DESİSİF BİR İKLİMLENDİRME SİSTEMİNİN PSİKROMETRİK ANALİZİ

Ertaç HÜRDOĞAN, Orhan BÜYÜKALACA, Tuncay YILMAZ, Osman KARA

Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, ADANA

ertach@cu.edu.tr, orhan1@cu.edu.tr, tunyil@cu.edu.tr, osman033@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerine göre bazı avantajlara sahip olan nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bir sistem tasarlanmış ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarında kurulmuştur. Tasarlanan sistemde bulunan bütün noktaların psikrometrik özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir model oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar kurulan sistemde yapılan deneylerdeki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nem Alma, İklimlendirme, Psikrometrik Diyagram

1. GİRİŞ

Son yıllarda iklimlendirme teknolojisinde hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Bunun birçok sebebi bulunmaktadır. Bu sebeplerin başında artan enerji talebi ve fosil kökenli enerji kaynaklarının gittikçe azalması sonucunda enerjinin çok önemli hale gelmesidir. Diğer bir unsur ise iklimlendirme sistemlerinde kullanılan CFC esaslı soğutucu akışkanların ozon tabakasına verdiği zararların anlaşılması üzerine, bu akışkanlar yerine ozon tabakasına zarar vermeyen veya daha az zarar veren yeni akışkanların kullanılması veya ozon tabakasına zarar veren gazlar ihtiva etmeyen yeni iklimlendirme teknolojilerinin hayata geçirilmesidir. Bu teknolojilerin bazıları yeni olmayıp, eskiden beri bilinmekte, ancak günümüzde yaygın olarak kullanılmamaktadır. İnsanoğlunun konfor ihtiyacının artması ve iklimlendirmenin lüks olmaktan çıkıp, gerek konfor gerekse üretim açısından bir gereklilik olduğunun anlaşılması üzerine "iç hava kalitesi"nde istenen şartların ağırlaşması da iklimlendirme teknolojilerindeki değişikliği zorlayan parametrelerden birisidir. 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].

Bu çalışmada, son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerine göre bazı avantajlara sahip olan nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bir sistem tasarlanmış ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarında kurulmuştur.

Tasarlanan sistemde bulunan bütün noktaların psikrometrik özelliklerinin hesaplandığı bir program hazırlanmış ve elde edilen sonuçlar kurulan sistemde yapılan deneylerdeki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

2. SİSTEMİN TANITIMI

Sistem, Adana için tasarım değerleri olan 38 °C kuru ve 26 °C yaş termometre sıcaklığına göre, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarı içerisinde yer alan 11.5x5.1x3.8 m boyutlarındaki bir mahalin yaz şartlarında olası maksimum soğutma yükünü (temiz hava yükü hariç 11 kW) karşılayabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Şekil 1'de tasarlanıp, kurulan nem almalı iklimlendirme sisteminin genel görünüşü verilmiştir. Sistemde, hastane iklimlendirmesi düşünülerek %100 temiz hava kullanılmakta ve üç adet hava kanalı (temiz, atık ve rejenerasyon) 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, vs.) 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 (15) taze havadan çekilen nem, nem alma ünitesinden uzaklaştırılmaktadır (15→16). Nem alma ünitesinden sonra, temiz hava 1 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek (2→3), daha düşük bir sıcaklığa sahip olan dış ortam havası ile (11) bir ön soğutma işlemine tabi tutulmakta ve sıcaklığı düşürülmektedir. Bir sonraki aşamada ise temiz hava, yine bir ısı değiştiricisinden (2 numaralı) geçirilerek (3→4) sıcaklığı bir miktar daha düşürülmektedir. Bu ısı değiştiricisinde temiz havayı soğutmak için, mahalden çekilip, nemlendirilerek soğutulan (8→9) havadan yararlanılmaktadır (9→10). Mahalden çekilen hava içerisinde hastalıklara sebep olabilecek bakteriler bulunabileceğinden, mahale verilecek temiz hava ile mahal havasının karışmasını engellemek amacıyla 1 ve 2 numaralı ısı değiştiricisinin reküperatif tip olması gerekmektedir. 1 ve 2 numaralı ısı değiştiricilerinde temiz havadan sadece duyulur ısı çekilmekte, havanın mutlak neminde bir değişiklik olmamaktadır.

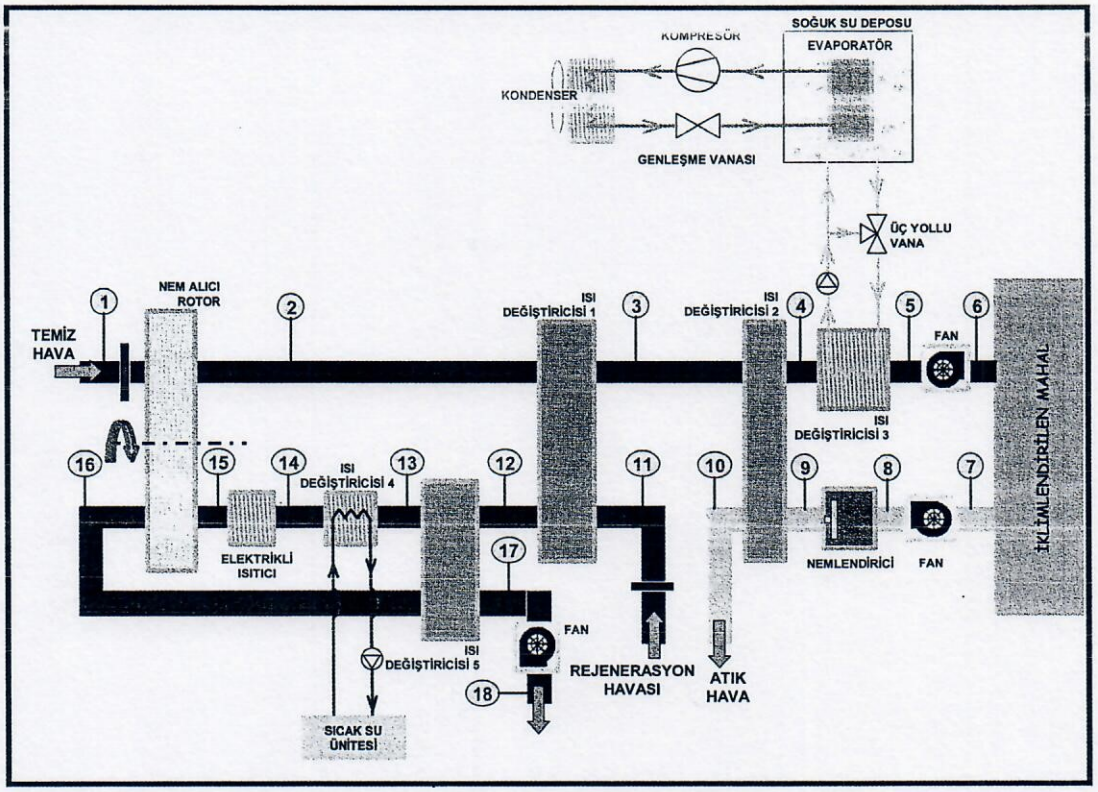
2 numaralı ısı değiştiricisinden çıkan havanın sıcaklığı, son olarak buhar sıkıştırmalı bir soğutma grubu tarafından soğutulan su yardımıyla kuru soğutucu serpantinde (3 numaralı ısı değiştiricisi) üfleme sıcaklığına kadar düşürülmektedir. Burada temiz havanın içerisindeki su buharının yoğuşmaması için, serpantine gönderilen soğuk su sıcaklığının, soğutulan havanın çiğ noktası sıcaklığından en az 1°C daha yüksek olması sağlanmaktadır. Bunun için sisteme gerekli otomatik kontrol elemanları ve sensörler yerleştirilmiştir. Serpantinde dolaşan soğutulmuş suyun sıcaklığının ayarlanması için, su hattında bir üç yollu karıştırıcı vana kullanılmıştır.

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 nemlendirilmekte ve sıcaklığı düşürülmektedir. Bu işlemin amacı soğu geri kazanımını artırmaktır. Doyma eğrisine yakın bir noktaya kadar nemlendirilerek soğutulan atık hava (9), mahale gönderilen temiz havadan (3) 2 numaralı ısı değiştiricisinde ısı çekerek bu havayı soğutmakta (4), bu esnada kendi sıcaklığı da artmaktadır (10). Atık hava daha sonra dışarı atılmaktadır.

Döner nem alıcıda temiz havadan çekilen nemin (1→2) uzaklaştırılması için sıcak rejenerasyon havası kullanılmaktadır. Rejenerasyon kanalına 11 noktasında emilen dış hava, mahale nemi alınarak gönderilen temiz havadan (2) 1 numaralı ısı değiştiricisinde ısı çekerek bu havayı soğutmakta (3), bu esnada kendi sıcaklığı da artmaktadır (12). Rejenerasyon havası daha sonra 5 numaralı ısı değiştiricisinde (rejeneratif tip) yine bir ön ısıtma işlemine tabi tutulmaktadır (12→13). Bu ısı değiştiricisinde hava, nem alma ünitesinden çıkan ve hala yeterince yüksek bir sıcaklığa sahip olan rejenerasyon havası (16) kullanılarak ısıtılmaktadır. 5 numaralı ısı değiştiricisinden çıkan havanın (13) sıcaklığı, güneş enerjisi, atık ısı veya doğal gaz gibi ucuz ısıl

enerji kaynakları kullanılarak ısıtılan su yardımıyla 4 numaralı ısı değiştiricisinde yükseltilmektedir (13→14). Rejenerasyon havası daha sonra, nem alma ünitesindeki nemi uzaklaştırmak için gerekli olan sıcaklığa (rejenerasyon sıcaklığı) kadar elektrikli ısıtıcılar kullanılarak ısıtılmaktadır (14→15). 15 noktasında nem alma ünitesine giren rejenerasyon havası, nem alıcıdaki nemi içine alarak soğumakta (16) ve 5 numaralı ısı değiştiricisinden geçirilerek (16→17) dışarı atılmaktadır (18).



Şekil 1. Tasarlanıp kurulan nem almalı iklimlendirme sisteminin genel görünüşü

3. SİSTEMİN DETAYLI ANALİZİ

Ön çalışmalarda Adana için yaz koşullarında dış ortam tasarım değerleri olarak alınan 38 °C kuru ve 26 °C yaş termometre sıcaklıkları esas alınarak iklimlendirme sisteminin psikrometrik analizleri yapılmış ve buna göre sistemin çalışma prensibi oluşturulmuştur.

Ancak, bilindiği gibi bir iklimlendirme sistemi, o iklimlendirme sezonu boyunca sadece birkaç gün hatta birkaç saatte dış ortam tasarım değerlerinde çalışır [2]. Bu sebeple, sistemin en kötü durum olan dış ortam tasarım şartlarında, iklimlendirilen mahalde öngörülen iç ortam tasarım değerlerini sağlamasının yanında, sezonun diğer gün ve günün değişik saatlerindeki davranışının bilinmesi de çok önemlidir. Sezon içerisinde yer alan her bir saatteki dış hava kuru ve yaş termometre sıcaklığı farklı olabileceğinden, öngörülen nem almalı iklimlendirme sisteminin sezon boyunca performansını belirleyebilmek için psikrometrik analizinin saatlik bazda yapılması gereklidir.

Tasarlanan sistemin analizini saatlik olarak da 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 18 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 tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır [3].

Nem almalı iklimlendirme sisteminin en önemli elemanı, döner nem alma rejeneratörüdür. Nem alma rejeneratörleriyle ilgili bazı yayın ve tanıtım broşüründe nem alma ve uzaklaştırma işlemlerinin yaklaşık olarak sabit entalpide (yaklaşık sabit yaş termometre sıcaklığında) [4-6] gerçekleştiği belirtilmektedir. Ancak, üretici firmalardan temin edilen verilerin incelenmesinden; döner nem alma rejeneratöründe nem alma işleminin, sabit yaş termometre eğrisi boyunca gerçekleşmediği görülmüştür. Bunun sebebi ise, proses havasından nemin soğurulması esnasında açığa çıkan kimyasal ısıl enerji ve daha sıcak olan rejenerasyon havasından, döner nem alma rejeneratörünün matrisi aracılığıyla taşınan enerjidir [7]. Bu ilave enerjiden dolayı proses havasının sıcaklığında fazladan bir artış meydana gelmektedir. Benzer bir durum nem alma rejeneratöründeki nemin uzaklaştırma işlemi sırasında da söz konusudur. Bu işlem de sabit yaş termometre eğrisi boyunca gerçekleşmeyip, ilave bir miktar soğuma meydana gelmektedir.

Nem alma esnasında meydana gelen ek sıcaklık artışının, toplam sıcaklık artışına oranı (F_{na}) ve nem uzaklaştırma işlemi esnasında meydana gelen ek sıcaklık düşüşünün, toplam sıcaklık azalmasına oranının (F_{nu}), doğru bir şekilde bilinmesi önemlidir. Bu değerlerin tespiti için üretici firmaların verdiği performans verileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, F_{na} ve F_{nu} değerlerinin, nemi alınmak istenen havanın (proses) mutlak nemine (W) ve nemi uzaklaştıran havanın (rejenerasyon) kuru termometre sıcaklığına ($T_{rej.}$) bağlı olduğu görülmüş ve aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$F_{na}=F_{nu}=5.82*W^{-0.507*}T_{rej.}{}^{0.652} \quad (1)$$

Tasarlanan iklimlendirme sisteminin 3, 4, 10, 12, 13 ve 17 numaralı noktalardaki sıcaklıklar, ısı değiştiricilerinin etkinliği (ε) için verilen aşağıdaki eşitlikler [8] kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\max}} \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{\max} = C_{\min} * (T_{hg} - T_{cg}) \quad (3)$$

$$C_h = \dot{m}_h * c_{ph} \quad (4)$$

$$C_c = \dot{m}_c * c_{pc} \quad (5)$$

Bu eşitliklerde (2-5) $\dot{Q}$ transfer edilen gerçek ısıyı (kW), $\dot{Q}_{\max}$ da transfer edilebilecek en yüksek ısıyı (kW), T_{hg} ve T_{cg} sıcak ve soğuk akışkanların giriş sıcaklıklarını (°C), C_{min} sıcak ve soğuk akışkan ısı kapasitelerinin (C_h, C_c) en küçük olanını (kW/K), $\dot{m}_h$ ve $\dot{m}_c$ sıcak ve soğuk akışkanların kütle debilerini (kg/s), c_{ph} ve c_{pc} ise sıcak ve soğuk akışkanların özgül ısısını (kJ/kgK) ifade etmektedir.

Tasarlanan iklimlendirme sisteminde üfleme noktasındaki (6 noktası) sıcaklık, önerilen psikrometrik eşitliklere ek olarak aşağıda verilen eşitlikler [9] kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$DIO = \frac{\dot{Q}_{duyulur}}{\dot{Q}_{toplam}} \quad (6)$$

$$\dot{Q}_{toplam}=\dot{Q}_{duyulur}+\dot{Q}_{gizli} \quad (7)$$

$$\dot{Q}_{gizli}=\dot{m}_{hava}*h_{gl}*(W_o-W_{ü}) \quad (8)$$

$$\dot{Q}_{duyulur}=\dot{m}_{hava}*c_p*(T_o-T_{ü}) \quad (9)$$

$$\frac{W_o-W_{ü}}{T_o-T_{ü}}=\frac{c_p}{h_{gl}}*\left(\frac{1}{DIO}-1\right) \quad (10)$$

Eşitlik (6-10)'da, DIO mahal duyulur ısı oranı, $\dot{Q}_{toplam}$ mahal toplam soğutma yükü (kW), $\dot{Q}_{duyulur}$ mahal duyulur soğutma yükü (kW), $\dot{Q}_{gizli}$ mahal gizli soğutma yükü (kW), $\dot{m}_{hava}$ temiz havanın (proses havası) kütle debisi (kg/s), h_{gl} buharlaşma gizli ısısı (J/kg), W_o mahal havasının mutlak nemi (kg/kg, kuru hava), $W_{ü}$ üfleme noktasındaki havanın mutlak nemi (kg/kg, kuru hava), c_p proses havasının özgül ısısı (kJ/kgK), T_o mahal havasının kuru termometre sıcaklığı (°C), $T_{ü}$ üfleme noktasındaki havanın kuru termometre sıcaklığı (°C)'nı ifade etmektedir.

Sistemde kullanılan fanlarda, fan motorları da hava kanalı içerisinde bulunduğundan, meydana gelen kuru termometre sıcaklığı artışı ($T_{çıkış}$-$T_{giriş}$) aşağıda verilen eşitlikler [10] kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\dot{Q}_{kazanç}=\left(1-\frac{\eta_{fan}}{100}\right)*W_{fan} \quad (11)$$

$$T_{çıkı}-T_{giriş}=\left(\frac{\dot{Q}_{kazanç}}{c_p*\dot{m}_{hava}}\right) \quad (12)$$

Eşitlik (11-12)'de, $\dot{Q}_{kazanç}$ fandan havaya geçen ısı (kW), W_{fan} fan motorunun gücü (kW), η_{fan} fan verimi (%), $T_{giriş}$ ve $T_{çıkış}$ fana giren ve çıkan havanın kuru termometre sıcaklığı (°C), c_p fan girişindeki havanın özgül ısısı (kJ/kgK), $\dot{m}_{hava}$ havanın kütle debisi (kg/s)'ni ifade etmektedir.

Tasarlanan sistemde soğu geri kazanımı için kullanılan nemlendirme ünitesi çıkışındaki sıcaklık (9), nemlendiricilerin etkinliği (ε_{nem}) için verilen aşağıdaki eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır [8].

$$\varepsilon_{nem}=\frac{T_g-T_ç}{T_g-T_{wg}} \quad (13)$$

Bu eşitlikte T_g ve $T_ç$ nemlendirme ünitesine giren ve çıkan havanın kuru termometre sıcaklığını (°C), T_{wg} ise nemlendiriciye giren havanın yaş termometre sıcaklığını (°C) ifade etmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

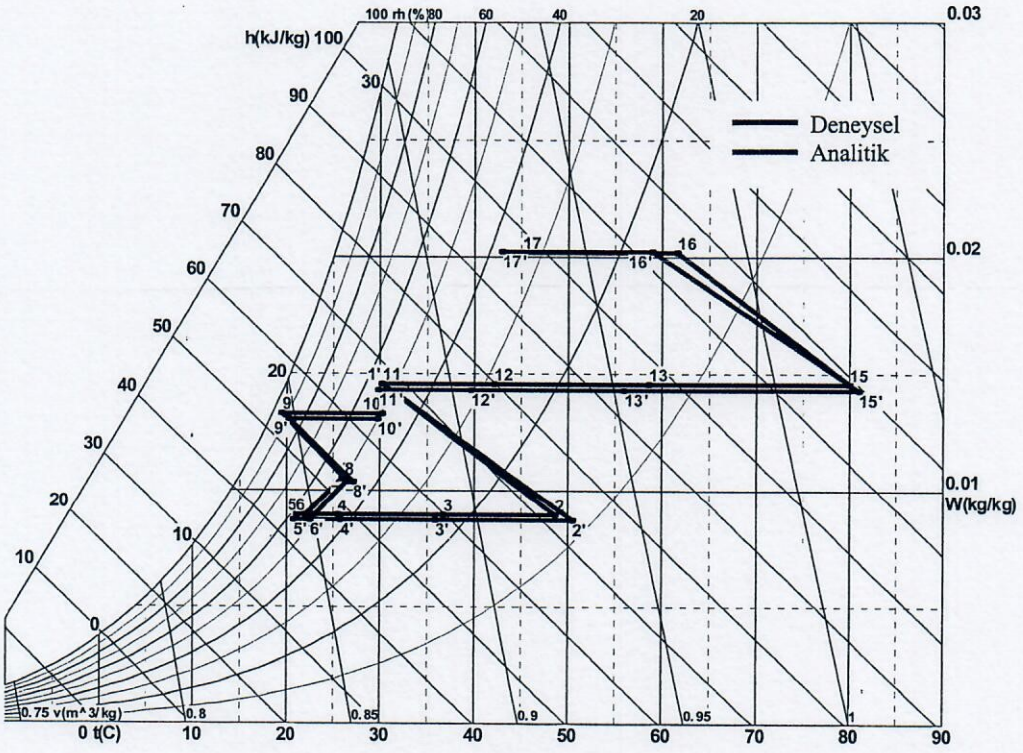
Bu çalışmada, tasarlanıp kurulan sistemde bulunan bütün noktaların psikrometrik özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir model oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar kurulan sistemde yapılan deneylerdeki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Sistemde bulunan noktaların psikrometrik özellikleri, ASHRAE tarafından önerilen eşitlikler ile yukarıda verilen eşitliklere (1-13) ek olarak Tablo 1'de verilen varsayımlar kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasında yapılan bir diğer varsayım da, mutlak nemin, sadece nem alma (1→2), nem uzaklaştırma (15→16), odaya üfleme (6→7) ve nemlendirme (9→10) proseslerinde değiştiği diğer hiç bir proseste değişmediğidir.

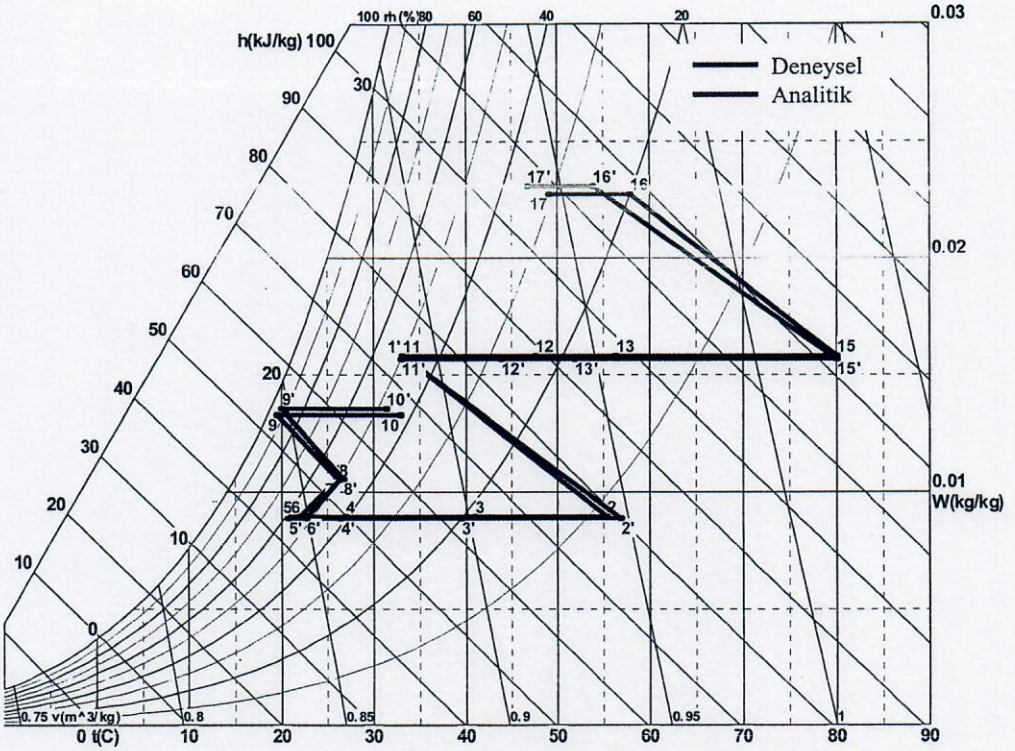
Tablo 1. *Hesaplamalarda kullanılan varsayımlar*

Parametre	**Değer**
Mahal soğutma yükü (kW)	10
Mahal konfor şartı (sıcaklık (°C) - rölatif nem (%))	26 - 50
Taze, atık ve rejenerasyon hattı hava debileri (m^3\h)	4000
Reküperatör etkinliği (%)	65
Rejeneratör etkinliği (%)	85
Nemlendirici etkinliği (%)	90
Fan verimi (%)	60
Fan motor güçleri (kW) (atık-taze-rejenerasyon)	1-3-4

Hazırlanan program tarafından hesaplanan değerler ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçların sağlıklı bir şekilde karşılaştırılabilmesi için sistemdeki tüm noktaların psikrometrik diyagram üzerindeki yerine bakmak gerekmektedir. Karşılaştırma 80 °C rejenerasyon sıcaklığında iki farklı giriş havası (1 noktası) şartında elde edilen deneysel ve analitik sonuçlar arasında yapılmıştır. Sistem üzerindeki her nokta için elde edilen deneysel ve analitik sonuçlar psikrometrik diyagram üzerinde incelenmiştir. Şekil 2'de 30.3 °C kuru ve 22.9 °C yaş termometre sıcaklığındaki giriş havasında elde edilen sonuçların psikrometrik diyagram üzerindeki çizimi görülmektedir. Şekil 3'de ise 33.2 °C kuru ve 24.5 °C yaş termometre sıcaklığındaki giriş havasında elde edilen sonuçların psikrometrik diyagram üzerindeki çizimi görülmektedir. Bu psikrometrik diyagramlardan, Tablo 1'de verilen varsayımlarla hesaplanan değerlerin deneylerden elde edilen sonuçlar ile iyi bir uyum gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 2. *80 °C rejenerasyon sıcaklığında 30.3 °C kuru ve 22.9 °C yaş termometre sıcaklığındaki giriş havasında elde edilen analitik ve deneysel sonuçların psikrometrik diyagram üzerindeki gösterimi*



Şekil 3. 80 °C rejenerasyon sıcaklığında 33.2 °C kuru ve 24.5 °C yaş termometre sıcaklığındaki giriş havasında elde edilen analitik ve deneysel sonuçların psikrometrik diyagram üzerindeki gösterimi

5. SONUÇ

Bu çalışmada, son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerine göre bazı avantajlara sahip olan nem almalı (desisif) iklimlendirme sistemlerinin özellikle hastane uygulamaları için ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bir sistem tasarlanmış ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarında kurulmuştur. Tasarlanan sistemde bulunan bütün noktaların psikrometrik özelliklerinin hesaplandığı bir program hazırlanmış ve elde edilen sonuçlar kurulan sistemde yapılan deneylerdeki sonuçlar ile psikrometrik diyagram üzerinde karşılaştırılmıştır. Hazırlanan program tarafından hesaplanan değerler ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçların birbiri ile iyi bir uyum sağladığı görülmüştür.

6. 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] Bulut H., Büyükalaca, O. and Yılmaz, T., New outdoor cooling design data for Turkey, Energy, Vol. 27, pp. 923-946, 2002.

[3] ASHRAE Fundamentals Handbook, Psychrometrics, 2001.

[4] Jia, C. X., Dai, Y. J., Wu, J. Y. and Wang, R.Z., "Analysis on a hydric desiccant air-conditioning system", Applied Thermal Engineering, Vol. 26, pp. 2393-2400, 2006.

[5] Yılmaz, A., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., "Nem almalı (desisif) soğutma sistemleri", Tesisat Dergisi, Sayı 34, s. 145-150, 1998.

[6] Yılmaz, T., ve Büyükalaca, O., "Desisif-evoporatif soğutma sistemleri", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 4-7 Kasım 1999, Cilt 1, s. 165-181, 1999.

[7] ASHRAE Systems and Equipment Handbook, Desiccant dehumidification and Pressure Drying Equipment, 2000.
[8] Kreider J. F., ve Rabl A., Heating and Cooling of Buildings, McGraw Hill, 1994.
[9] Aktacir, M. A., Influence of outdoor air conditions on operating capacity of air conditioning systems, Doktora Tezi, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği A.B.D, 2005.
[10] ASHRAE Fundamentals Handbook, Nonresidential cooling and heating load calculation procedures, 2001.