ULIBTK'99
12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kogresi
Sakarya, 8-10 Eylül 1999

TAZE ve ATIK HAVA BUHARLAŞTIRMALI ISI GERİ KAZANIMLI İKLİMLENDİRME SİSTEMİ

Orhan BÜYÜKALACA
Çukurova Üniversitesi,
Makine Mühendisliği
Bölümü, Adana, Türkiye
Tel:+90-322-3386485
orhan1@mail.cu.edu.tr

M. Akif TOPCUOĞLU
Çukurova Üniversitesi,
Makine Mühendisliği
Bölümü, Adana, Türkiye
Tel:+90-322-3386772
matmak@mail.cu.edu.tr

İbrahim TAPAN
Çukurova Üniversitesi,
Makine Mühendisliği
Bölümü, Adana, Türkiye
Tel:+90-322-3386772
itapan@mail.cu.edu.tr

Tuncay YILMAZ
Çukurova Üniversitesi,
Makine Mühendisliği
Bölümü, Adana,Türkiye
Tel:+90-322-3386772
tunyil@mail.cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, buharlaştırmalı soğutmayla birlikte ısı geri kazanımı sağlayan bir iklimlendirme sisteminin tasarlanıp kurulmasını ve sistem üzerinde deneylerin yapılmasını içermektedir. İklimlendirme sistemi, Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarı'nda bulunan bir mahalin olası en yüksek ısı kazancını karşılamak amacıyla kurulmuştur. Kurulan bu sistem üzerinde yapılan deneyleri şu şekilde yorumlamak mümkündür: Yalnızca mahalden dışarı atılan atık havanın nemlendirilmesi durumunda, ısı geri kazanımıyla dışarıdan alınan temiz hava bir ön soğutmaya tabi tutulmaktadır. Sistem yalnızca bu şekilde kullanıldığında, dış ve iç ortam (mahal) sıcaklıkları arasındaki farkın düşük olduğu şartlar için konfor açısından yeterlidir. Sıcaklık farkının büyük olduğu durumlarda, mahale verilecek havanın istenilen şartlara getirilebilmesi için bir konvansiyonel soğutma sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat, dış havanın yaş termometre sıcaklığının düşük, kuru termometre sıcaklığının yüksek olması durumunda, hem taze hem de atık hava nemlendirilerek buharlaştırmalı soğutma yapılabilmektedir. Böylece istenilen konfor şartlarının rahatlıkla sağlanabildiği görülmektedir.

I. GİRİŞ

İnsanlar, içinde yaşadıkları binaların kendilerine en iyi ısıl konforu sağlamasını isterler. Bu ısıl konfor da iklimlendirme sistemleri yardımıyla sağlanmaya çalışılır. Bu sistemler, dünyada üretilen enerjinin önemli bir bölümünü tüketmektedirler. Son yıllarda konvansiyonel soğutma sistemlerinin çevreye olan olumsuz etkilerinin belirlenmesi, enerji tüketimindeki artış ve ekonomik nedenlerden dolayı, kullanılagelen bu sistemlere çeşitli sınırlamalar getirilmiştir[1].

İklimlendirme endüstrisinin, güneşten dünyamıza gelen zararlı ışınları engelleyen ozon tabakasının incelmesine sebep olan kolorofloro karbonların (CFC) üretiminin önemli bir kısmını kullandığı bilinmektedir. Ozon tabakasındaki incelmeyi önlemek amacıyla, 10 Eylül 1987 yılında 24 ülke tarafından Montreal protokolü imzalanmıştır. Bu protokole göre klorofloro karbonların üretilmesine ve kullanılmasına çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Böylece araştırmacılar bu tür soğutucu akışkanlarla çalışan sistemler için alternatif soğutucu akışkan arayışı içine girerken, aynı zamanda uzun yıllardan beri bilinen bazı iklimlendirme sistemlerine de yönelmişlerdir. Bu çalışmaların sonucunda, hidrojen içeren halokarbonlar (HCFC'ler) gibi çeşitli alternatif soğutucu akışkanlar önerilmiştir. Fakat bu alternatif soğutucu akışkanların ileride çevreye, dolayısıyla hayata olan olası olumsuz etkileri kesin olarak bilinememektedir[2]. Soğutma sistemlerinin özünde, çevreye dost ve ısı ekonomisi sağlayan sistemler olması gerekliliği aşikardır.

Son yıllarda, enerjinin daha değerli bir unsur haline gelmesi, kullanılagelen soğutucu akışkanların bilinen zararları ve artan çevre bilinci, konvansiyonel soğutma sistemlerine alternatif olarak, buharlaştırmalı soğutma sistemlerini gündeme getirmiştir. Buharlaştırmalı soğutma sisteminin ekonomikliği yanında, çevreye dost bir soğutma sistemi olduğu bilinmektedir[3].

Buharlaştırmalı soğutma özellikle, yaş termometre sıcaklığının 24 ^{o}C değerinden küçük, kuru termometre sıcaklığının 32 ^{o}C değerinden büyük olduğu dış hava şartlarında göz önünde tutulması gereken bir sistemdir[4]. Belirtilen dış hava şartlarına sahip Güneydoğu Anadolu Bölgesi için, ısıl konforun bu tür soğutma ile büyük ölçüde sağlanacağı teorik olarak tespit edilmiştir[5].

Kısacası, buharlaştırmalı soğutma sistemi özellikle yazları kurak ve sıcak, diğer bir ifade ile

kuru termometre sıcaklığı yüksek, yaş termometre sıcaklığı düşük olan bölgeler için uygundur. Buradaki çalışmada ise Adana Bölgesi dikkate alınmıştır. Bilindiği gibi Adana'da yaz aylarında hem kuru termometre sıcaklığı hem de yaş termometre sıcaklığı yüksek olmakla birlikte, Ağustos ayında poyraz esmesiyle kuru termometre sıcaklığı yüksek kalırken yaş termometre sıcaklığı belirli oranda düşmektedir. Bu durum, Adana'da kurulan sistemin her iki farklı iklim şartlarına da uygulanabilirliğinin gözlemlenmesi açısından avantaj sağlamaktadır[6].

Bu çalışma, buharlaştırmalı soğutmayla birlikte ısı geri kazanımı sağlayan bir iklimlendirme sisteminin tasarlanıp kurulmasını ve sistem üzerinde deneylerin yapılmasını içermektedir. İklimlendirme sistemi, Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuarı'nda bulunan 5.8 m x 4 m x 2.2 m boyutlarındaki bir mahalin olası en yüksek ısı kazancını karşılamak üzere kurulmuştur.

II. SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

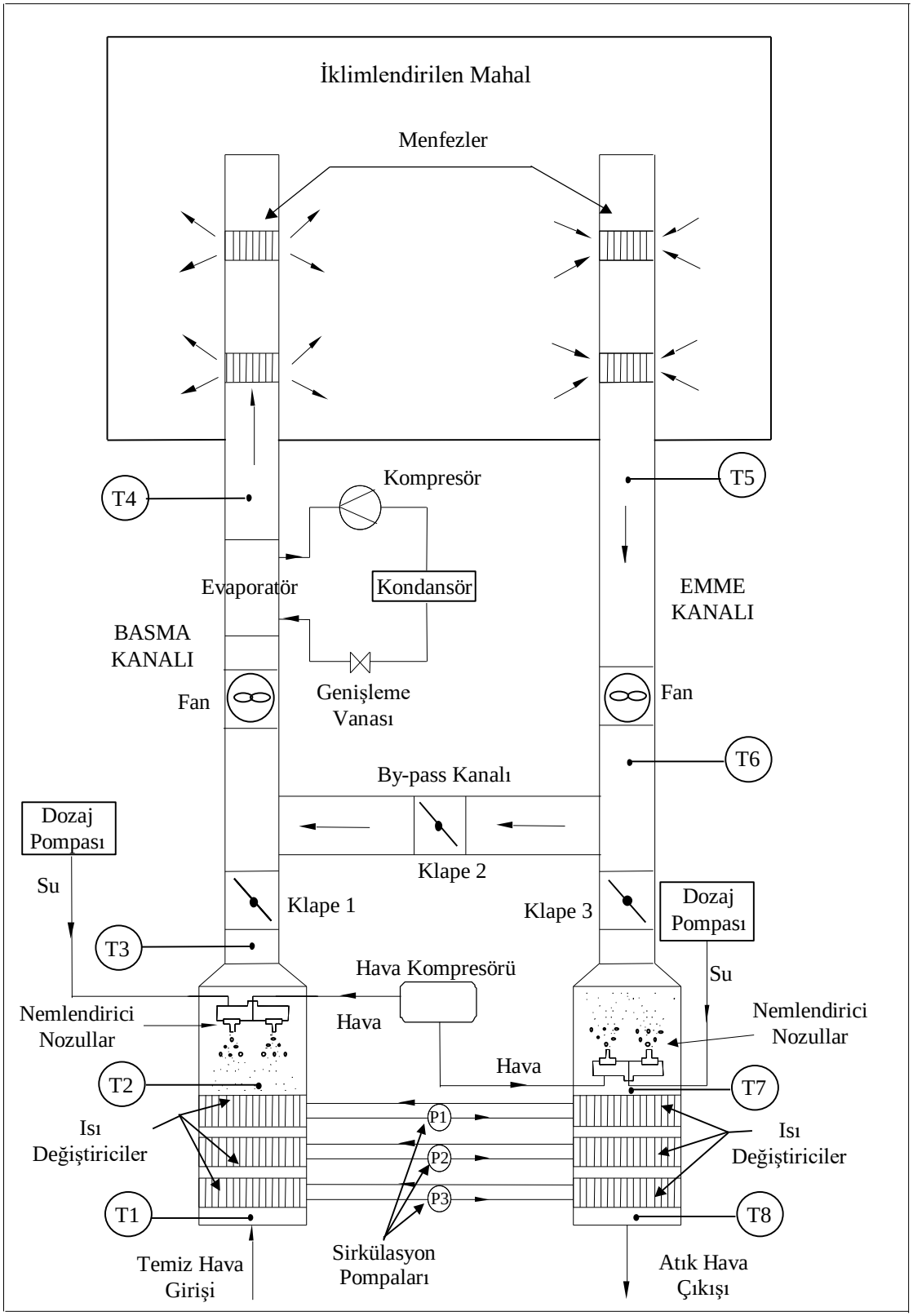
Şekil 1'de kurulan sistem ve sistemi oluşturan ana elemanlar gösterilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi, temiz havanın mahale alınmasını sağlayan basma kanalı, atık havanın mahalden dışarı atılmasını sağlayan emme kanalı ve istenildiği taktirde emme kanalındaki atık havanın bir kısmını basma kanalına aktaran by-pass kanalı bulunmaktadır. Ayırca bu kanallara, basma ve emme havasını, sistemin amacına uygun olarak kontrol etmek ve şartlandırmak için çeşitli elemanlar yerleştirilmiştir.

Basma kanalının giriş kısmında sırasıyla ard arda yerleştirilmiş üç adet ısı değiştiricisi ve nemlendirici olarak kullanılan nozullar bulunmaktadır. Nozullar, bir kompresörden gelen hava ile bir dozaj pompasından gelen suyun birbirine karıştırılarak suyun sis şekline gelmesini sağlarlar. Sis şeklindeki su kanaldan gelen akışkana zıt yönde püskürtülerek nemlendirme gerçekleştirilmiş olur. Bu hatta bulunan klape ile geçen havanın debisi ayarlanırken, fan ise havanın dışarıdan alınarak mahale basılmasında kullanılmaktadır. İstenildiği zaman sistemin bir parçası olabilecek konvansiyonel soğutma sisteminin evaporatörü de basma hattı üzerinde bulunmaktadır. Buradaki konvansiyonel soğutma sistemi, soğutucu akışkan olarak R-22 kullanan bir ısı pompasıdır ve evaporatör, kondenser, kompresör, genişleme valfi gibi elemanlardan oluşmaktadır. Bu hattın üzerinde bulunan iki adet menfez ile hava iklimlendirilecek mahale üflenmektedir.

Emme hattı üzerinde mahalden havayı kanala toplayan iki adet emme menfezi mevcuttur. Basma hattında olduğu gibi, emme hattında da havayı mahalden emen bir fan ve havanın debisini ayarlamakta kullanılan bir klape bulunmaktadır. Klapeden sonra nemlendirici nozullar ve ard arda yerleştirilmiş üç adet ısı değiştiricisi vardır.

By-pass hattı üzerine yerleştirilen klape yardımıyla atık havanın bir kısmını çevrim havasına verme olasılığı vardır. Isı geri kazanımı amacıyla emme ve basma hatlarına karşılıklı olarak yerleştirilen üçer adet ısı değiştiricisindeki su, birbirinden bağımsız olarak devreye yerleştirilen sirkülasyon pompaları (üç adet) yardımıyla sirküle edilmektedir.

Sistemin hem yazın soğutma amaçlı hem de kışın ısıtma amaçlı olarak çalıştırılması mümkün olmakla birlikte, bu makalede sadece yaz çalışması dikkate alınmıştır. Bu çalışma durumunda soğutulacak mahal için gerekli temiz hava bir fan yardımıyla dış ortamdan alınarak, önce ısı değiştiricilerinden geçirilmektedir. Bu ısı değiştiricileri üç adet olup serpantinli ısı değiştiricileridir. T_1 sıcaklığında dışarıdan alınan hava ısı değiştiricilerinde T_2 sıcaklığına düşürülmektedir. Dışarıdan alınan havanın bağıl nemi düşük ise, nemlendiriciler yardımıyla buharlaştırmalı soğutma yapılarak havanın sıcaklığı T_3'e düşürülmektedir. Sistem % 100 temiz hava ile çalıştığında by-pass hattı kullanılmazken, temiz ve atık havanın belirli oranlardaki karışımlarının kullanılması durumunda by-pass hattı kullanılarak havanın sıcaklığı biraz daha düşürülebilmektedir. Mahale üflenecek havanın sıcaklığı soğutma için yeterli değilse konvansiyonel soğutma sistemi devreye girmektedir. Bu durumda hava konvansiyonel soğutma sisteminin evaporatöründen geçerken, sıcaklığı istenilen düzeye indirilmekte ve daha sonra da mahale verilmektedir. Mahalden menfezler yardımıyla emme hattına alınan T_5 sıcaklığındaki havanın bir kısmı istenildiği takdirde by-pass hattı ile çevrim havası olarak temiz hava hattına verilmekte, atılacak hava ise tekrar nemlendirilerek buharlaştırmalı soğutma yapılmaktadır. Bu şekilde buharlaştırmalı soğutma yapılarak mahal sıcaklığı altına düşürülen hava, ısı değiştiricilerinden geçirilerek dışarı atılmaktadır. Isı değiştiricilerinden geçen atık havanın sıcaklığı T_7'den T_8 sıcaklığına yükselirken, emiş hattındaki ısı değiştiricilerinden geçen temiz hava ön soğutmaya tabi tutulmaktadır. Bu şekilde ısı geri kazanımı yapılmaktadır.



Şekil 1. Sistemin genel görünüşü ve üzerindeki ana elamanlar

III. SİSTEM ÜZERİNDE YAPILAN ÖLÇÜMLER

Tasarlanıp kurulan sistemin, performansını belirleyebilmek için sistem üzerinde bazı ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sıcaklık, bağıl nem ve hava debilerinin ölçülmesini içermektedir. Deneyler sabah başlamış, akşama kadar devam etmiştir.

Sistem üzerinde ihtiyaç duyulan 8 noktadan, Şekil 1'de de görülebileceği gibi, ısıl eleman çifti kullanılarak sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm süresince ısıl eleman çiftelerinin ürettiği elektro motor kuvvetleri bir veri toplama ünitesi yardımıyla bilgisayara aktarılarak 10 s ara ile kaydedilmiştir. Daha hassas ölçüm yapabilmek için, her bir ölçüm noktasındaki kanal kesitine birden fazla ısıl eleman çifti yerleştirilmiştir. Böylece ısıl eleman çiftlerinin ürettiği sinyallerin ortalaması, o kesitteki sıcaklığı belirlemektedir.

Taze hava debisinin ölçülmesinde, basma kanalı girişine yerleştirilen bell-mouth, atık hava debisinin ölçülmesinde, emme kanalı çıkışına yerleştirilen ventürimetre kullanılmıştır. Bell-mouth ve ventürimetrede meydana gelen basınç kayıpları, basınç transmitteri kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm süresince, basınç transmitteri tarafından üretilen sinyaller veri toplama ünitesi yardımıyla bilgisayara aktarılarak 10 s ara ile kaydedilmiştir.

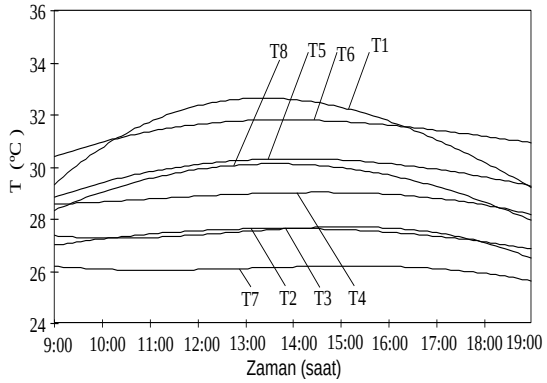
Sistem üzerinde bağıl nem 4 faklı noktada, 4 adet bağıl nem transmitteri ile ölçülmüştür. Bu ölçümler, havanın basma hattına girişinde, mahale üflendiği noktada, mahalden emme kanalına alındığı noktada ve emme kanalından dışarı atıldığı noktada yapılmıştır. Burada da, bütün ölçüm süresince nem transmitterinin ürettiği sinyaller veri toplama ünitesi yardımıyla bilgisayara aktarılarak 10 s ara ile kaydedilmiştir.

IV. YAPILAN DENEYLER ve DENEY SONUÇLARI

Sistem üzerinde üç farklı grup deney yapılmıştır. Bütün deneylerde çevrim havası olarak % 100 temiz hava kullanılmıştır. Mahale gönderilen havanın debisi ortalama 900 kg/h'dir.

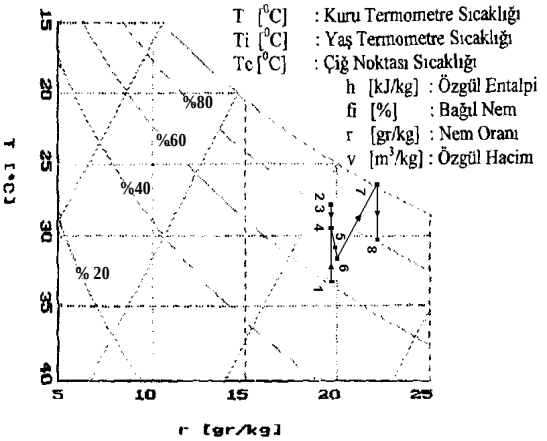
1. Birinci Grup Deneyler

Bu grup deneyler yalnızca atık havanın nemlendirilmesi ile yapılan soğutmayı içermektedir. Bu durumda, atık hava nemlendirilmiş ve atık havanın soğusundan ısı değiştiricileri vasıtasıyla yararlanılarak sisteme alınan taze hava bir miktar soğutularak ortama verilmiştir. Konvansiyonel iklimlendirme sistemi devre dışıdır. Bu grup deneylere 29 Temmuz 1998 tarihinde yapılan ölçümler örnek olarak verilmiştir. Şekil 2'de ölçüm noktalarındaki sıcaklıkların gün boyu değişimi gösterilmiştir. Bu deney sonucunda dış hava sıcaklığı (kuru termometre sıcaklığı) ile üfleme havası arasında 5 ºC, dış hava sıcaklığı ile iç (mahal) hava sıcaklığı arasında 2-2.5 ºC sıcaklık farkı elde edildiği görülmüştür. Şekil 3'de, saat 10:30 için, sistem üzerinde yapılan ölçüm noktalarının özellikleri ve yapılan işlemin psikrometrik diyagram üzerinde gösterimi verilmiştir. Bu grupla ilgili deneylerden ısı değiştiricilerinin veriminin % 60-70 arasında, nemlendirici veriminin ise % 100 civarında olduğu görülmüştür.



Şekil 2. 29 Temmuz 1998 gününde sıcaklık ölçüm noktalarının gün boyu değişimi

N.No:	T	h	fi	r	v	Tc	Ti
1	33.20	83.34	61.07	19.68	0.894	24.76	26.70
2	27.90	78.00	82.78	19.60	0.883	24.77	25.59
3	27.90	78.00	82.79	19.60	0.883	24.77	25.59
4	28.40	78.65	75.85	19.60	0.882	24.77	25.91
5	30.70	81.57	71.36	19.95	0.892	24.97	26.30
6	31.80	82.80	67.04	19.90	0.893	24.96	26.69
7	26.40	82.80	101.2	22.13	0.872	26.61	26.52
8	30.30	86.96	80.78	22.10	0.898	26.60	27.54

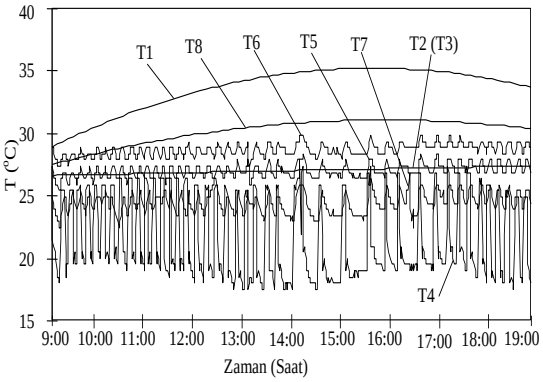


Şekil 3. 29 Temmuz 1998, saat 10:30'daki ölçüm değerlerinin psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmesi

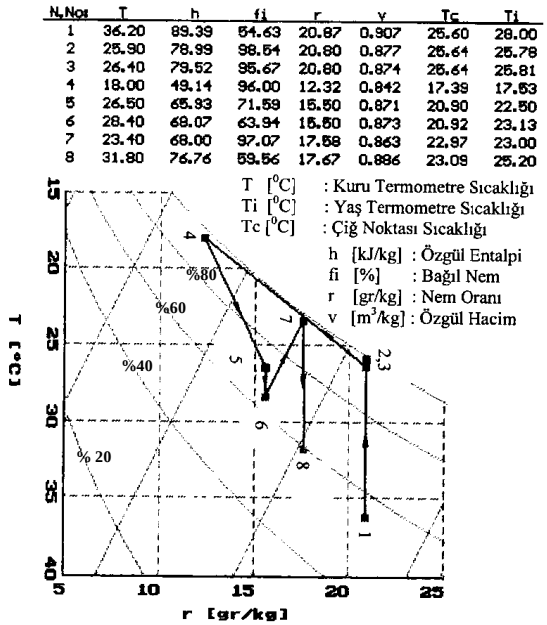
2. İkinci Grup Deneyler

Bu grup deneyler atık havanın nemlendirmesini ve konvansiyonel soğutma sistemiyle desteklenmesini içermektedir. Bu durumda ise, ön soğutmaya tabi tutulan giriş havası, konvansiyonel soğutma sisteminin evaporatöründen de geçirilerek iklimlendirilecek mahale verilmiştir. İkinci grup

deneylere örnek olarak 22 Temmuz 1998 tarihinde yapılan ölçümler verilmiştir. Şekil 4'de ölçüm noktalarındaki sıcaklıkların gün boyu değişimi gösterilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi, dış hava sıcaklığı yaklaşık 35 ºC'den 22 ºC'ye kadar düşürülerek mahale gönderilmiştir. Böylece mahalin yaklaşık 26-27 ºC'de tutulması sağlanmıştır. Şekil 5'de, saat 15:30 için, sistem üzerinde yapılan ölçüm noktalarının özellikleri ve yapılan işlemin psikrometrik diyagram üzerinde gösterilimi verilmiştir. İkinci grup deneylerde ısı değiştiricilerinin verimi % 70-80 arasında, nemlendirici verimi ise, yine % 100 olarak gerçekleşmiştir.



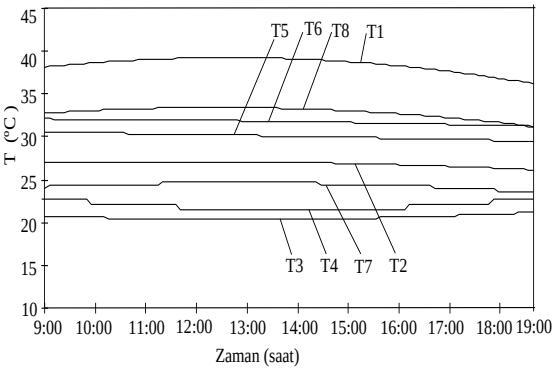
Şekil 4. 22 Temmuz 1998 gününde sıcaklık ölçüm noktalarının gün boyu değişimi



Şekil 5. 22 Temmuz 1998, saat 15:30'daki ölçüm değerlerinin psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmesi

3. Üçüncü Grup Deneyler

Bu grup deneylerde hem atık hem de temiz hava nemlendirilmiştir. Temiz havanın da ayrıca nemlendirilebilmesi için, yaş termometre sıcaklığının düşük kuru termometre sıcaklığının yüksek olması gerekmektedir. Bu durum Adana bölgesi için yılda birkaç hafta görülebilir ve bağıl nem % 20 gibi çok düşük mertebelere kadar inebilir. Bu grupla ilgili deneylere 7 Ağustos 1998 tarihinde yapılan deney örnek olarak verilmiştir. Şekil 6'da ölçüm noktalarındaki sıcaklıkların gün boyunca değişimleri gösterilmiştir. Bu durumda 38-39 ºC civarında olan dış hava sıcaklığının, 21-22 ºC üfleme sıcaklığına düşürülebildiği ve iklimlendirilen mahalin 30 ºC sıcaklıkta tutulabildiği görülmektedir. Şekil 7'de, saat 15:30 için, sistem üzerindeki ölçüm noktalarının özellikleri ve yapılan işlemin psikrometrik diyagram üzerindeki durumu verilmiştir. Bu grupla ilgili deneyler boyunca ısı değiştiricilerinin verimi % 80-90 arasında değişirken, atık hava kanalındaki nemlendiricinin verimi %100, temiz hava kanalındaki nemlendiricinin verimi ise % 70-80 düzeyindedir.



Şekil 6. 7 Ağustos 1998 gününde sıcaklık ölçüm noktalarının gün boyu değişimi

Şekil 7. 7 Ağustos 1998 ve saat 15:30'daki ölçüm değerlerinin psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmesi

Burada sadece 3 gruba örnek olarak, birer gün yapılan deneyler verilmiştir. Deney yapılan diğer günlerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

V. SONUÇ ve ÖNERİLER

Burada yapılan çalışmayı şu şekilde yorumlamak mümkündür: Yalnızca mahalden dışarı atılan atık havanın nemlendirilmesi durumunda, ısı geri kazanımıyla dışarıdan alınan temiz hava bir ön soğutmaya tabi tutulmaktadır. Sistem yalnızca bu şekilde kullanıldığında, dış ve iç ortam (mahal) sıcaklıkları arasındaki farkın düşük olduğu şartlar için konfor açısından yeterlidir. Sıcaklık farkının büyük olduğu durumlarda, mahale verilecek havanın istenilen şartlara getirilebilmesi için bir konvansiyonel soğutma sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat, dış havanın yaş termometre sıcaklığının düşük, kuru termometre sıcaklığının yüksek olması durumunda, hem taze hem de atık hava nemlendirilerek buharlaştırmalı soğutma yapılabilmektedir. Böylece istenilen konfor şartlarının rahatlıkla sağlanabildiği görülmektedir.

Sonuç olarak, taze ve atık hava nemlendirmeli ısı geri kazanımlı iklimlendirme sistemi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi, yazları yaş termometre sıcaklığının düşük, kuru termometre sıcaklığının yüksek olduğu bölgeler için, konfor şartlarının sağlanması ve enerji ekonomisi açısından son derece uygun alternatif bir soğutma sistemidir.

Sitemin kış şartlarında, ısıtma amaçlı çalıştırılması durumunda, ısı geri kazanımının incelenmesi açısından yapılan çalışmalar devam etmektedir.

VI. KAYNAKLAR

1. J. R. WATT, "Cooling Our Tomorrows Economically", *ASHRAE-Journal*, June, pp.36-42, (1992).

2. E. H. MATHEWS, M. KLEINGELD, L .J. GROBLER, "Integrated Simulation Buldings and Evaporative Cooling Systems", *Building and Environment*, Vol. 29, No.2, pp.197-206, (1994).

3. W. K. BROWN, "Evoparative Cooling For A Laboratory Facility", *ASHRAE Journal*, September, pp.26-30, (1992).

4. O. F. GENCELİ, "Buharlaştırmalı Serinletme Özellikleri ve Uygulaması", *1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, sayfa: 281-303, (1993).

5. H. BULUT, *Güneydoğu Anadolu Bölgesi İçin Çift Buharlaştırmalı Soğutma Sistemi*, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (1996).

6. T. YILMAZ, O. BÜYÜKALACA, M. A. TOPCUOĞLU, H. BULUT, "Enerji Ekonomisi Sağlayan Taze ve Atık Hava Buharlaştırmalı İklimlendirme Sistemi", *5. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı*, sayfa:325-334, (1998).