEN
MEKANİK ENERJİ VE ISI ENERJİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI***

Ali AYBEK **Selçuk ARSLAN** **Enver YILDIZ**
KSÜ., Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Kahramanmaraş
Kemal ATİK
KSÜ., Kahramanmaraş MYO, İklimlendirme Bölümü, Kahramanmaraş

ÖZET

Bu çalışmada, Kahramanmaraş'ta rüzgar hızına bağlı rüzgar enerjisi potansiyeli incelenmiş ve yörede kurulan bir rüzgar türbininde mekanik enerji ile bu türbinden hareketini alan bir ısı pompasının ürettiği ısı enerjisi karşılaştırılmıştır. Bölgede rüzgar enerjisinden, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ekonomik olarak yararlanılabileceği hesaplanmıştır; ancak, diğer aylarda yeterli rüzgar enerjisi potansiyeli bulunmamaktadır. Rüzgar türbinine bağlı bir ısı pompasından elde edilen ısı enerjisi, rüzgar türbininden elde edilen mekanik enerji ile karşılaştırıldığında, 4 kat daha fazla enerji kazanıldığı bulunmuştur.

***WIND ENERGY POTENTIAL IN KAHRAMANMARAŞ AND COMPARISON
OF THE HEAT AND MECHANICAL ENERGY OF A HEAT PUMP-WIND
TURBINE SYSTEM***

ABSTRACT

In this study, wind energy potential was investigated in Kahramanmaraş, Turkey. Also, heat energy generated by a heat pump that was driven by a wind turbine was compared to the mechanical energy of the turbine. Wind speed was found to be sufficient to run a wind turbine economically in the region only in June, July, and August. Based on the comparison between the heat pump and the wind turbine, it was found that the heat energy gained by a heat pump was four times more than the mechanical energy obtained from the turbine.

GİRİŞ

Enerji kaynakları, yenilenemeyen enerji kaynakları (petrol, doğal gaz, kömür, nükleer vb.) ve yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş, jeotermal, gel-git, hidrolik vb.) olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır (1, 2).

Ülkemizde son yıllarda enerji gereksinimi gittikçe artmakta, buna karşın, enerji üretimi enerji gereksinimini karşılayamamaktadır. Enerji açığının kapatılması amacıyla yenilenebilir doğal enerji kaynaklarından yararlanılması bir yöntem olarak düşünülebilir. Doğal enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, ucuz olması ve çevreye atık madde bırakmaması, bu enerji

* KSÜ., Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

kaynağına olan ilgiyi gün geçtikçe artırmaktadır. Buna ek olarak, yetmişli yılların sonlarında rüzgar türbinlerinde verim % 18-45 iken (3) son yıllarda rüzgar enerjisi teknolojisindeki gelişmelerle verim % 45-50'ye kadar artırılmıştır (4).

Teknolojideki bu gelişmeler, ülkemizin bazı yörelerinde yüksek potansiyele sahip rüzgar enerjisinden yararlanmak amacı ile çalışmaların yapılmasında etken olmuştur. Rüzgar enerjisi, günümüzde doğrudan elektrik enerjisine veya bir ısı pompası yardımıyla ısı enerjisine çevrilebilmektedir. Elde edilen bu enerji ısıtma veya soğutma amaçlı kullanılabilir. Bu amaçla, bir ısı pompasını çalıştırabilen rüzgar tesisleri yapılmaktadır. Bu tip tesislerde, rüzgar kuvvet makinası, ısı pompasının devresinde bulunan kompresör için gerekli olan işletme enerjisini sağlamaktadır (5). Isı pompalarında ısıtma katsayısı bazı teknik ve termik şartlara bağlı olarak 1-6 arasında değişmektedir (6, 7).

Rüzgar enerjisinin ısıtma veya soğutma amacıyla kullanılmasına dönük olarak ülkemizde henüz yeterince araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle, yapılabilecek çalışmalar için alt yapı oluşturulması ve ısı enerjisi modelleri geliştirilmesi yararlı olacaktır.

Bu çalışmanın ana amacı, bir rüzgar türbininden hareketini alan ısı pompasından elde edilebilecek ısı enerjisini saptamaktır. Çalışmanın diğer amaçları, Kahramanmaraş yöresinin rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek ve rüzgar türbininde ısı pompası devrede iken ve devre dışı bırakıldığında sistemin iş başarısını belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

1. Materyal

Kahramanmaraş'ın rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi amacıyla Kahramanmaraş Meteoroloji Müdürlüğünden alınan 1989-1998 yılları arasındaki on yıllık rüzgar verilerinden yararlanılmıştır.

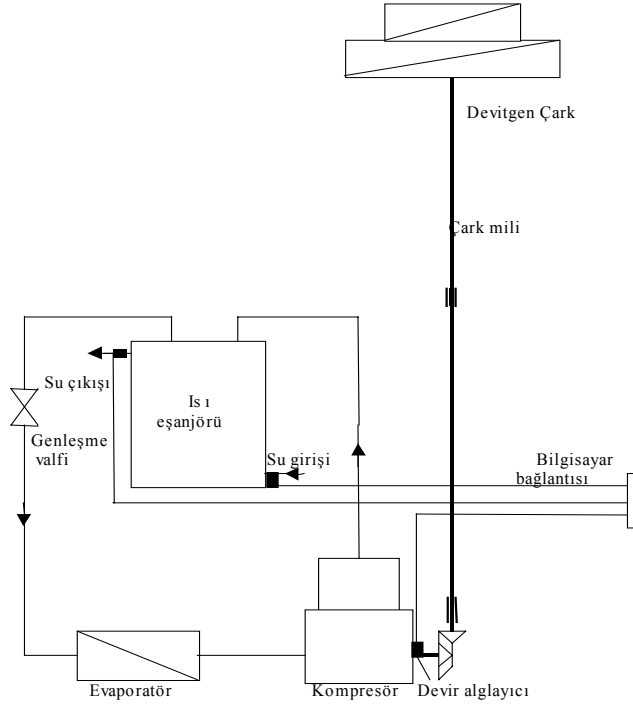
Rüzgar türbini ve ısı pompasına ilişkin araştırma, Kahramanmaraş ili Avşar Köyü'nde Sır Barajı gölünün doğusunda bir yamaç üzerinde, kısmen düz bir alan üzerinde kurulan tesiste yürütülmüştür. Kahramanmaraş 37.36 Kuzey enlemi ile 36.56 Doğu boylamında olup Batı ve Kuzey Batı rüzgarlarının etkisi altındadır.

1.1. Rüzgar Türbini ve Isı Pompası Sistemi

Bu çalışmada kullanılan rüzgar türbini ve ısı pompası sistemi, şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Rüzgar türbini, düşey eksenli kaldırma tipi (darieus) iki rüzgar çarkından oluşmaktadır. Çarklar, devitken çark mili üzerinde üst üste ve birbirlerine göre 90° açıyla yerleştirilmiştir. Kinetik rüzgar enerjisi, rüzgar çarkında mekanik enerjiye (dönü hareketine) dönüştürülmektedir. Çarka bağlı mil 35 mm çapında olup iki noktadan yataklandırılmıştır. Çarkın yerden yüksekliği 8.5 m, boyutları 0.75 x 1 m'dir. Üst üste iki çark konularak çalıştırıldığı için toplam çark alanı 1.5 m²'dir. Çark mili dişlisi ile kompresör mili dişlisi arasındaki hareket iletim oranı ise 1/2'dir.

Isı pompası sistemi, kompresör, evaporatör ve ısı eşanjöründen (su tankı ve kondensör) oluşmaktadır (Şekil 1). Devitken çark mili, çarktan aldığı hareketi konik dişli sistemiyle kompresöre iletmektedir. Bu esnada sistemin kondensörüne kontrollü olarak soğutma suyu verilerek soğutucu gaz (Freon 12) yoğunlaştırılmakta

ve açığa çıkan ısı, su tarafından absorbe edilmektedir. Böylece, sistemden çıktı olarak ısı enerjisi elde edilmektedir. Sistemdeki su tankının kapasitesi 12 litredir. Depo içerisinde 15 mm çapında, 4 m uzunluğunda spiral şeklinde bakır kondensör boruları bulunmaktadır. Sisteme giden su debisi, bir debi ayar vanası ile ayarlanabilmektedir.

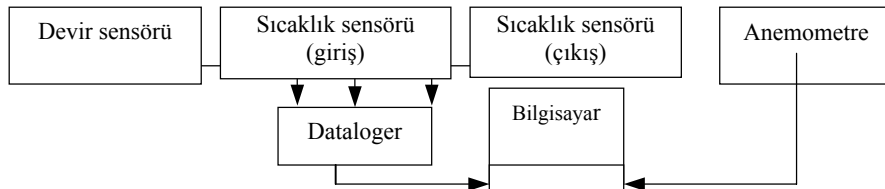


Şekil 1. Rüzgar türbini-ısı pompası sisteminin şematik görünümü

2. Yöntem

2.1. Ölçme ve Veri Toplama Sistemi

Araştırmada bir dataloger kullanılarak ısı pompasının bağlı bulunduğu rüzgar çark milinin devir sayısı ile kondensöre giren ve çıkan suyun sıcaklığı kaydedilmiştir. Rüzgar hızı HHF710 model bir anemometre ile ölçülmüştür. Anemometrenin çözünürlüğü 0.01 m/s, hatası $\pm \%1$ 'dir. Ölçümler 2 saniye aralıklarla ekranda yenilenmektedir (8). Veri toplama sistemi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Ölçme sisteminin şematik görünümü

Suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları sıcaklık sensörleri ile ölçülmüştür. Sensörlerin hata oranı en fazla $\pm \%0.05$, örnekleme oranı modül için 10 Hz'tir (9). Rüzgar çarkı mil delik bulunan metal bir disk bağlanmıştır. Optik bir kaynaktan gönderilen ışık, diskin boşluklarına rastladığında ışık sensörüne kesilmeden ulaşmaktadır. Böylece disk döndükçe, gönderilen sinyal rüzgar hızına bağlı olarak kesilmekte ve belirli frekanslarda puls üretilmektedir. Puls sayısı ve rüzgar mili ile kompresör arasındaki iletim oranından yararlanılarak çark milinin devri hesaplanmıştır. Sensör; infrared LED (Light Emitting Diode) ve foto transistörden oluşmaktadır. Milin devir sayısı saniyedeki sayılan pulslara bağlı olarak hesaplanmıştır.

Rüzgar türbininin gücü, ısı pompası devreden çıkarılarak Prony freni ile ölçülmüştür. Bu amaçla Mamesmam 819-22 model bir dinamometre kullanılmıştır. Ölçümler 20 d/d sabit devirde yapılmıştır. Moment ve devir değerlerinden güç belirlenmiştir.

Rüzgar hızı anemometre ile, rüzgar çark milinin devir sayısı, su giriş ve çıkış sıcaklıkları dataloger kullanılarak ölçülmüştür. Su giriş ve çıkış sıcaklıkları ve mil devir sayısı her dakikada bir ortalama değer olarak ölçülmüştür.

2.2.2. Veri Analizi

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgar gücü Eşitlik 1'den, türbin yüksekliğine bağlı olarak; rüzgar enerjisi yoğunluğu değeri Eşitlik 2'den ve güç yoğunluğu değeri de Eşitlik 3'den hesaplanmıştır (10, 11, 12).

$$P = \frac{1}{2} \rho_h A v_o^3 \dots\dots\dots(1)$$

$$E_{yt} = \frac{P n k_y^3}{A} = \frac{1}{2} (\rho_h v_o^3 n k_y^3) \dots\dots\dots(2)$$

$$P_{yt} = \frac{P k_y^3}{A} = \frac{1}{2} (\rho_h v_o^3 k_y^3) \dots\dots\dots(3)$$

Eşitliklerde;

P : Rüzgar gücü, W

E_{yt} : Türbin yüksekliğinde enerji yoğunluğu, Wh/m²- Ay

P_{yt} : Türbin yüksekliğinde güç yoğunluğu, W/m²

ρ_h : Havanın yoğunluğu, kg/m³

A : Çark projeksiyon alanı, m²

v_o : Ölçüm yüksekliğinde rüzgar hızı, m/s

n : Esme süresi, h/Ay

k_y : Yükseklik katsayısı'dır.

Yukarıdaki eşitliklerde geçen yükseklik katsayısı (k_y) Eşitlik 4 ve 5'ten hesaplanmıştır.

$$k_{yr} = \frac{v_{tü}}{v_{\delta}} \dots\dots\dots(4)$$

$$v_{tü} = v_{\delta} \left(\frac{H_t}{H_{\delta}} \right)^{YF} \dots\dots\dots(5)$$

Burada;

$v_{tü}$: Türbin yüksekliğinde rüzgar hızı, m/s

v_{δ} : Ölçüm yüksekliğinde rüzgar hızı, m/s

H_t : Türbin yüksekliği, m

H_{δ} : Ölçüm yüksekliği, m

YF: Yükseklik faktörü olmaktadır.

Yükseklik faktörü (YF) değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Kahramanmaraş’ta meteoroloji müdürlüğünden alınan rüzgar değerleri için yükseklik faktörü (YF), yüksek binalı kentsel alan koşullarını, deneme amaçlı kurulan türbin alanındaki ölçüm koşulları ise kırsal alanı içermektedir.

Tablo1. Değişik koşullar için yükseklik faktörü (YF) değerleri (12)

Ölçüm Koşulları	YF
Deniz, kıyı şeridi	0.10-0.13
Yeşil ve ekili alan, kırsal alan	0.13-0.20
Ağaçlık alan ve şehir kenarları	0.20-0.27
Yüksek binalı kentsel alanlar	0.27-0.40

Rüzgar gücü, enerji yoğunluğu ve güç yoğunluğu hesaplamalarında havanın yoğunluğu ortalama bir değer olarak 1.225 kg/m^3 alınmıştır.

Isı Pompası Gücü

Kondensör tarafından absorbe edilen ısı miktarı kondensör tipine bağlı olup sistemin başarısını önemli ölçüde etkilemektedir (14). Suyun absorbe ettiği ısı miktarı (ısı pompasının ısıtma gücü) Eşitlik 6 ile hesaplanmıştır (7).

$$W = \dot{m} c (\Delta t) \dots\dots\dots(6)$$

Burada;

W : Isı pompasının gücü, Kw

\dot{m} : Suyun kütleli debisi, kg/s

c : Suyun özgül ısısı, $4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

Δt : Sıcaklık farkı, $^\circ\text{C}$ dir.

Rüzgar Türbin Gücü

Rüzgar türbininin gücü, ısı pompası devreden çıkarılarak Prony freni ile kuvvet ölçülmesi ve buna bağlı olarak moment hesaplanması ile bulunmuştur. Ölçümlerde sabit mil devrinde, değişik rüzgar hızlarındaki frenleme kuvvet değerleri belirlenmiştir. Hesaplanan moment değerlerine göre Eşitlik 7 kullanılarak rüzgar türbininin gücü hesaplanmıştır (15,16).

$$N = \frac{Md \times n}{9550} \dots\dots\dots(7)$$

Burada;

N : Çark mili efektif gücü, kW

Md : Çark mili momenti, Nm

n : Çark mili devri, d/d'dır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

1. Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Kahramanmaraş Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan rüzgar hızı verileri Tablo 2'de verilmiştir. Veriler, 1989-1998 yıllarını kapsamakta olup günün saatlerine göre aylık ortalama değerleri göstermektedir. Buna göre, yıl içinde rüzgar hızının öğlen saatlerine kadar düşük değerlerde seyrettiği, ancak yaz aylarında öğlen saatlerinden gece yarısına kadar rüzgar hızının çoğunlukla yüksek olduğu görülmektedir.

Rüzgar enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilmek için minimum rüzgar hızının yılın % 60'ında 2.2 m/s'den fazla olması gerektiği önerilmektedir (18). Tablo 2'de 2.2 m/s ve daha yüksek rüzgar hızları koyu renkli olarak gösterilmiş olup Tablo 2'nin % 24'ünü oluşturmaktadır. Dinçer'e (18) göre, 2 m/s'nin altındaki rüzgar hızlarında enerji üretilememekte, 2 m/s'den daha yüksek rüzgar hızlarında, rüzgar enerjisi değerlendirilebilmektedir. Bu hız değeri baz alındığında Tablo 2'deki verilerin % 28'inin 2 m/s ve daha büyük olduğu görülür. On yıllık ortalama rüzgar hızı ise 1.59 m/s'dir. Rüzgar hızı, Nisan-Eylül aylarında saat16:00-24:00 arasında 2 m/s'nin üzerinde seyretmektedir (Tablo 3).

1989-1998 yılı verisine göre, 2 m/s rüzgar hızı kriter olarak alındığında, yörenin rüzgar enerjisi potansiyelinin ekonomik olarak yatırım yapmaya uygun olmadığı görülür. Yılın ilk üç ve son üç ayında rüzgar hızı, rüzgar enerjisinden yararlanılabilecek düzeye hiçbir zaman ulaşmamaktadır (Tablo 3). Yine, 4., 5. ve 9. ayların büyük bölümü rüzgar enerjisi yönünden zengin değildir. Ancak, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında rüzgar hızı, rüzgar türbini kurmak için yeterli düzeye ulaşmaktadır. Bu meteoroloji verileri şehir merkezi için geçerlidir. İl merkezi dışındaki bazı alanlarda daha yüksek hızlarda rüzgar bulunabilmektedir.

Kahramanmaraş'ta 1970-1980 yıllarına ilişkin veriye göre, 11 yıllık ortalama rüzgar hızı 2.73 m/s (10), 1980-1988 yılları için 2.30 m/s'dir (19). Dolayısıyla, on yıllık ortalama rüzgar hızı, 1970-1980 ve 1980-1988 yılları değerlendirildiğinde, ekonomik olarak enerji üretmek için yeterli düzeyde görülmektedir. Ne var ki, 1989-1998 yılları arasındaki ortalama rüzgar hızı (1.59 m/s), önceki on yıllık periyotlarda (1970-1980 ve 1980-1988) belirlenen ortalama rüzgar hızlarından daha düşük düzeydedir. Son otuz yıllık meteorolojik veri, onar yıllık periyotlar itibarıyla, ortalama rüzgar hızında kararlı bir düşüş olduğunu göstermektedir. Bu düşüşün nedeninin uzun yıllara dayanan iklim değişiklikleri olduğu sanılmaktadır. Yöre iklim, yalnız küresel iklim değişikliklerinden etkilenmekle kalmamış, çevrede inşa edilen barajlardan ve ağaçlandırma çalışmalarından da etkilenmiştir (20).

Tablo 2. K.Maraş'ta Günün Saatlerine Göre Aylık Ortalama Rüzgar Hızları (17)

Saat	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01	0.8	1.0	1.1	1.5	1.4	2.5	3.4	3.1	1.9	0.8	0.8	0.6
02	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	2.1	2.9	2.6	1.7	0.6	0.8	0.7
03	0.7	0.9	1.1	1.1	1.0	1.8	2.4	2.2	1.4	0.6	0.8	0.7
04	0.7	0.8	1.0	1.0	0.9	1.6	2.0	1.8	1.2	0.5	0.7	0.6
05	0.7	0.9	1.0	0.9	0.8	1.5	1.7	1.6	1.2	0.5	0.8	0.7
06	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	1.3	1.4	1.3	1.1	0.5	0.7	0.7
07	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	1.3	1.3	1.1	1.0	0.5	0.8	0.7
08	0.7	0.7	0.8	0.9	0.7	1.4	1.3	1.2	1.0	0.5	0.8	0.7
09	0.6	0.7	0.9	1.0	0.9	1.5	1.6	1.3	1.1	0.5	0.7	0.7
10	0.8	0.9	1.1	1.2	1.1	1.8	2.1	1.8	1.3	0.5	0.7	0.7
11	0.8	1.0	1.3	1.3	1.2	2.1	2.4	2.2	1.4	0.6	0.8	0.8
12	1.0	1.1	1.3	1.5	1.3	2.3	2.6	2.4	1.4	0.8	0.8	0.8
13	1.1	1.2	1.5	1.6	1.5	2.6	2.9	2.5	1.6	0.9	0.9	0.8
14	1.1	1.3	1.6	1.8	1.7	2.9	3.3	2.8	1.8	0.9	1.0	0.8
15	1.2	1.5	1.7	1.8	2.0	3.3	3.9	3.4	2.1	1.0	1.1	0.8
16	1.3	1.7	1.9	2.1	2.2	3.7	4.6	3.8	2.5	1.1	1.2	0.9
17	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	3.9	4.9	4.4	2.9	1.4	1.3	0.9
18	1.6	1.8	2.0	2.2	2.7	4.0	5.0	4.5	3.3	1.7	1.2	1.0
19	1.4	1.7	2.1	2.4	2.9	4.1	5.1	4.8	3.5	2.0	1.2	0.9
20	1.2	1.7	2.1	2.5	2.9	4.2	5.1	4.8	3.6	1.9	1.1	0.9
21	1.0	1.4	1.9	2.4	2.9	4.2	5.0	4.8	3.5	1.5	1.1	0.8
22	1.0	1.2	1.6	2.1	2.6	4.0	4.8	4.5	3.1	1.4	1.1	0.7
23	0.9	1.1	1.4	1.9	2.1	3.5	4.5	4.8	2.7	1.1	1.0	0.7
24	0.8	1.1	1.2	1.6	1.7	3.0	3.9	3.6	2.3	0.9	0.8	0.7

Ortalama rüzgar hızı ve rüzgarın esme sürelerine göre hesaplanan rüzgar gücü, türbin yüksekliğinde enerji ve güç yoğunlukları Tablo 3'te verilmiştir. Kahramanmaraş'ta Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama olarak rüzgar hızı sırasıyla 2.65, 3.18, 2.86 m/s ve yıllık ortalama 1.59 m/s'dir (Tablo 3). Bu değerlere bağlı olarak rüzgar gücü, Haziran ayında 17.50 W, Temmuz ayında 30.20 W ve Ağustos ayı için 21.85 W olarak hesaplanmıştır. Enerji yoğunluğu 10, 15 ve 20 m türbin yükseklikleri için Haziran ayında sırasıyla, 8 221, 12 523, 16 792 Wh/m²-ay, Temmuz ayında 14 850, 22 456, 30 111 Wh/m²-ay ve Ağustos ayında 10 553, 15 958, 21 398 Wh/m²-ay olmaktadır. Güç yoğunluğu değerleri ise 10, 15 ve 20 m türbin yükseklikleri için Haziran ayında sırasıyla 11.65, 17.60, 23.60 W/m²-ay, Temmuz ayında 20.10, 30.45, 40.80 W/m²-ay ve Ağustos ayında 14.50, 22.05, 29.55 W/m²-ay olarak bulunmuştur .

Tablo 3. Kahramanmaraş'ta On Yıllık (1989-1998) Rüzgar Verileri Ortalamalarına Dayalı Rüzgar Gücü, Türbin Yüksekliğinde Enerji ve Güç Yoğunlukları

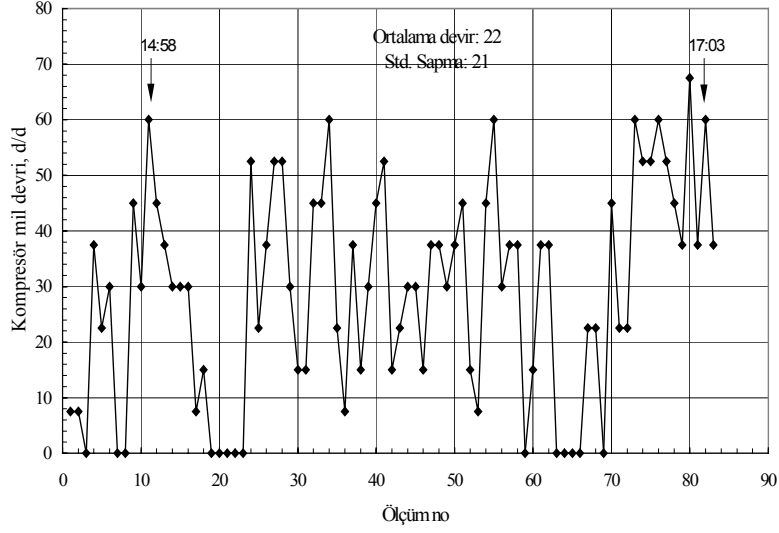
Aylar	Ort. rüz.hızı (m/s)	Ort. esm. sür. saat/ay	Rüzgar gücü P (W)	Enerji yoğunluğu E_{vt} (Wh/m ² -ay)			Güç yoğunluğu P_{vt} (W/m ² -ay)		
				10 m	15 m	20 m	10 m	15 m	20 m
Ocak	0.92	660	0.75	322	487	653	0.50	0.75	1.00
Şubat	1.11	603	1.30	511	772	1 036	0.85	1.30	1.70
Mart	1.35	696	2.30	1 071	1 620	2 172	1.55	2.35	3.10
Nisan	1.46	689	2.90	1 341	2 028	2 720	1.95	2.95	3.95
Mayıs	1.58	706	3.70	1 751	2 649	3 551	2.50	3.75	5.05
Haziran	2.65	711	17.50	8 281	12 523	16 792	11.65	17.60	23.60
Temmuz	3.18	738	30.20	14 850	22 456	30 111	20.10	30.45	40.80
Ağustos	2.86	724	21.85	10 553	15 958	21 398	14.50	22.05	29.55
Eylül	1.91	691	6.55	3 023	4 571	6 130	4.40	6.60	8.90
Ekim	0.87	678	0.60	279	422	566	0.40	0.60	0.85
Kasım	0.64	586	0.25	98	148	199	0.20	0.25	0.35
Aralık	0.59	609	0.20	79	120	161	0.15	0.20	0.25

* Çark alanı 1.5 m² alınmıştır

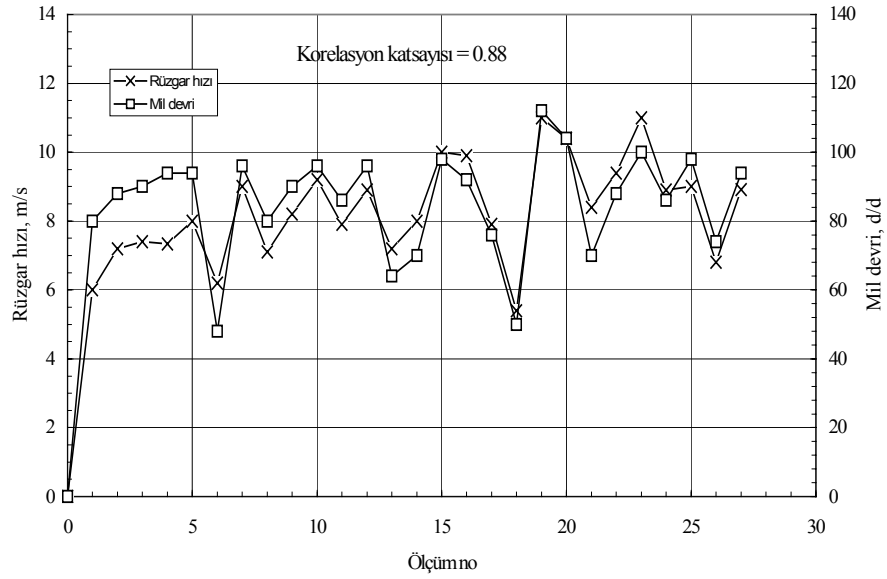
2. Deneysel Bulunan Isı Pompası ve Rüzgar Türbin Gücü Değerleri

Yapılan deneylerde rüzgar hızı, mil devri, su giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. Rüzgar hızı gün içinde sürekli olarak değişim göstermektedir. Çok sayıda verinin ortalaması, ölçülen değerlerdeki dalgalanmayı azaltmaktadır. Rüzgar hızındaki değişime bağlı olarak kompresör mili devrinde de ekstrem dalgalanmalar görülmektedir. Kompresör milindeki bu dalgalanmalar Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi, yaklaşık olarak iki saatlik (14:58-17:03) mil devri ölçümleri sonucu, mil devri ortalama 22 d/d olmuştur. Ölçüm yapılan süre içinde rüzgar hızı 0-7 m/s arasında değişmiştir. Kısa süreli rüzgar hızı değişimi, mil devrinin standart sapmasını artırmaktadır.

Kompresör mili devri ile rüzgar hızı arasındaki ilişki Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4'de kompresör mil devrinin, rüzgar hızına bağlı olarak doğrusal değişim gösterdiği görülmektedir. Mil devri, rüzgar hızı arttıkça artmakta, ancak, bu artış, rüzgar hızının artış oranıyla tam bir paralellik göstermemektedir. Aynı şekilde, mil devri rüzgar hızı azaldıkça düşmektedir; ancak, devir düşüş oranı, rüzgar düşüş oranına tam olarak eşit değildir. Şekil 4'deki eğrilerin eğimlerinin farklı oluşu büyük oranda, rüzgar çarkının o andaki ataletinden kaynaklanmaktadır. Şöyle ki; rüzgar hızı, sürekli olarak değişmektedir. Bu değişimler, çoğunlukla çok kısa sürede meydana gelmekte, rüzgar çarkı, ataleti nedeniyle bu hızlı değişimleri aynı hızda izleyememektedir.



Şekil 3. Kompresör mil devrinde kısa süreli dalgalanmalar



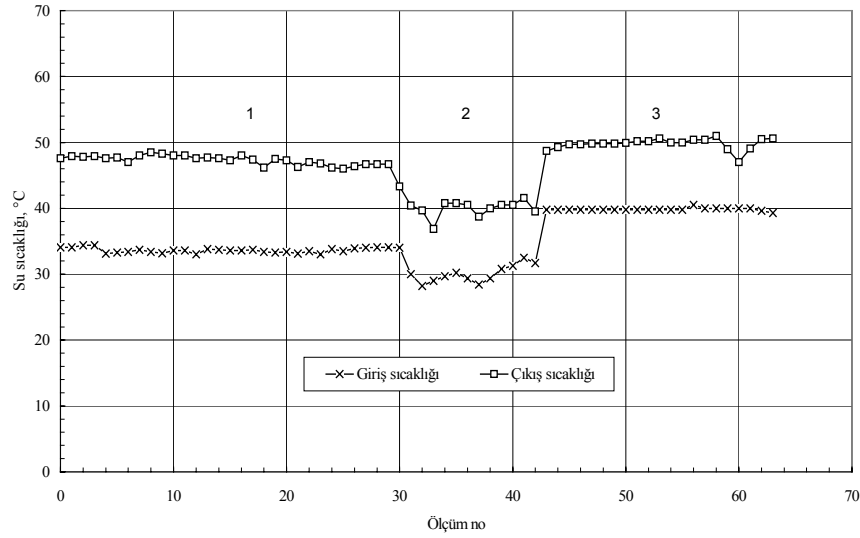
Şekil 4. Rüzgar hızı ile kompresör mili devri arasındaki ilişki

Isı pompası gücü

Isı pompası sisteminin ısı eşanjörüne giren su ile çıkan su sıcaklıklarının değişimi Şekil 5'de verilmiştir. Ölçümler birer dakika ara ile yapılmıştır. Suyun kütesel debisi yaklaşık olarak 0.0055 kg/s'dir. Sisteme giren su sıcaklığı 35-40 °C

arasında değişirken, çıkan su sıcaklığı 45-50 °C arasında değişmektedir. Bu değerler, sistemin su sıcaklığını ortalama 10 °C arttırdığını göstermektedir. Giriş suyu sıcaklığında 1. bölgede küçük değişimler görülmektedir. Bu durum, şebekeden gelen suyun sıcaklığındaki değişimden kaynaklanmış olabilir. Aynı ölçümler için çıkış suyu sıcaklığı düşük bir oranda da azalmıştır. Ancak sistem su sıcaklığını yaklaşık 14 °C artırmıştır. Sıcaklık farkı 3. bölgede 10 °C olmuştur. Bu bölgede giriş suyu sıcaklığı 40 °C'dir. Birinci bölgede sıcaklık farkının 3. bölgedekinden fazla olması, giriş sıcaklığı azaldıkça sistemden alınan enerjinin artması ile açıklanabilir. Giriş sıcaklığı azaldıkça sistemin başarısı (verim) artmaktadır. Sistemin verimini belirleyen diğer bir etken de rüzgar hızıdır. Üçüncü bölgede çıkış suyu sıcaklığında görülen düşme (58-60 ölçümleri), rüzgar hızının azalmasıyla ilgilidir (Şekil 5). İkinci ve üçüncü bölgelerde giriş suyu sıcaklığının birinci bölgeden farklı olduğu görülmektedir. İkinci bölgede kararsız giriş suyu sıcaklığı büyük bir olasılıkla, şebekedeki su tüketimindeki dalgalanmalardan ileri gelmektedir. Su tüketimi arttıkça su sıcaklığı azalmaktadır. Yerleşim bölgesine uzak bir alanda kurulan tesis için giriş suyu yakındaki bir işletmeden temin edilmiştir.

Sistemde, belirli rüzgar hızlarında su çıkış-giriş sıcaklığı farklarına göre hesaplanan ısı pompası güç değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4'te görüldüğü gibi yaklaşık 10 °C sıcaklık farkı için sistemden elde edilen güç 233 W, 15 °C sıcaklık farkında ise sistemden elde edilen güç 350 W olmaktadır.



Şekil 5. Su giriş ve çıkış sıcaklıkları

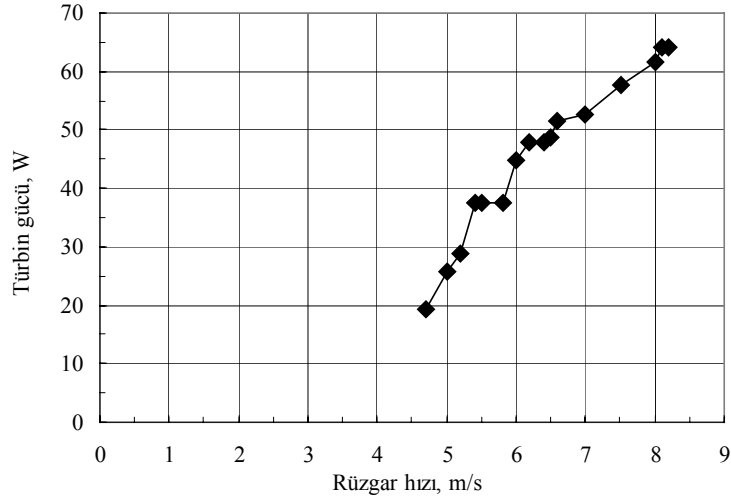
Rüzgar Türbin Gücü

Rüzgar hızına bağlı olarak 20 d/d sabit devirde, rüzgar türbininin güç değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu değerler, ısı pompası devre dışı iken belirlenmiştir.

Isı pompasının devrede olduğu ve olmadığı durumlar karşılaştırıldığında, örneğin 8 m/s rüzgar hızında, ısı pompası devredeyken türbin gücü 253 W (Tablo 4), devre dışı iken ise türbin gücü 63 W (Şekil 6) olmaktadır. Bu iki güç değeri karşılaştırıldığında, ısı pompasının devreye girmesiyle sistemden yaklaşık 4 kat daha fazla güç elde edildiği görülmektedir. Bu durum, ısı pompalarının kullanılması ile mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesinde verimin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Isı Pompası Devrede İken Su Çıkış-Giriş Sıcaklıkları Farkı ve Elde Edilen Güç

Rüzgar hızı, m/s	Sıcaklık farkı, °C	Güç, W
5.8	8.0	186
6.8	9.0	209
7.8	10.3	239
8.0	10.9	253
8.4	11.4	264
8.9	12.0	278
9.1	12.6	292
10.2	13.4	311
11.0	15.2	353
12.0	16.0	371



Şekil 6. Isı pompası sisteminin rüzgar türbinine bağlı olmadığı durumda, rüzgar hızına göre türbin gücü yoğunluğu

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir rüzgar türbininden belirli koşullarda elde edilen ısı enerjisi belirlenmiştir. Ayrıca, Kahramanmaraş bölgesinde rüzgar hızına bağlı rüzgar enerjisi potansiyeli incelenmiştir. Araştırma sonuçları şu şekilde bulunmuştur:

1. Her on yıllık ortalama değerler dikkate alındığında, Kahramanmaraş'ta son otuz yılda (1970-1998) rüzgar hızında giderek azalma olduğu görülmüştür. 1989-1998 yılları itibari ile, ortalama 1.59 m/s yıllık rüzgar hızı ekonomik olarak rüzgar türbini işletmeye uygun değildir. Ancak bu bulgular, resmi veriler kullanıldığında ve şehir merkezi için geçerlidir. İlin merkez dışı alanlarına ilişkin rüzgar verileri bulunmadığından bu alanlar hakkında yorum yapmak mümkün değildir.

2. Rüzgar enerjisinden ısı pompası kullanılarak elde edilen ısı enerjisi, rüzgar türbininden elde edilen mekanik enerji ile karşılaştırıldığında 4 kat daha fazla enerji kazanıldığı bulunmuştur.

Bu konuda yapılacak çalışmalar için aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir:

- Farklı su giriş sıcaklıkları ve debi değerlerinde denemelerle ısı modelleri kurulabilir.
- Değişik tip türbinler diğer bölgelerin rüzgar koşullarına bağlı olarak seçilebilir ve deneysel veriler ışığında, elde edilecek ısı enerjisi ve soğutma yükü belirlenebilir.
- Bundan sonraki aşamada rüzgar enerjisinden yararlanarak seraların ısıtılması ve ürün kurutulması ve soğutma konularında çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. ŞAHİNOĞLU, M. 1992. Enerji Sektörünün Yapısı ve Geleceği. Türkiye Ekonomisi Sektörel Gelişmeler. Türkiye Ekonomi Kurumu. Özyurt Matbaacılık. Ankara.
2. TELATAR, E. 1998. Enerji Sektöründeki Gelişmeler. Türkiye Ekonomisi Sektörel Analiz. Turhan Kitabevi Yayınları. Ankara.
3. STOUT, B.A., MYERS, C.A., HURAND. A. and FAİDLEY, L.W. 1979. Energy For World Agriculture. Food And Agriculture Organization of The United Nations. FAO Agriculture Series No: 7. Rome.
4. ATAGÜNDÜZ, G. 1997. Rüzgar Güneş Enerjisi Hibrit Sistemi ile Hidrojen Üretimi. 11. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Edirne.
5. ÜLGER, P.ve KAYIŞOĞLU. B. 1992. Makina Bilgisi. Trakya Üniversitesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi. Yayın No:11. Tekirdağ.
6. ÖNEN, E. 1985. Havalandırma ve Klima Tesisatı. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik El Kitapları. No: 9. Ankara.
7. KREİDER, J.F. and RABL. A. 1994. Heating and Cooling of Buildings. McGraw-Hill International Editions. Mechanical Engineering Series.
8. ANONİM, 1992. HHF710 Hygro-Thermo Anemometer. Operator's Manual M1126/0792. Omega Engineering. İnc.
9. ANONİM, 1998. PC-Based Industrial Automation. Solution Guide. IA Vol. 81. Advantech.

10. ANONİM, 1984. Türkiye Rüzgar Enerjisi Doğal Potansiyeli. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü. Yayın No: 85-1. Ankara.
11. KOVMANOVDİS, N. 1988. Wind Energy Study of The Greek Islands. Wind Energy. Vol.12. No: 4.
12. ÜLTANIR, M. ve COŞKUN. M.B. 1993. Batı ve Kuzey Batı Anadolu'nun Rüzgar Enerjisi Potansiyeli. 5. Uluslar Arası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi. S 617-625. Kuşadası-Türkiye.
13. SAVAŞ, S. 1980. Soğuk Depoculuk ve Soğutma Sistemlerine Giriş. D.M.M.A. Balıkesir.
14. SUNER, E. 1976. Uygulamalı Soğutma Tekniği. Cilt 2. Bizim Büro. Ankara.
15. LİLJEDAH, B.J.,TURNQUIST, P.K., SMİTH, D.W. and HOKİ, M. 1989. Tractors and Their Power Units. An Avi Book Published by Van Nostrand Reinhold, New York.
16. TEZER, E.ve SABANCI, A. 1997. Tarımsal Mekanizasyon I. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 44, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi ofset Atölyesi, Adana
17. ANONİM, 1999a. Meteorolojik Kayıtlar. Meteoroloji İl Müd., Kahramanmaraş.
18. DİNÇER, H. 1981. Tarımsal Kuvvet Makineleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. Yayın No:751. A.Ü. Basımevi. Ankara.
19. ANONİM, 1999b. Meteorolojik Kayıtlar. Meteoroloji İl Müd., Kahramanmaraş.
20. AVŞAR, Ö. 1999. Sözlü Görüşme. Kahramanmaraş Meteoroloji Müdürlüğü.