

TAŞINABİLİR BİR EVAPORATİF SOĞUTUCUNUN PERFORMANS ANALİZİ

Hüsamettin BULUT, Burak YENİGÜN

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Osmanbey Kampüsü, 63190 Şanlıurfa
hbulut@harran.edu.tr, b.yenigun@hotmail.com

Özet: Evaporatif soğutma sistemleri, sıcak ve nem miktarı düşük olan bölgelerde daha etkili ve verimli olan, enerji tüketimleri az olan ve çevre dostu iklimlendirme sistemleridir. Bu çalışmada, taşınabilir bir evaporatif soğutucunun soğutma performansı değişik parametrelere göre deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, kapalı ve açık hacimlerde Şanlıurfa iklim koşulları altında soğutma sezonu boyunca yapılmıştır. Sıcaklık-bağıl nem ölçerlerle evaporatif soğutucunun giriş ve çıkışında kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değerleri ölçülmüş ve evaporatif soğutucu için nemlendirici verimi hesaplanmıştır. Ayrıca taşınabilir evaporatif soğutucunun giriş ve çıkış şartları psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. Şanlıurfa’da dış ortam havası sıcak ve nem oranı düşük olduğu için nemlendirici verimi yüksek çıkmıştır. Dış ortam bağıl nem ve kuru termometre sıcaklığının, soğutma üzerine ve nemlendirici verimi üzerine etkisi incelenmiştir. Evaporatif soğutucunun, dış ortam kuru termometre sıcaklığını ortalama 10 °C düşürdüğü tespit edilmiştir. Evaporatif soğutmanın sıcak ve kuru iklime sahip Güneydoğu Anadolu Bölgesinde konfor şartlarını sağlayacak düzeyde olduğu ve düşük enerji tüketimleri ile yazın enerji sorununa olumlu katkı sağlayabilecekleri görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Evaporatif soğutma, nemlendirici verimi, kuru termometre sıcaklığı, Şanlıurfa.

PERFORMANCE ANALYSIS OF A PORTABLE EVAPORATIVE COOLER

Abstract: Evaporative cooling systems are more effective in hot and dry climates and are environmentally friendly air-conditioning systems. They have also low energy consumption. In this study, the cooling performance of a portable evaporative cooler is investigated according to various parameters. The experiments are carried out during cooling season under Şanlıurfa climate conditions. Dry bulb temperature and relative humidity ratio of air at inlet and outlet of evaporative cooler are measured and the effectiveness of evaporative cooler is calculated. The humidification and cooling processes are shown on psychrometric chart. The effectiveness of evaporative cooler is found high due to low humidity ratio and high dry-bulb temperature in Şanlıurfa. The effect of outdoor dry-bulb temperature and relative humidity on cooling performance and effectiveness of evaporative cooler is examined. It is found that evaporative cooler lowers dry-bulb temperature 10 °C averagely. It is seen that evaporative cooling systems can provide comfort conditions in Southeastern Anatolia Region which has hot and dry climate and can contribute positively the energy problems in summer season due to their low energy consumptions when compared to classical air conditioners.

Keywords: Evaporative cooling, effectiveness of evaporative cooler, dry-bulb temperature, Şanlıurfa.

GİRİŞ

Günümüzde yaşam standartlarının yükselmesiyle iklimlendirme sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu durum iklimlendirme sistemlerinin toplam enerji tüketimindeki payını artırmıştır. Toplam üretilen enerjinin yaklaşık %30’u binalarda tüketilmektedir. Binalarda tüketilen enerjinin de %70-%90’ı ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. İklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimindeki payının düşürülmesi için enerji verimli sistemlerin kullanılması ve enerji tasarrufu yöntemlerin uygulanması gibi tedbirler alınabilir. Bunun dışında enerji tüketimi daha az olan alternatif sistemlerin de kullanılması gerekir. Evaporatif (buharlaştırma) soğutma sistemleri, enerji tüketimleri az olan ve çevre dostu iklimlendirme sistemlerinden biridir.

Buharlaştırma soğutma, insanların sıcak ortamlarda kendi rahatını sağlamak amacıyla kullandığı en eski metotlardan biridir. Eski Mısırlılar, Hintliler ve Persliler tarafından kullanıldığı bilinmektedir [1]. Günümüzde buharlaştırma soğutma sistemleri sadece konfor amaçlı değil endüstriyel amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Orta ve yüksek kapasiteli hava soğutmalı kondenserlere sahip soğutma makinalarında ve kuru soğutucuların kondenserlerinde destek

soğutma sistemi olarak evaporatif soğutucular kullanılabilir. Bu tür sistemlerin önemli miktarda enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür [2-5].

Ülkemizde evaporatif soğutma çok yaygın olarak kullanılırsa da çeşitli uygulamaları bulunmaktadır. Fabrikalarda, tekstil atölyelerinde, çadırlarda, restoran, cafe ve pazaryerlerinde kullanılmaktadır. Enerji tüketimlerinin az olması, çevreci ve ekonomik sistemler olduğu için evaporatif soğutucular üzerinde önemli çalışmalar yurtiçinde ve dışında olmaktadır. Bir direkt evaporatif soğutma sisteminin deneysel, ekonomik ve çevresel incelenmesi Çalışır ve arkadaşları [6] tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmada; sıcak ve kuru iklim şartlarında direkt evaporatif soğutma sistemlerinin daha verimli sonuçlar verdiği ve ısı konfor şartlarının sağlanması şartıyla aynı soğutma kapasitesindeki evaporatif ve buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemi için ekonomik ve çevresel yönden karşılaştırıldığında evaporatif soğutma sistemleri buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerine göre işletme maliyetinin daha az olduğu ve eşdeğer CO₂ salınımı açısından daha çevreci sistemler olduğu gösterilmiştir [6]. Evaporatif soğutmanın Çorlu için kullanılabilirliği Akdeniz ve Osma [7] tarafından teorik olarak incelenmiştir. Enerji tasarrufu sağlamak için evaporatif soğutmanın mekanik soğutma ile birlikte bir hibrit soğutma şeklinde kullanılmasının gerektiği belirlenmiştir [7]. İzmir ilinde örnek bir konut için direkt ve indirek evaporatif soğutma sistemleri mekanik soğutma ile incelenerek, evaporatif soğutmanın uygulanabilirliği teorik olarak değerlendirilmiş ve enerji tüketiminde sağlanabilecek tasarruflar belirlenmiştir. Direkt evaporatif soğutmanın yüksek nemden dolayı ısı konfor şartını sağlamadığı görülmüştür. İndirek evaporatif soğutmanın mekanik soğutma ile birlikte kullanılması durumunda istenen ısı konfor şartlarını sağladığı ve mekanik soğutmada enerji tasarrufu yaptığı belirlenmiştir [8].

Buharlaştırılmalı soğutma bilhassa sıcak ve kurak bölgelerde başarılı bir şekilde kullanılmakta olup, yüksek kuru termometre sıcaklığı ve düşük yaş termometre sıcaklığına sahip iklimler için uygundur. Bundan dolayı bu çalışmada yazları sıcak ve kurak olan Şanlıurfa'da, taşınabilir bir evaporatif soğutucunun performansı incelenmiştir.

EVAPORATİF SOĞUTMA

Evaporatif (Buharlaştırılmalı) soğutma basit bir prensibe dayanır. Havanın içine püskürtülen suyun buharlaştırılması için gerekli olan buharlaştırma gizli ısı havanın duyulur ısısından alınır. Sonuçta havanın kuru termometre sıcaklığı düşürülerek soğutma elde edilir. Bu işlemde havanın yaş termometre sıcaklığı sabit kalmaktadır. Bu işlem sabit entalpide meydana geldiğinden adyabatik işlemidir. Çünkü sisteme ne dışarıdan ısı verilmekte ne de sistem dışarıya ısı vermektedir. Sistem içinde işlem boyunca sadece bir ısı alışverişi vardır. Aynı oranlarda duyulur ısı azalmakta, gizli ısı artmaktadır. Bu soğutma tekniği yıllarca kullanılmıştır. Sıcak ve kuru bir günde avluda yer sulandığında havayı daha soğuk ve kısmi bir serinlik hissetmemiz buharlaştırılmalı soğutmanın etkisindedir.

Buharlaştırılmalı soğutmaya olan ilginin artmasıyla bu sistemlerde birçok yeni tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu çeşitliliğe rağmen buharlaştırılmalı soğutma sistemleri üç ayrı sınıfa ayrılabilir [1].

- 1- Doğrudan (Direk) buharlaştırılmalı soğutma
- 2- Dolaylı (İndirek) buharlaştırılmalı soğutma
- 3- Birleşik buharlaştırılmalı soğutma

Doğrudan buharlaştırılmalı soğutmanın temeli Şekil.1'de şematik olarak verilmiştir. Burada su bir pompa yardımıyla basınçlandırılarak fiskiyelere (nozullara) verilerek küçük zerrecikler halinde hava akımına tabi tutulmaktadır. Su zerreciklerinin buharlaşmasıyla hava akımı soğumaktadır. Su buharının eklenmesiyle nemli havanın gizli ısı artmaktadır. Şekil.1-b' deki psikrometrik diyagramda görüldüğü gibi bu izentalp işlem sabit yaş termometre sıcaklığı çizgisi boyunca olmaktadır. Bunun dışında havanın nemlendirilerek soğutulması, havanın ıslak bir yüzeyden geçirilmesi ile de sağlanabilir (Şekil 2). Gözenekli ve selülozik malzemeden özel olarak imal edilmiş petekler küçük bir sirkülasyon pompası vasıtasıyla ıslatılır. Petek üzerinden geçen hava suyu buharlaştırır. Buharlaştıran su havadan ısı alır ve evaporatif soğutma gerçekleşmiş olur. Bu tür evaporatif soğutmada hava filtre edilmiş olduğundan daha temiz hava içeri verilmiş olunur ve iyi bir iç hava kalitesi sağlanır.

Şekil.1-b' den görüleceği gibi doğrudan buharlaştırılmalı soğutmada çıkış havasının en düşük kuru termometre sıcaklığı ancak giriş havasının yaş termometre sıcaklığına eşit olabilir. Giriş ve çıkış sıcaklıkları kullanılarak buharlaştırılmalı soğutucuların yani nemlendirici verimi tarif edilebilir. Bu nemlendirici verimi doyma verimi olarak da bilinir. Pratikte kullanılan nemlendiricilerin verimleri % 70-90 arasında değişmektedir. Şekil.1-b esas alınarak nemlendirici verimi veya buharlaştırılmalı soğutma verimi, ϵ_N , aşağıdaki gibi yazılabilir.

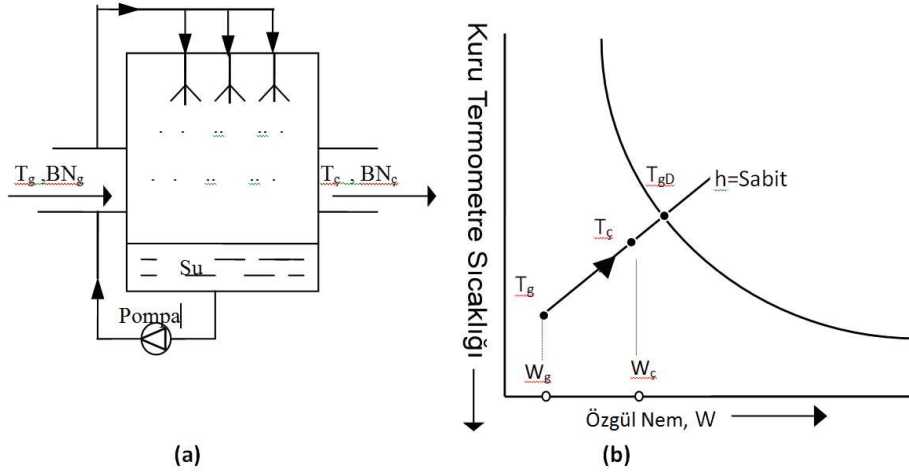
$$\varepsilon_N = \frac{T_g - T_c}{T_g - T_{gD}} \quad (1)$$

Burada T_g giriş havası kuru termometre sıcaklığını, T_c çıkış havası kuru termometre sıcaklığını, T_{gD} giriş havası yaş termometre sıcaklığıdır.

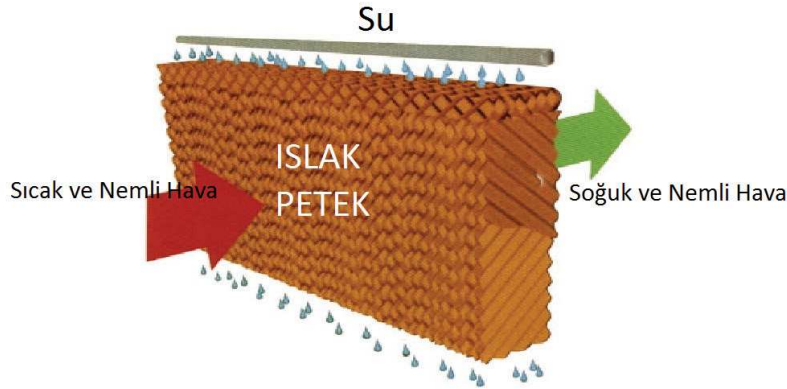
Hava akımında buharlaşarak tüketilen su miktarı yani havaya geçen nem miktarı, $\dot{m}_{su}$ (kg/s);

$$\dot{m}_{su} = \dot{m}_{hava} \cdot (W_c - W_g) \quad (2)$$

Burada $\dot{m}_{hava}$, hava akımının kütleli debisi (kg/s), W_g ve W_c sırasıyla nemlendiriciye giriş ve çıkış havasının özgül nemi (kg/kg kuru hava)'dir.



Şekil 1. Doğrudan buharlaştırmalı soğutma sistemi



Şekil 2. Petek sistemi ile buharlaştırmalı soğutma

Dolaylı evaporatif soğutma sisteminin en büyük özelliği soğutma işlemi boyunca hava neminin artmamasıdır. Dolaylı soğutmada ulaşılabilecek minimum sıcaklık ikinci hava akımı yaş termometre sıcaklığına eşit olabilir. Bu ancak nemlendirici ve eşanjör verimleri % 100 olması durumunda mümkündür. Birleşik buharlaştırmalı soğutma sistemleri, hem doğrudan (direk) hem de dolaylı (indirek) buharlaştırmalı soğutmadan değişik kademelerden yararlanılarak meydana gelmişlerdir. Bu tip sistemlere konvansiyonel soğutma sistemleri de eklenerek değişik kombinasyonlar yapmak mümkündür. Bu sistemler hakkında bilgiler literatürde mevcuttur [1, 9-14]. Bilge ve Bilge [9], yaptıkları teorik çalışmada, havanın, dolaylı ve doğrudan olmak üzere iki aşamada evaporatif olarak soğutulduğu bir sistem tanıtmışlardır. İklimlendirme sistemlerinde kullanılan klasik soğutma sistemleri ile bu sistem enerji tüketimleri açısından karşılaştırılmışlardır ve uygun dış hava koşullarında önerilen sistemin çok daha ekonomik olduğu sonucuna varmışlardır. Bulut [1], bir döner tip ısı değiştiricisi ve 2 adet doğrudan nemlendiriciden oluşan bir çift buharlaştırmalı soğutma sistemini Güneydoğu Anadolu Bölgesi için uygunluğu ve uygulanabilirliğini teorik olarak incelemiş ve sistemin ısı konforu büyük ölçüde sağladığını tespit etmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada Form A.Ş.'nin FesCafe modeli taşınabilir evaporatif soğutucusu kullanılmıştır. Şekil 3'te taşınabilir evaporatif soğutucu ve hassas sıcaklık ve bağıl nemölçer sensörleri görülmektedir. Evaporatif soğutucunun fan hava debisi 6000 m³/h olup, 3 hız kademelidir. Fan motorunun gücü 0.38 kW'tır. Sıcaklık ve bağıl nem ölçümlerinde Gentek Elektronik Ht-2 sıcaklık ve nem transmiyeri kullanılmıştır. Sıcaklık ve bağıl nem sensörünün ölçüm aralığı ve hassasiyeti sıcaklık için: -40 °C / +120 °C±0.3 °C, bağıl nem için: %0 - %100±%1.5'dir. Şekil 4'te sıcaklık ve nem transmiyeri görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3. Taşınabilir evaporatif soğutucu, a: Önden görünüş, b: Arkadan görünüş



Şekil 4. Sıcaklık ve bağıl nem ölçer

BULGULAR ve TARTIŞMA

Evaporatif soğutucunun açık alanda ve kapalı alanda performansı incelenmiştir. Açık alanda doğrudan dış ortama bırakılmış ve üfleme ağzı ortama doğru çevrilerek giriş (g) ve çıkışında (ç) kuru termometre sıcaklık (T) ve bağıl nem

(BN) değerleri ölçülmüştür. Kapalı alanda ise evaporatif soğutucu mahalın kapı ağzına bırakılarak ortamın kuru termometre sıcaklığı (T_{ortam}) ve bağıl nemi (BN_{ortam}), belli bir zaman periyotları ile ölçülmüştür. Ayrıca evaporatif soğutucu giriş ve çıkış havası kuru termometre sıcaklığı (T_g ve $T_ç$) ve bağıl nem (BN_g ve $BN_ç$) değerleri ölçülmüştür.

Kantin ve laboratuvar için ölçümler Mayıs ve Haziran aylarında yapılmıştır. Evaporatif soğutucu, alanın kapı ağzına konularak dış ortamdan hava alınmış ve nemlendirilerek içeri verilmiştir. Deney yapılmadan önce ortamın iç sıcaklığı ve bağıl nemi ölçülmüştür. 15 dakikalık periyotlarla cihaz giriş, çıkış ve ortam havasının kuru termometre ve bağıl nemi kayıt edilmiştir. Tablo 1’de kapalı hacimlerde alınan ölçüm sonuçları verilmiştir. Tablodan ortalama nemlendirici veriminin %71, giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki en yüksek farkın (ΔT), 15.1 °C ve ortalamasının 11 °C olduğu, buna karşılık ortam sıcaklığının 1 saat sonunda en fazla 10.0 °C düşürüldüğü görülmektedir.

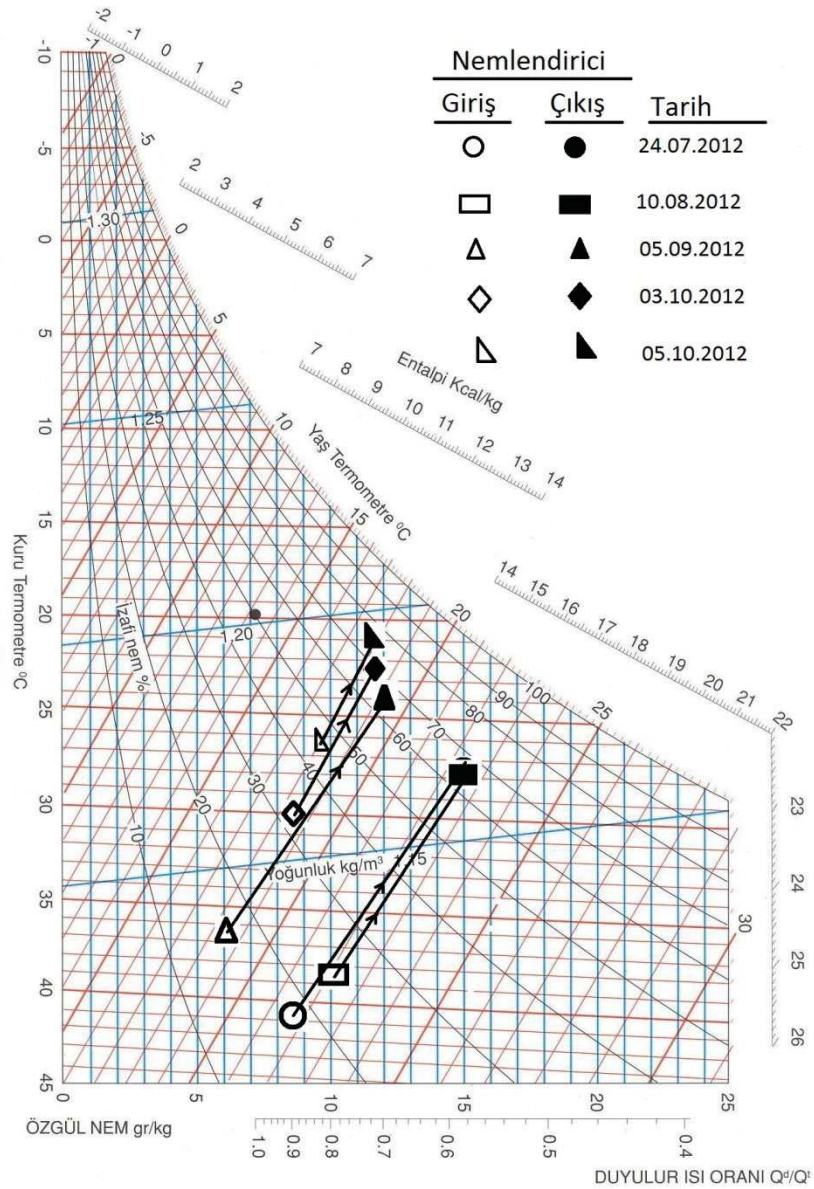
Tablo 1. Kapalı hacimlerde alınan ölçüm sonuçları

Mahal	Tarih	Saat	T _{ortam}	BN _{ortam}	T _g	BN _g	T _ç	BN _ç	T _{gD}	Verim	ΔT	ΔBN	ΔT _{ortam}	
			(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	ε _N	(°C)	(%)	(°C)	
Laboratuvar	24.May.12	13:15	24.6	46.1	28.0	36.3	20.1	72.0	17.6	0.76	7.9	35.7	3.3	
		14:15	21.3	62.4	28.2	35.8	20.6	71.8	17.6	0.72	7.6	36.0		
	25.May.12	14:30	24.0	39.0	27.7	30.0	19.0	71.0	16.2	0.76	8.7	41.0	3.5	
		15:30	20.5	57.0	25.1	36.0	18.4	71.3	16.2	0.75	6.7	35.3		
Kantin	11.Haz.12	12:15	38.0	23.0	38.5	12.0	24.6	57.5	18.5	0.70	13.9	45.5	10.0	
		13:15	28.0	33.0	38.7	12.2	24.5	58.8	18.5	0.70	14.2	46.6		
	12.Haz.12	11:45	37.5	18.6	36.0	20.1	24.9	65.7	19.3	0.66	11.1	45.6	8.9	
		12:45	28.6	38.0	38.6	13.6	25.2	59.6	19.3	0.69	13.4	46.0		
Laboratuvar	13.Haz.12	13:15	33.0	22.0	39.0	12.0	23.9	66.4	18.7	0.74	15.1	54.4	7.6	
		14:15	25.4	59.0	39.2	12.3	24.3	68.1	18.7	0.73	14.9	55.8		
	14.Haz.12	12:00	28.2	39.5	36.2	21.4	24.6	67.8	19.8	0.71	11.6	46.4	1.7	
		13:00	26.5	60.0	37.0	17.5	25.3	64.0	19.8	0.68	11.7	46.5		
	18.Haz.12	08:40	29.0	20.0	30.7	25.7	21.1	66.9	17.5	0.73	9.6	41.2	5.0	
		09:40	24.0	50.0	31.0	21.1	21.4	64.5	17.5	0.71	9.6	43.4		
	19.Haz.12	14:00	33.0	22.0	36.0	18.7	26.0	66.5	19.0	0.59	10.0	47.8	6.8	
		15:00	26.2	56.0	36.8	22.8	24.7	65.6	19.0	0.68	12.1	42.8		
	20.Haz.12	11:45	29.5	28.5	33.6	22.0	23.3	66.6	19.4	0.73	10.3	44.6	4.1	
		12:45	25.4	57.0	33.0	25.0	23.4	57.0	19.4	0.71	9.6	32.0		
										Ortalama	0.71	11.0	43.7	5.7
										Maksimum	0.76	15.1	55.8	10.0
										Minimum	0.59	6.7	32.0	1.7

Açık alanda yapılan deneyler 23 Temmuz-5 Ekim 2012 tarihleri arasında yapılmıştır. Ölçümler saat 10:30-14:30 arasında alınmıştır. Ölçüm sonuçlarının istatistiksel sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Bazı günler için yapılan ölçümlerin psikrometrik diyagramda gösterimi Şekil 5’te verilmiştir.

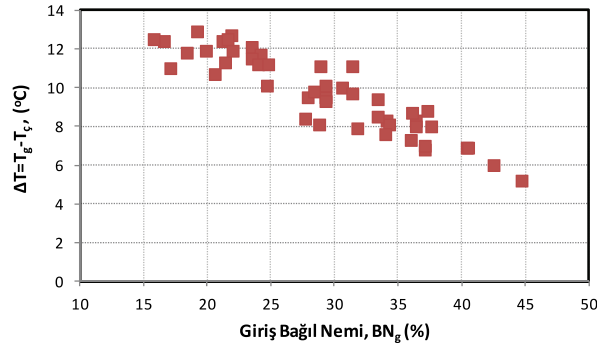
Tablo 2. Açık alanda yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları

	T_g (°C)	BN_g (%)	T_{is} (°C)	$T_ç$ (°C)	$BN_ç$ (%)	ΔT (°C)	ΔBN (%)	Verim, ϵ_N
Ortalama	35.3	29.0	21.3	25.6	68.8	9.7	39.8	0.69
Maksimum	40.2	44.7	24.3	28.4	77.2	12.9	47.1	0.83
Minimum	26.2	15.8	18.0	20.9	62.2	5.2	29.8	0.62

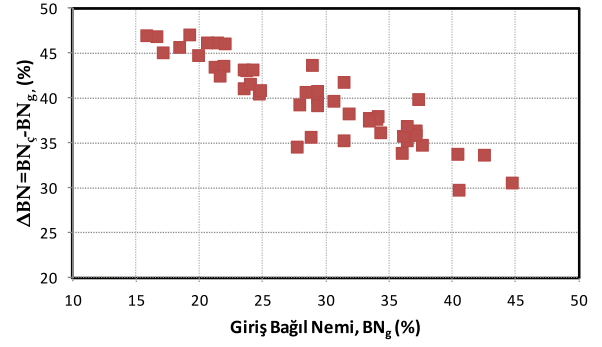


Şekil 5. Evaporatif soğutucu giriş ve çıkış şartlarının psikrometrik diyagramda gösterimi

Şekil 6-a'da evaporatif soğutucuya giriş bağıl neminin, giriş ve çıkış kuru termometre sıcaklığı arasındaki farka (ΔT) etkisi gösterilmiştir. Giriş bağıl nemi arttıkça sıcaklık farkı düşmektedir. Çıkış ve giriş bağıl nemi arasındaki farkın giriş bağıl nemi ile değişimi Şekil 6-b'de verilmiştir. Şekilden giriş bağıl nemi arttıkça çıkış ve giriş arasındaki farkın düştüğü görülmüştür. Giriş kuru termometre sıcaklığının çıkış sıcaklığı ve bağıl nemi üzerine etkisi sırasıyla Şekil 7-a ve 7-b'de gösterilmiştir. Giriş sıcaklığı arttıkça çıkış sıcaklığı artmasına rağmen çıkış bağıl neminin ise az da olsa düştüğü görülmüştür. Sıcaklık ve bağılnem için giriş ve çıkış farklarının giriş sıcaklığı ile değişimi Şekil 8-a ve 8-b'de verilmiştir. Giriş sıcaklığı arttıkça sıcaklık farkının ve bağıl nem farkının arttığı tespit edilmiştir. Giriş bağıl neminin ve giriş kuru termometre sıcaklığının nemlendirici verimi üzerine belirgin bir etkisi olmadığı Şekil 9-a ve 9-b'den tespit edilmiştir.

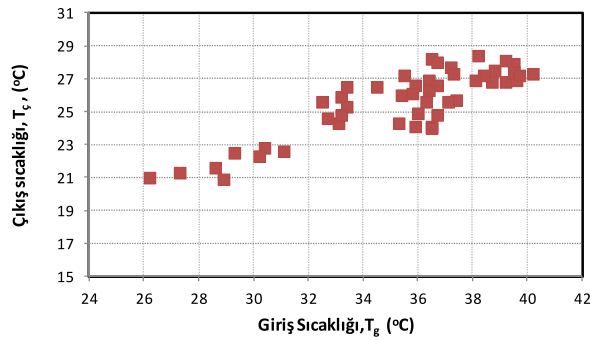


(a)

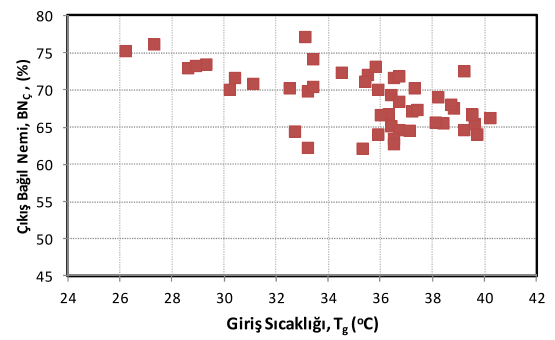


(b)

Şekil 6.a: Giriş ve çıkış sıcaklık farkının giriş bağıl nemi ile değişimi, b: Çıkış ve giriş bağıl nem farkının giriş bağıl nem ile değişimi

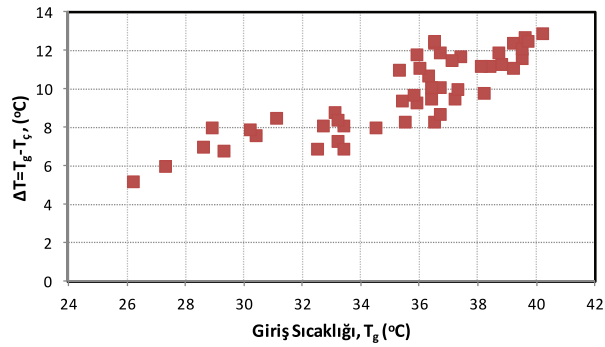


(a)

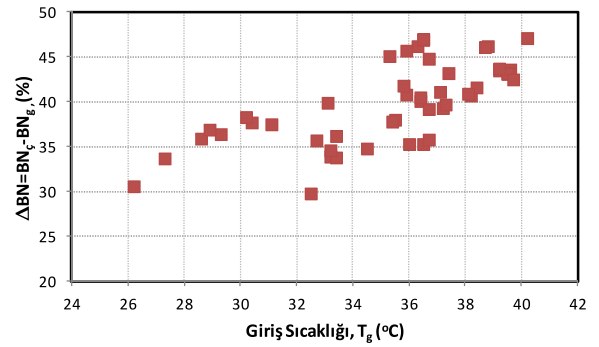


(b)

Şekil 7.a: Giriş sıcaklığının çıkış sıcaklığı üzerine etkisi, b: Giriş sıcaklığının çıkış bağıl nemi üzerine etkisi

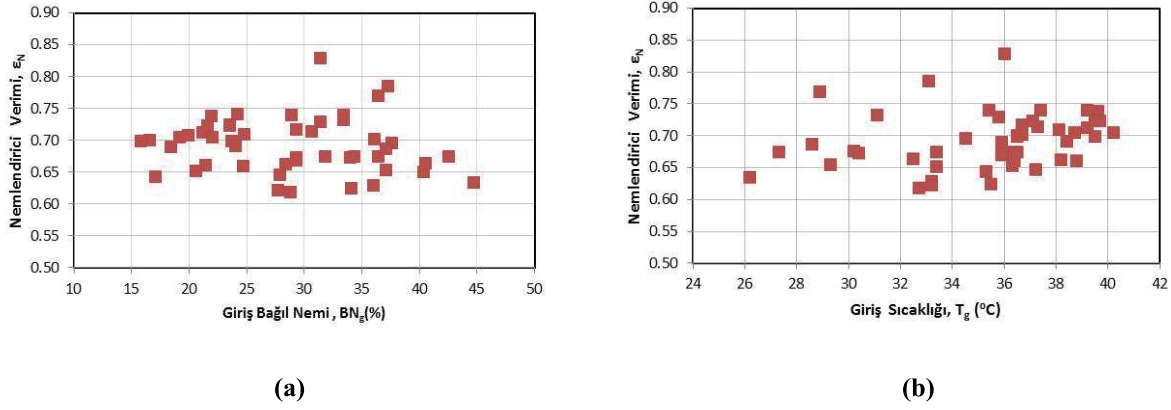


(a)



(b)

Şekil 8. a: Sıcaklık farkının, b: Bağıl nem farkının giriş sıcaklığı ile değişimi



Şekil 9. a: Nemlendirici veriminin giriş bağıl nemi ile değişimi, b: Nemlendirici veriminin giriş sıcaklığı ile değişimi

SONUÇ

Taşınabilir bir direkt evaporatif soğutucunun performansı, kapalı ve açık hacimlerde Şanlıurfa iklim koşulları altında soğutma sezonu boyunca deneysel olarak incelenmiştir. Evaporatif soğutucunun havanın kuru termometre sıcaklığını ortalama 10 °C düşürdüğü tespit edilmiştir. Giriş bağıl nemi düştükçe çıkış sıcaklığı ile giriş sıcaklığı arasındaki farkın artışı tespit edilmiştir. Giriş sıcaklığı arttıkça sıcaklık farkının ve bağıl nem farkının arttığı tespit edilmiştir. Nemlendirici veriminin ortalama %70 olduğu görülmüştür. Maksimum çıkış bağıl nemi % 77.2 olarak ölçülmüştür. Nemlendirici verimi yükseltilerek çıkış bağıl nemi yükseltilebilir. Buna karşılık çıkış kuru termometre sıcaklığı biraz daha düşürülebilir. Bu tür evaporatif soğutucular, açık alanlarda, atölyelerde, restoranlarda ve toplantı salonlarında kullanılarak iç ortam sıcaklığı düşürülerek konforlu mahaller oluşturulabilir.

Evaporatif soğutmanın sıcak ve kuru iklime sahip Güneydoğu Anadolu Bölgesinde konfor şartlarını sağlayacak düzeyde olduğu ve düşük enerji tüketimleri ile yazın enerji sorununa olumlu katkı sağlayabilecekleri görülmüştür. Evaporatif soğutucular hava soğutmalı chiller gruplarında kullanılarak önemli enerji tasarrufu sağlanabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya cihaz desteği verdikleri için Form A.Ş'ye ve Makine Mühendisi Ozan NEHOŞ'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Bulut, H. Güneydoğu Anadolu Bölgesi İçin Çift Buharlaştırmalı Soğutma Sistemi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1996.
- [2] Cansevdı, B., Callı, U., Hepbaşlı, A. Improving the Energy Performance of Air-Cooled Chillers with Water-Spray Mist Pre-Cooling: An Application, *CD-Proceedings of Clima 2010 – 10th REHVA World Congress, Antalya-Turkey*. 2010.
- [3] Türkser, Eco-TOR-Hibrit soğutma destek sistemi, <http://www.turkser.com.tr/urun-eh.html>, Erişim: Ocak 2013.
- [4] Chan, K.T., Yang, J., Yu, F.W. Energy Performance of Chillers with Water Mist Assisted Air-Cooled Condensers, *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney*, 2088-2095, 2011.
- [5] Korun, G. Hava Soğutmalı Grupların Evaporatif Ön Soğutma ile Verim ve Kapasite Artışı Uygulaması, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir*, 413-420, 2011.
- [6] Çalışır, T., Alptekin, M., Yılmazoğlu, M. Z. , Bir Direkt Evaporatif Soğutma Sisteminin Deneysel, Ekonomik ve Çevresel İncelenmesi, *Ulusal İklimlendirme Kongresi ve Fuarı, İKLİM 201, Antalya* 2011.
- [7] Akdeniz, H., Osma, E. Evaporatif Soğutmanın Çorlu için Kullanılabilirliği, *Mühendis ve Makine*, 52(619), 63-70, 2011.
- [8] Şen, E., Akdemir, Ö., Ülgen, K. İzmir İli İçin Evaporatif Soğutma Sistemlerinin Performans Değerlendirmesi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir*, 1359-1368, 2011.
- [9] Bilge, D., Bilge, M. İndirek / Direkt Evaporatif Soğutma Sistemleri Kombinasyonu, *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir*, 197-204, 1999.

- [10] Yılmaz, T., Büyükalaca, O., Topcuoğlu, M.A., Bulut, H., Enerji Ekonomisini Sağlayan Taze ve Atık Hava Buharlaştırılmalı İklimlendirme Sistemi, 5. *Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, Bildiriler Kitabı*, 325-334, 1998.
- [11] Yılmaz, T., Bulut, H., Çift Buharlaştırılmalı Soğutma Sisteminde Konfor Şartlarının İncelenmesi, III. *Uluslararası Yapıda Tesisat Bilimi ve Teknolojisi Sempozyumu*, 593-608, İstanbul, 1998.
- [12] Yılmaz, T., Bulut, H., Özgören, M. Ve Büyükalaca, O., An alternative cooling system for hot, arid regions, pp. 422-432, *Proceeding of Int. Conference on Energy Research and Development*, Kuwait, I, 9-11, 1998.
- [13] Yılmaz, T., Büyükalaca, O. Desisif –Evaporatif Soğutma Sistemleri, *Tesisat Mühendisliği*, 60,58-73, 2000.
- [14] Uçkan, İ., Yılmaz, T., Büyükalaca, O., Hürdoğan, E. Desisif-Evaporatif Soğutma Sisteminin Deneysel Olarak İncelenmesi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir*,1333-1343, 2011.