Nem Almalı Bir İklimlendirme Sisteminin Analizi

E. Hürdoğan[1], O. Büyükalaca[2], T. Yılmaz[3], İ. Uçkan[4]

[1]Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye/Türkiye, ehurdogan@oku.edu.tr
[2]Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye/Türkiye, obuyukalaca@oku.edu.tr
[3]Çukurova Üniversitesi, Adana/Türkiye, tunyil@cu.edu.tr
[4]Çukurova Üniversitesi, Adana/Türkiye, iuckan@cu.edu.tr

Analysis of A Desiccant Based Air Conditioning System

***Abstract*—In this study, a desiccant based air-conditioning system that is located in the Laboratory of Mechanical Engineering Department of Çukurova University is considered. A theoretical model in which psycrometric properties are calculated for each state of the system is developed. Effects of the different parameters on the system are investigated using the model and results are evaluated.**

***Keywords*—Desiccant cooling, air-conditioning, hygiene, COP**

I. GİRİŞ

İnsanlar, içerisinde yaşadıkları binaların kendilerine en iyi ısıl konforu sağlamasını isterler. Bu ısıl konfor da iklimlendirme ve ısıtma-soğutma sistemleri yardımıyla sağlanır. Fakat enerji gereksiniminin artması, bazı ekonomik problemler ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların çevreye verdikleri zararlı etkiler sonucunda, son yıllarda alternatif iklimlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır.

Bu arayış içerisinde düşünülen sistemlerden birisi de nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemleridir. Bu sistemlerde, iklimlendirilecek mahale gönderilen hava, nem alıcı (kurutucu) madde (katı veya sıvı) üzerinden geçirilerek nemi düşürülmekte ve daha sonra istenilen konfor sıcaklığına kadar buharlaştırmalı soğutma veya konvansiyonel buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi tarafından soğutulmaktadır. Nem alıcı üzerindeki nem ise rejenerasyon havası olarak bilinen ikincil bir sıcak hava akımı tarafından uzaklaştırılmaktadır [1].

Desisif sistemlerin en önemli özelliklerinden birisi ısı ve nem kontrolünün bağımsızca yapılabilmesidir. Nemin tam kontrolü iç hava kalitesini yükseltmekte dolayısıyla hijyen açısından uygun sistemler olmasını sağlamaktadır. Bu tür sistemler, sağlık kuruluşlarında, son günlerde ülkemizde de çokça gündeme gelen hava yoluyla yayılan bazı enfeksiyon hastalıklarının önlenmesi için düşünülmesi gereken iklimlendirme sistemleridir [2-4].

II. SİSTEM TANITIMI VE ANALİZLER

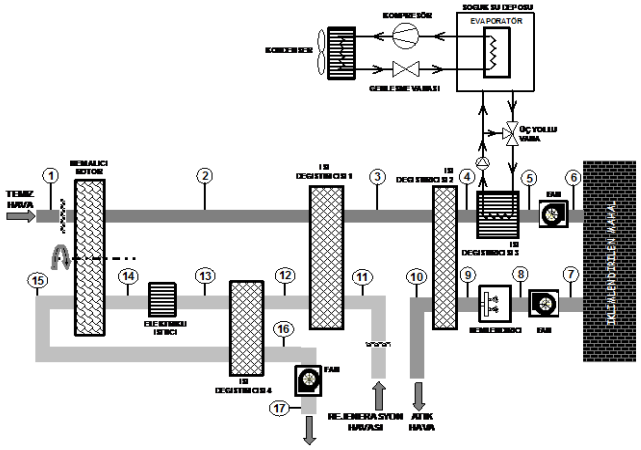
Şekil 1'de ele alınan nem almalı iklimlendirme sisteminin genel görünüşü verilmiştir [5]. Sistemde temiz, atık ve rejenerasyon olmak üzere üç adet hava kanalı bulunmaktadır. Temiz hava kanalı, tamamı dışardan alınan taze havayı iklimlendirerek mahale iletmek için kullanılır. Atık hava kanalı yardımıyla, mahal içerisinden emilen hava dışarı atılmaktadır. Rejenerasyon hava kanalı ise nem alma ünitesinde emilen nemi uzaklaştırmak için kullanılır. Bu kanallara, kullanılan havayı sistemin amacına uygun olarak şartlandırmak ve kontrol etmek amacıyla çeşitli elemanlar (nem alma ünitesi, ısı değiştiricisi, fan, soğutma grubu, ısıtıcı ünitesi, vb.) yerleştirilmiştir.

Temiz hava kanalına 1 noktasında alınan havanın nemi, nem alma ünitesinde (döner tip) düşürülmekte (1→2) ve kuru ancak daha yüksek sıcaklıkta bir hava elde edilmektedir (2). Aynı anda bir miktar sıcak hava (rejenerasyon havası) ters yönden nem alıcıya gönderilerek (14) taze havadan çekilen nem, nem alma ünitesinden uzaklaştırılmaktadır (14→15). Nem alma ünitesinden sonra, temiz hava 1 ve 2 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek (2→4), ön soğutma işlemine tabi tutulmakta ve sıcaklığı düşürülmektedir. Temiz havanın sıcaklığı, son olarak buhar sıkıştırmalı bir soğutma grubu tarafından soğutulan su yardımıyla kuru soğutucu serpantinde (3 numaralı ısı değiştiricisi) üfleme sıcaklığına kadar düşürülmektedir. Burada temiz havanın içerisindeki su buharının yoğuşmaması için sisteme gerekli otomatik kontrol elemanları ve sensörler yerleştirilmiştir. Tasarlanan bu sistemde mahale gönderilen temiz havadan nem alma işlemi sadece döner nem alıcıda gerçekleşmekte, diğer hiç bir ünitede (3 numaralı serpantin dahil) nem alma işlemi gerçekleşmemektedir.

İklimlendirilen mahalden (7) atık hava kanalına emilen hava, soğu geri kazanımı amacıyla kullanılan 2 numaralı ısı değiştiricisine gelmeden önce, bir nemlendirme ünitesinde nemlendirilerek sıcaklığı düşürülmekte ve 2 numaralı ısı değiştiricisi üzerinden geçirilerek dışarı atılmaktadır.

Rejenerasyon kanalına 11 noktasında emilen dış hava, 1 ve 4 numaralı ısı değiştiricilerinden geçirilerek ön ısıtma işlemine tabi tutulmakta ve daha sonra, nem alma ünitesindeki nemi uzaklaştırmak için gerekli olan sıcaklığa (rejenerasyon sıcaklığı) kadar elektrikli ısıtıcılar kullanılarak ısıtılmaktadır (13→14). 14 noktasında nem alma ünitesine giren rejenerasyon havası, nem alıcıdaki nemi içine alarak

soğumakta (15) ve 4 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek (15→16) dışarı atılmaktadır (17).



Şekil 1: Sistemin şematik resmi [5]

Tasarlanan sistemin analizini yapabilmek için bir model oluşturulmuş ve Fortran programlama dili kullanılarak sistemde bulunan tüm noktaların psikrometrik özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir program yazılmıştır. Programa girdi olarak iklimlendirilecek mahale gönderilecek taze, atık ve rejenerasyon hattı hava debileri, anlık dış hava kuru termometre sıcaklığı ve mutlak nemi, iklimlendirilecek mahalin konfor şartları (sıcaklık ve rölatif nem), iklimlendirilecek mahalin duyulur ısı oranı ve toplam soğutma yükü, ısı değiştiricilerinin etkinlikleri, nemlendirici etkinliği, fanların etkinlikleri, fan motorlarının güçleri gibi parametreler verilmektedir.

Bu girdiler kullanılarak, sistemde yer alan her bir nokta için (toplam 17 nokta) kuru ve yaş termometre sıcaklığı, entalpi, mutlak nem, rölatif nem, çiğ noktası sıcaklığı ve yoğunluk gibi psikrometrik özellikler ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu psikrometrik değerlerin hesaplanmasında ASHRAE [6] tarafından önerilen ve Hürdoğan ve diğ. [5] tarafından verilen eşitlikler kullanılmıştır. Hesaplamalarda ayrıca dış hava sıcaklığının (kondenser sıcaklığı) sistemde kullanılan soğutma grubu etkinlik katsayısına olan etkisi de dikkate alınmıştır [7, 8].

Sistemin soğutma etkinlik katsayısı (COP) aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{SK}}{\dot{W}_T} \quad (1)$$

$$\dot{Q}_{SK} = \dot{m}_{taze} * (h_1 - h_6) \quad (2)$$

$$\dot{W}_T = \dot{W}_{EI} + \dot{W}_F + \dot{W}_K \quad (3)$$

Bu eşitliklerde $\dot{Q}_{SK}$ sistemin soğutma kapasitesini, $\dot{W}_T$ ise elektrikli ısıtıcı ($\dot{W}_{EI}$), fanlar ($\dot{W}_F$) ve kompresörün ($\dot{W}_K$) tükettiği enerjilerin toplamını ifade etmektedir. Ayrıca $\dot{m}_{taze}$ taze hava kanalındaki havanın kütle debisini, h ise o noktadaki entalpiyi ifade etmektedir.

Bu çalışmada, COP'nin dış hava kuru termometre sıcaklığı ($T_{dış}$), dış hava mutlak nemi ($W_{dış}$) ve iklimlendirilecek mahal duyulur ısı oranı (DIO) ile değişimi oluşturulan model kullanılarak analitik olarak incelenmiştir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada kullanılan modelin doğruluğu yazarlar tarafından yapılan önceki bir çalışmada [9] gösterilmiş ve aynı model kullanılarak bu bildiri oluşturulmuştur. Hesaplamalarda, mutlak nemin, sadece nem alma (1→2), nem uzaklaştırma (14→15), odaya üfleme (6→7) ve nemlendirme (9→10) proseslerinde değiştiği dikkate alınmıştır. Tasarlanan sistemin Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarında yer alan yaklaşık 230 m^3 hacimli bir mahalin iklimlendirilmesinde kullanılacağı düşünülmüştür. Mahal konfor şartları ve hava debileri hijyenik iklimlendirme göz önünde bulundurularak, ASHRAE [6] standartlarına uygun olarak belirlenmiştir. Sistemde kullanılan ısı değiştiricisi ve fanların etkinlik değerleri ile fan motorlarının gücü (basınç kayıpları dikkate alınarak belirlendi) ve hesaplamalarda kullanılan bazı değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Hesaplamalarda kullanılan bazı değerler

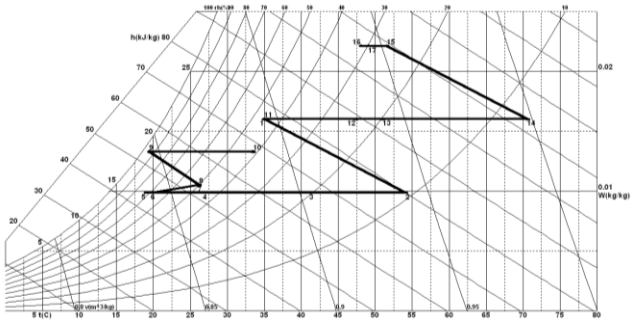
Parametre	**Değer**
Mahal soğutma yükü (kW)	10
Mahal konfor şartları	
Sıcaklık (^oC)	26
Mutlak nem (g/kg) - Rölatif nem (%)	10.5 - 50
Taze, atık ve rejenerasyon hattı hava debileri (m^3\h)	4000
Reküperatör etkinliği (%)	65
Rejeneratör etkinliği (%)	85
Nemlendirici etkinliği (%)	90
Isı değiştiricisi etkinliği (%)	65
Fan verimi (%)	60
Fan motor güçleri (kW) (atık-taze-rejenerasyon)	1-2.5-3.5

Dış hava kuru termometre sıcaklığı 35^{o}C, dış hava mutlak nemi 16 g/kg ve mahal duyulur ısı oranı 0.80 değerleri kullanılarak, oluşturulan model ile sistemdeki tüm noktaların psikrometrik özellikleri hesaplanmış ve diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2). Şekilden görüldüğü gibi 35 ^{o}C kuru termometre sıcaklığı ve 16 g/kg mutlak nemde taze hava kanalına giren havanın (1 noktası) sıcaklığı, nem alma ünitesinden sonra 54 ^{o}C' ye kadar yükselmekte rölatif nemi ise %10.45'e kadar düşmektedir (2 noktası). Taze hava daha sonra 1 numaralı ısı değiştiricisinde 41.77 ^{o}C'ye, 2 numaralı ısı değiştiricisinde ise 27.32 ^{o}C sıcaklığa kadar soğutulmaktadır (3 ve 4 noktası). 2 numaralı ısı değiştiricisinden çıkan havanın sıcaklığı, son olarak 3 numaralı ısı değiştiricisinde üfleme sıcaklığına kadar (19.03 ^{o}C) düşürülmekte (5 noktası) ve fan içerisinden geçerken bir miktar ısınarak odaya gönderilmektedir (6 noktası).

İklimlendirilen mahalden (7 noktası) atık hava kanalına emilen hava, soğu geri kazanımı amacıyla kullanılan 2 numaralı ısı değiştiricisine gelmeden önce, nemlendirme ünitesinde % 93.28'ye kadar nemlendirilmekte ve sıcaklığı 19.54^{o}C' ye kadar düşürülmektedir (9 noktası). Atık hava daha sonra 2 numaralı ısı değiştiricisinde taze havadan ısı

çekerek sıcaklığı yükselmekte (33.59 ^{o}C) ve dışarı atılmaktadır (10 noktası).

Rejenerasyon kanalına giren havanın sıcaklığı (11 noktası), 1 numaralı ısı değiştiricisinde 47.48 ^{o}C' ye, 4 numaralı ısı değiştiricisinde ise 51.03 ^{o}C sıcaklığa kadar yükselmektedir (12 ve 13 noktası). 4 numaralı ısı değiştiricisinden çıkan hava, daha sonra, nem alma ünitesindeki nemi uzaklaştırmak için gerekli olan sıcaklığa (rejenerasyon sıcaklığı) kadar (70.66 ^{o}C) elektrikli ısıtıcılar kullanılarak ısıtılmakta ve nem alma ünitesine girmektedir (14 noktası). Nem alma ünitesinden 51.66 ^{o}C kuru termometre sıcaklığı ve %26.30 rölatif nemde çıkan hava (15 noktası), 4 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek 48.11 ^{o}C' ye kadar soğutulmakta (16 noktası) ve dışarı atılmaktadır (17 noktası).

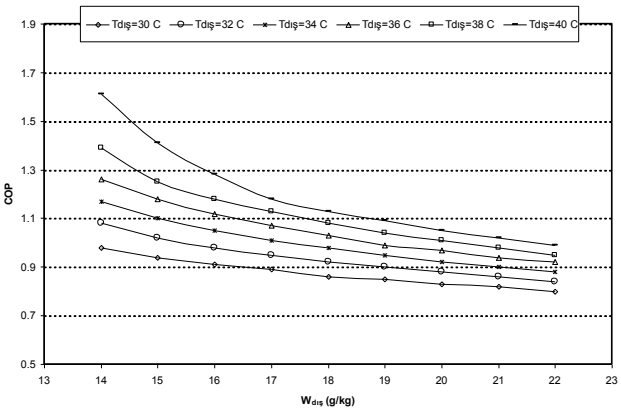


Şekil 2: Elde edilen sonuçların psikrometrik diyagram üzerindeki gösterimi

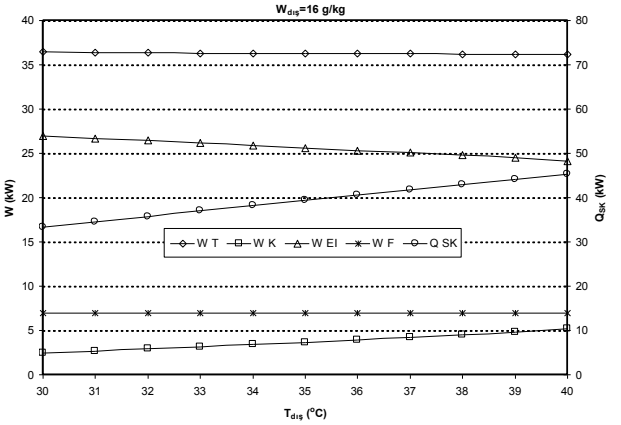
Şekil 3'de farklı dış hava kuru termometre sıcaklıkları için COP'nin dış hava mutlak nemi ile değişimi verilmiştir. Şekilden, tüm dış hava kuru termometre sıcaklıklarında, COP'nin dış hava mutlak neminin artmasıyla azaldığı görülmektedir. Dış hava neminin artmasıyla, mahal içerisinde istenilen nem değerinin (10.50 g/kg) elde edilebilmesi için, dış havadan nem alma ünitesiyle daha fazla nem alınmaktadır. Alınan fazla nemin nem alma ünitesinden uzaklaştırılabilmesi için rejenerasyon sıcaklığının yüksek olması gerekmektedir. Yüksek rejenerasyon sıcaklığının elde edilebilmesi için elektrikli ısıtıcıların tükettiği enerji miktarı arttığından, sistem COP'si düşmektedir.

Şekil 3'den ayrıca sistem COP'sinin dış hava kuru termometre sıcaklığının artmasıyla arttığı görülmektedir. Belirli bir dış hava nem değerinde ($W_{dış}$=16 g/kg), dış hava sıcaklığının artmasıyla sistem soğutma kapasitesinin ($\dot{Q}_{SK}$) arttığı, toplam enerji tüketiminin ($\dot{W}_T$) ise çok fazla değişmediği görülmemektedir (Şekil 4). Bunun sebebi, dış hava sıcaklığının artmasıyla elektrikli ısıtıcıların tükettiği enerjinin azalması fakat kompresörün tükettiği enerjinin ise artmasıdır. Dolayısıyla sistem soğutma kapasitesinin artmasıyla sistem COP'si artmaktadır.

.

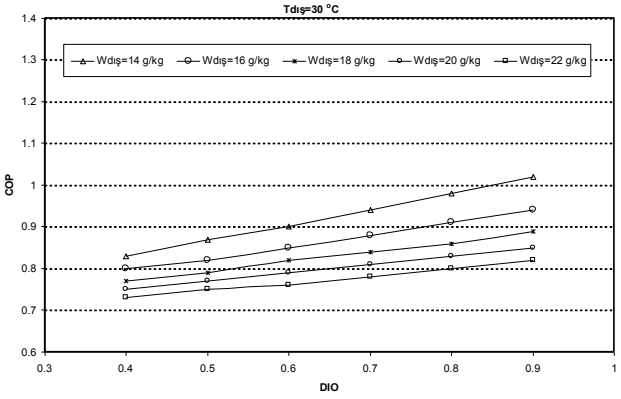


Şekil 3: Farklı dış hava kuru termometre sıcaklıkları için COP'nin dış hava mutlak nemi ile değişimi

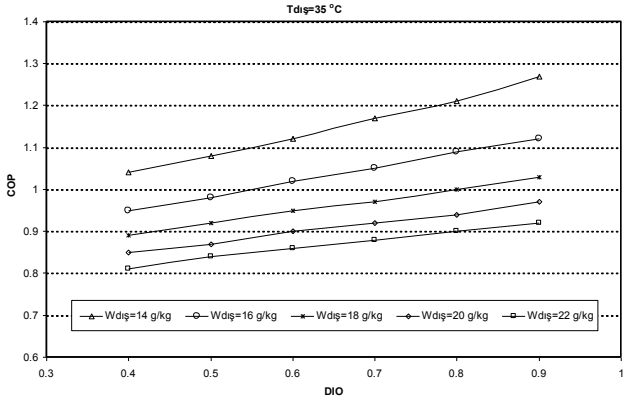


Şekil 4: 16 g/kg dış hava mutlak nemi için $\dot{Q}_{SK}$, $\dot{W}_T$, $\dot{W}_{EI}$, $\dot{W}_F$, $\dot{W}_K$ 'nin farklı dış hava kuru termometre sıcaklığı ile değişimi.

Şekil 5'de farklı dış hava mutlak nemleri (14-22 g/kg) ve iki farklı dış hava kuru termometre sıcaklığı (30 ^{o}C ve 35 ^{o}C) için COP'nin DIO ile değişimi verilmiştir. Şekillerden, tüm dış hava mutlak nemlerinde, COP'nin duyulur ısı oranının artmasıyla arttığı görülmektedir. DIO artması, mahal içerisindeki gizli ısının (nem) azalması anlamına gelmektedir. Bu durum, mahal içerisinde istenilen konfor şartlarının sağlanabilmesi için nem alma ünitesinde alınacak nem miktarını azaltacağından COP artmaktadır. Ayrıca Şekil 5a ve 5b'den, COP'nin dış hava sıcaklığının artmasıyla arttığı görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5: Farklı dış hava mutlak nemlerinde (14-22 g/kg) 30 ^{o}C (a) ve 35 ^{o}C (b) dış hava kuru termometre sıcaklığı için COP'nin DIO ile değişimi

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, nem almalı bir iklimlendirme sistemi ele alınmış ve tasarlanan sistemde bulunan bütün noktaların psikrometrik özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir model oluşturulmuştur. Bu model kullanılarak COP'nin dış hava kuru termometre sıcaklığı ($T_{dış}$), dış hava mutlak nemi ($W_{dış}$) ve iklimlendirilecek mahal duyulur ısı oranı (DIO) ile olan değişimi incelenmiştir. Yapılan çalışmayla sistem COP'sinin dış hava kuru termometre sıcaklığı ve mahal duyulur ısı oranının artmasıyla arttığı, dış hava mutlak neminin artmasıyla azaldığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından "106M094" nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Daou K., Wang R.Z. ve Xia Z.Z., Desiccant cooling air conditioning: a review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10/2, 55-77, 2006.

[2] Kovak, B. ve Heimann, P.R., The sanitizing effects of desiccant-based cooling, ASHRAE Journal, 39, 60-64, 1997.

[3] ORNL, "Report on active desiccant-based preconditioning market analysis and product development", ORNL/SUB/94-SV044/2, 2000.

[4] Phillips, J.A. ve Wagner, M.B., Antiseptic effects of desiccant based HVAC systems, Lehigh University, Bioprocessing Institute, 1994.

[5] Hürdoğan, E., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., Desisif Bir İklimlendirme Sisteminde Güneş Enerjisi Kullanımının Adana Koşullarında Araştırılması, DTK (Doğalgaz Tesisat Klima) Dergisi, Sayı: 164, Sayfa: 97-103, 2010.

[6] ASHRAE, Handbook of Fundamental, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, USA, 2001.

[7] Copeland Compressor Selection Software 6.5, Copeland Corporation, 2007.

[8] Hürdoğan, E., Air conditioning with desiccant cooling, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.

[9] Hürdoğan, E., Büyükalaca, O., Yılmaz, T., ve Kara, O., Desisif bir iklimlendirme sisteminin psikrometrik analizi, 1. Soğutma Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sayfa 247-254, 2008.