

58119

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ İÇİN ÇİFT BUHARLAŞTIRMALI
SOĞUTMA SİSTEMİ

HÜSAMETTİN BULUT

Ç.Ü.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA
ARALIK-1996

Bu Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu
(FBE. 95E. 162 nolu proje) tarafından desteklenmiştir.



Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

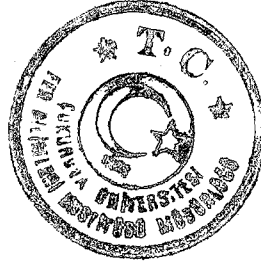
Başkan Tuncay Yılmaz
Prof. Dr.-Ing. Tuncay YILMAZ

Üye Beşir Şahin
Doç. Dr. Beşir ŞAHİN

Üye O. Beşir
Yrd. Doç. Dr. Orhan BÜYÜKALACA

Kod No: 1221

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.



Ural Dinç
Prof. Dr. Ural DİNÇ
Enstitüsü Müdürü

No	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİL LİSTESİ	III
ÇİZELGE LİSTESİ	V
ÖZ	VI
ABSTRACT	VII
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOD	5
3.1. Buharlaştırma Soğutma	5
3.1.1. Doğrudan Buharlaştırma Soğutma	5
3.1.2. Dolaylı Buharlaştırma Soğutma	6
3.1.3. Birleşik Buharlaştırma Soğutma	7
3.2. Çift Buharlaştırma Soğutma Sistemi	8
3.2.1. Duyulur Isı Oranı	11
3.3. Şanlıurfa İli Meteorolojik Değerlerin Yıllık ve Günlük Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi	12
3.3.1. Mutlak Nem	12
3.3.2. Günlük Maksimum ve Minimum Sıcaklık	13
3.3.3. Saatlik Sıcaklık	13
3.3.4. Günlük Toplam Güneş Radyasyonu	14
3.4. Isı Kazancının Hesaplanması	21
3.4.1. Camdan Gelen Isı Kazancı	21
3.4.2. Dış duvarlardan Gelen Isı Kazancı	25
3.4.3. İnsanlardan Gelen Isı Kazancı	27
3.4.4. Çeşitli Isı Kaynaklarından Gelen Isı Kazancı	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Bina İç Isı Kazançlarının Yüksek Değerlerde Olması Durumu.....	30
4.2. Bina İç Isı Kazançlarının Düşük Değerlerde Olması Durumu.....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
ÖZET	58

SUMMARY	59
EK 1.	60
EK 2.	63
KAYNAKLAR	66
TEŞEKKÜR	69
ÖZGEÇMİŞ	70



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Sayfa No
1. Doğrudan Buharlaştırılmalı Soğutma Sistemi	6
2. Dolaylı Buharlaştırılmalı Soğutma Sistemi	7
3. Güneydoğu Anadolu Bölgesi İçin Çift Buharlaştırılmalı Soğutma Sistemi ..	8
4. Çift Buharlaştırılmalı Soğutma Sisteminin psikrometrik Diyagramda Gösterimi	9
5. Mutlak Nemin Günlere Göre Değişimi	16
6. Maksimum Sıcaklığın Yıl Boyunca Değişimi	17
7. Minimum Sıcaklığın Yıl Boyunca Değişimi	18
8. Sıcaklığın Gün Boyunca Değişimi (60. , 150. , 270. günler için)	19
9. Güneş Radyasyon Miktarının Yıl Boyunca Değişimi	20
10. Isı Kazancı Hesaplanan Örnek Mahal	28
11. Camdan Gelen Isı Kazancı (21 Mayıs ve 23 Temmuz için)	31
12. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda Binanın Toplam Isı Kazancı (21 Mayıs ve 23 Temmuz için)	32
13. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda Bina Duyulur Isı Oranı (21 Mayıs ve 23 Temmuz için)	33
14. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda İç Bağlı Nemin Gün Boyunca Değişimi	35
15. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda İç Bağlı Nemin Soğutma Sezonu Boyunca Genel Durumu	36
16. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda Hava Değişim Katsayısının Gün Boyunca Değişimi	37
17. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda Hava Değişim Katsayısının Soğutma Sezonu Boyunca Genel Durumu	38
18. Dış ve İç Sıcaklığının Gün Boyunca Değişimi	39
19. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 141. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	40
20. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 172. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	41

21. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 202. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	42
22. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 233. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	43
23. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 264. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	44
24. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda Binanın Toplam Isı Kazancı (21 Mayıs ve 23 Temmuz için)	45
25. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda Bina Duyulur Isı Oranı (21 Mayıs ve 23 Temmuz için)	46
26. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda İç Bağlı Nemin Gün Boyunca Değişimi	48
27. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda İç Bağlı Nemin Soğutma Sezonu Boyunca Genel Durumu	49
28. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda Hava Değişim Katsayısının Gün Boyunca Değişimi	50
29. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda Hava Değişim Katsayısının Soğutma Sezonu Boyunca Genel Durumu	51
30. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 141. Gün Saat 14 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	52
31. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 172. Gün Saat 14 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	53
32. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 202. Gün Saat 14 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	54
33. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 233. Gün Saat 10 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	55
34. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 264. Gün Saat 20 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	56

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No	Sayfa No
1. Elde Edilen Eşitlikler İçin Toplam Ortalama Hatalar	15
2. Örnek Mahal Elemanlarının Toplam Isı Transfer Katsayıları.....	27
3. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda Soğutma Sezonu Boyunca Bağıl Nem ve Hava Değişim Katsayısının Genel Durumları.....	34
4. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda Soğutma Sezonu Boyunca Bağıl Nem ve Hava Değişim Katsayısının Genel Durumları.....	47



ÖZ

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için çift buharlaştırmalı soğutma sisteminin uygunluğu ve uygulanabilirliği teorik olarak incelenmiştir. İlk olarak, ısı kazancı hesabında ve soğutma sisteminin bilgisayar simülasyonunda kullanılmak üzere Şanlıurfa ilinin meteorolojik değerleri sürekli fonksiyonlarla ifade edilmiştir. Örnek bir mahalın ısı kazancı soğutma sezonu boyunca günlük ve saatlik olarak hesaplanmıştır. Daha sonra, örnek mahal için psikrometrik diyagramda soğutma sisteminin bilgisayar simülasyonu yapılmıştır. Bilgisayar simülasyonu yardımıyla çift buharlaştırmalı soğutma sistemiyle ilgili olarak sonuçlar incelenmiştir. Çift buharlaştırmalı soğutma sisteminin genelde sıcak ve kurak olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için ısı konforu büyük ölçüde sağladığı tesbit edilmiştir.



ABSTRACT

In this study, the applicability and suitability of double evaporative cooling system for the region of South-Eastern Anatolia has been examined theoretically. First, meteorological values of Şanlıurfa province have been expressed with continuous functions to use in computed aided calculation of heat gains. The heat gain of a sample building has been calculated during the cooling season daily and hourly. The results of computer simulation of double evaporative cooling system have been evaluated. It has been verified that double evaporative cooling system provides thermal comfort largely in the region of South-Eastern Anatolia which has generally hot and dry climate.



1. GİRİŞ

Bir binanın temel amaçlarından biri içinde oturanlara rahat bir ortam sağlamasıdır. İklimsel etkilerden ve binanın yapısından dolayı bu her zaman sağlanamamaktadır. Isıl konfor genellikle iklimlendirme ve soğutma sistemleri yardımıyla sağlanır. Fakat çevresel etki , enerji tüketimi ve ekonomik sebepler gibi meseleler yüzünden bu sistemlerin kullanımı sınırlıdır.

İklimlendirme sanayisi, dünyayı güneşin zararlı ışınlarından koruyan ve bir tür filtre görevi yapan ozon tabakasının incelmesine neden olan kloroflorokarbon (CFC) üretiminin yaklaşık %25'ini kullanmaktadır. Ozon tabakasındaki hasarı önleme çabalarından biri olarak uluslararası topluluklar bu asrın sonuna kadar CFC'lerin kullanım ve üretimini yasaklayan Montreal protokolünü imzalamışlardır. Araştırmacılar konvansiyonel soğutma sistemleri için alternatif soğutucu akışkanlar bulmaya çalışmaktadırlar. Bu çalışmaların sonucu olarak bazı alternatif soğutucu akışkanlar önerilmiştir; fakat bu soğutucu akışkanların ileride ne gibi çevresel etkilere neden olacakları kesin olarak bilinmemektedir (MATHEWS, 1994).

İklimlendirme ve soğutma sistemleri, büyük miktarda enerji tüketmektedirler. Eğer varolan soğutucu akışkanların yerine çevre ile dost olan fakat ısıl olarak verimli olmayan soğutucu akışkanlar konulursa toplam enerji tüketimi artabilir. Ayrıca bu sistemlerin ilk yatırım ve bakım masrafları da yüksektir. Enerji kaynakları da sınırlı olduğuna göre ve yukarıda anlatılan konvansiyonel soğutma sistemlerinin dezavantajlarından dolayı tasarımcılar yeni alternatif soğutma sistemleri düşünmek zorunda kalmışlardır. Buharlaştırılmalı soğutma da dünyanın bir çok yerinde kullanılan alternatif bir soğutma sistemidir.

Buharlaştırılmalı soğutma, insanların sıcak ortamlarda kendi rahatını sağlamak amacıyla kullandığı en eski metotlardan biridir. Eski Mısırlılar ve Hintliler bunu kullanmışlardır.

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 yazları sıcak ve kurak olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için çift buharlaştırılmalı soğutma sistemi önerilerek, gerekli incelemeler yapılmıştır.

Soğutma sisteminin seçilmesinde ve incelemesinde dikkatli bir enerji analizinin yapılması gerekir. Çoğunlukla var olan standartlara göre maksimum ısı kazancı hesaplanır. Fakat bu bir bütün olarak sistem açısından ve ekonomiklik yönünden sağlıklı değildir. Bundan dolayı Güneydoğu Anadolu Bölgesinin GAP' la birlikte önemli bir kilit şehri olan Şanlıurfa 14 yıllık iklim değerleri gözönüne alınarak meteorolojik veriler bilgisayar simülasyonunda kullanılmak üzere fonksiyonlarla ifade edilmiştir. Örnek binanın soğutma yükü saatlik olarak soğutma sezonu boyunca hesaplanarak sistemin ısı konforu sağlayıp sağlamadığı bilgisayar simülasyonu yardımıyla psikrometrik diyagram üzerinde incelenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Buharlaştırılmalı soğutma tarih boyunca bilinen ve uygulanan bir soğutma sistemidir. Eski Mısırlılar ve Persliler tarafından kullanıldığı bilinmektedir. Konvansiyonel soğutucuların bazı dezavantajlarından dolayı son zamanlarda tekrar ilgi kaynağı olmuş ve alternatif soğutma sistemi olarak önerildiğinden üzerinde çalışmalar yeniden başlamıştır. Güney Afrika Johannesburg kentinde 1936 yılında ısı konforu artırmak için ilk buharlaştırılmalı soğutma sistemi, metroda ve kraliyet tiyatrosunda tesis edildiği bilinmektedir (MATHEWS VE ARK., 1994).

SUPPLE (1982), buharlaştırılmalı soğutma sistemlerini açıklamış ve haftanın 5 gününde 8 çalışma saati olarak bir bina için enerji ihtiyacını belirlemiştir. Yıllık ortalama iklim değerlerini kullanarak iç ortam sıcaklık ve nem kontrolünü yaparak doğrudan veya dolaylı buharlaştırılmalı soğutmanın toplam soğutma kapasitesinin yüzde ne kadarını karşılayacağı üzerinde araştırmalar yapmıştır. Buharlaştırılmalı soğutma kullanımının büyük ölçüde yaş termometre sıcaklığının düşük olduğu bölgelerde uygun olacağını, soğutma için gerekli toplam enerjiyi önemli bir şekilde düşüreceğini belirtmiştir.

COLDICUTT ve WILLIAMSON (1986), Güney Avustralya' da buharlaştırılmalı soğutma ve refrigerantlı soğutma sistemleri ile soğutulan bir ev için TEMPAL isimli bir bilgisayar programı geliştirilerek simulasyon yapmışlardır. Bu iki sistem karşılaştırılmıştır. Bu yazarlar Adelaide ve Mildura şehirlerinde iyi izole edilmiş bir evde buharlaştırılmalı soğutmanın konvansiyonel soğutmanın hemen hemen yarısı kadar enerji tasarrufu sağladığını, konvansiyonel soğutmanın konfor açısından biraz daha iyi olmasına rağmen iki sistem arasında ısı konfor açısından büyük fark olmadığını tespit etmişlerdir.

KORAL ve Ark. (1987), yaptıkları çalışmalarda buharlaştırılmalı soğutmanın yatırım, bakım ve işletme masraflarının konvansiyonel soğutma sistemlerine göre %50-70 daha az olduğunu belirlemişlerdir.

SUN (1988), yaptığı çalışmada bir üniversite kampüsündeki yedi araştırma laboratuvarında dolaylı buharlaştırılmalı soğutma sisteminin kullanılması durumunda ihtiyaç duyulan şartlandırılmış dış havanın büyük bir kısmının bu yolla ön

soğutmaya tabi tutulacağını ve dolayısıyla büyük enerji tasarrufu sağlayacağını belirtmiştir.

ÖZTÜRK ve Ark.(1989), bir cam serada nemlendirmeli havalandırmada kullanılan nemlendirici plaka sisteminin sera iç ortamına olan etkilerini araştırmışlardır.

LAWRANCE ve TIWARI (1989), Papua Yeni Gine'nin Port Moresby şehrinde tipik bir ev için değişik hava şartlarında buharlaştırmalı soğutma sisteminin performans çalışmasını yapmışlardır.

WHITE (1989), yaptığı çalışmada Avusturalya Royal Darwin hastahanesinde ısı geri kazanımlı ve dolaylı buharlaştırmalı soğutma sisteminin Darwin şehri hava şartlarında kullanılmasında performansın (COP) 41.4 olduğunu ve sistemin kendisini 3.9 ayda amorti edeceğini belirtmiştir.

LU ve LIU (1991), Çin'in bazı şehirlerinde doğrudan ve dolaylı buharlaştırmalı soğutma sistemi uygulamalarının uygunluk analizlerini değişik hava şartlarında yapmışlardır.

SAPÇI (1991), Bilgisayarla grafik ortamında psikrometrik diyagramda alternatif soğutma olarak buharlaştırmalı soğutma dahil mevcut soğutma tekniklerini değerlendirerek yaz ve kış iklimlendirme tasarım problemlerini çözmeye çalışmıştır.

SCOFIELD ve STERLING (1992), konvansiyonel soğutma destekli buharlaştırmalı soğutma sistemi tasarımı üzerinde kuru iklim şartlarında incelemelerde bulunmuştur. Bu tasarımın enerji tasarrufu sağladığı ve iç ortam hava kalitesini artırdığını belirtmiştir.

WATT (1992), Buharlaştırmalı soğutmanın yalnız veya diğer soğutma teknikleri ile kullanıldığında daha verimli olacağını ve bu sistemleri alternatif soğutma sistemleri olarak önererek, değişik durumlarda incelemeler yapmıştır.

MATHEWS ve Ark. (1994), EASY isminde geliştirdikleri bilgisayar programıyla buharlaştırmalı soğutmanın çeşitli durumlarını incelemişlerdir. Bu yazarlar, buharlaştırmalı soğutma sistemi için inceleme prosedurunun nasıl yapıldığını göstermişler ve basit bir binanın ısı konforu açısından simülasyonunu yapmışlardır. Bu sistemlerin Güney Afrika'nın %80'den fazla yerinde iyi tasarlanmış binalarda ısı konforu sağlayabileceğini tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Buharlaştirmalı Soğutma

Buharlaştirmalı soğutma basit bir prensibe dayanır. Havanın içine püskürtülen suyun buharlaştırılması için gerekli olan buharlaştırma gizli ısısı 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. İşlem boyunca sadece içinde sadece bir ısı alışverişi vardır. Aynı oranlarda duyulur ısı azalmakta, gizli ısı artmaktadır. Bu soğutma tekniğı yıllarca kullanılmıştır. Sıcak ve kuru bir günde avluda yer sulandığında havayı daha soğuk ve kısmi bir serinlik hissetmemiz buharlaştirmalı soğutmanın etkisindedir.

Buharlaştirmalı soğutmaya olan ilginin artmasıyla bu sistemlerde bir çok yeni tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu çeşitliliğe rağmen buharlaştirmalı soğutma sistemleri üç ayrı sınıfa ayrılabilir.

- 1- Doğrudan buharlaştirmalı soğutma
- 2- Dolaylı buharlaştirmalı soğutma
- 3- Birleşik buharlaştirmalı soğutma.

3.1.1. Doğrudan Buharlaştirmalı Soğutma

Doğrudan buharlaştirmalı soğutmanın temeli şekil 1' de şematik olarak verilmiştir. Burada su bir pompa yardımıyla fiskiyelere verilerek küçük zerrecikler halinde hava akımına tabi tutulmaktadır. Su zerreciklerinin buharlaşmasıyla hava soğumaktadır. Su buharının eklenmesiyle nemli havanın gizli ısısı artmaktadır. şekil 1-b' deki psikrometrik diyagramda görüldüğü gibi bu izentalp işlem sabit yaş termometre sıcaklığı çizgisi boyunca olmaktadır.

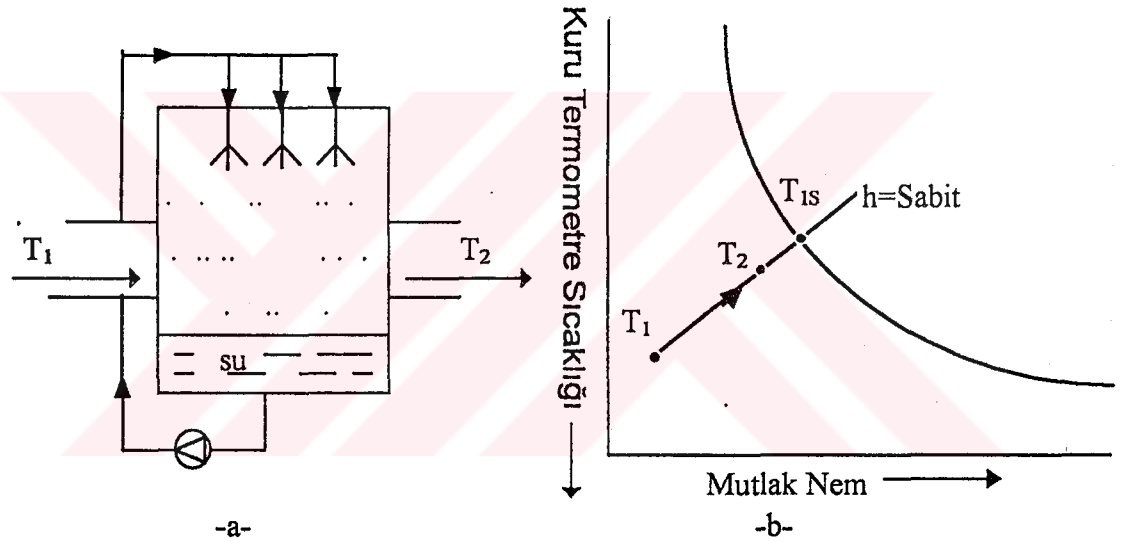
şekil 1-b' den görüleceğı gibi doğrudan buharlaştirmalı soğutmada çıkış havasının en düşük kuru termometre sıcaklığı ancak giriş havasının yaş termometre sıcaklığına eşit olabilir. Giriş ve çıkış sıcaklıkları kullanılarak buharlaştirmalı

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 aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\epsilon_N = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{1s}} \quad (1)$$

Burada T_1 giriş havası kurutermometre sıcaklığını, T_2 çıkış havası kuru termometre sıcaklığını, T_{1s} giriş havası yaş termometre sıcaklığıdır.

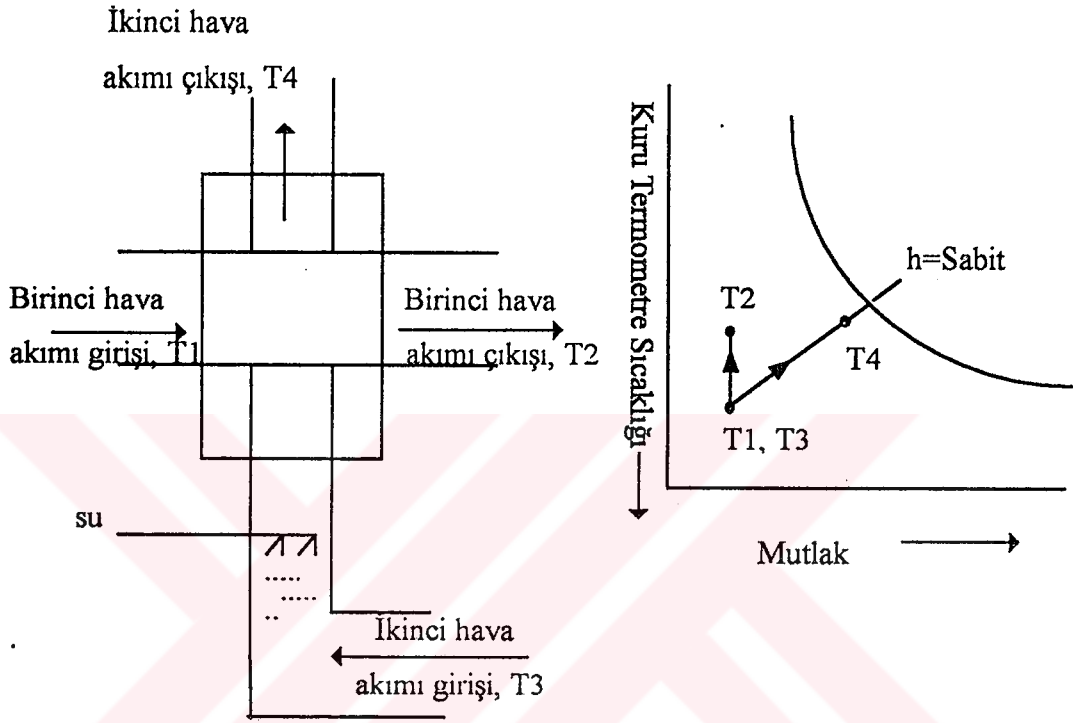


Şekil. 1. Doğrudan Buharlaşmalı Soğutma Sistemi

3.1.2. Dolaylı Buharlaşmalı Soğutma Sistemi

Dolaylı buharlaşmalı soğutma sisteminin en büyük özelliği soğutma işlemi boyunca hava neminin artmamasıdır. Böyle sistemlerde iki hava akımı vardır. Birinci hava akımı soğutulacak mahale verilir. İkinci hava akımı ise birinci hava akımını soğutur. Birinci hava akımı ısı eşanjörünün bir tarafından geçerken soğur, doğrudan buharlaştırmayla soğutulan ikinci hava akımı ise eşanjörün diğer tarafından geçer. Şekil 2' de dolaylı soğutma sistemi şematik olarak ve

psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. Dolaylı soğutmada ulaşılabilecek minimum sıcaklık ikinci hava akımı yaşı termometre sıcaklığına eşit olabilir. Bu ancak nemlendirici ve eşanjör verimleri % 100 olması durumunda mümkündür.



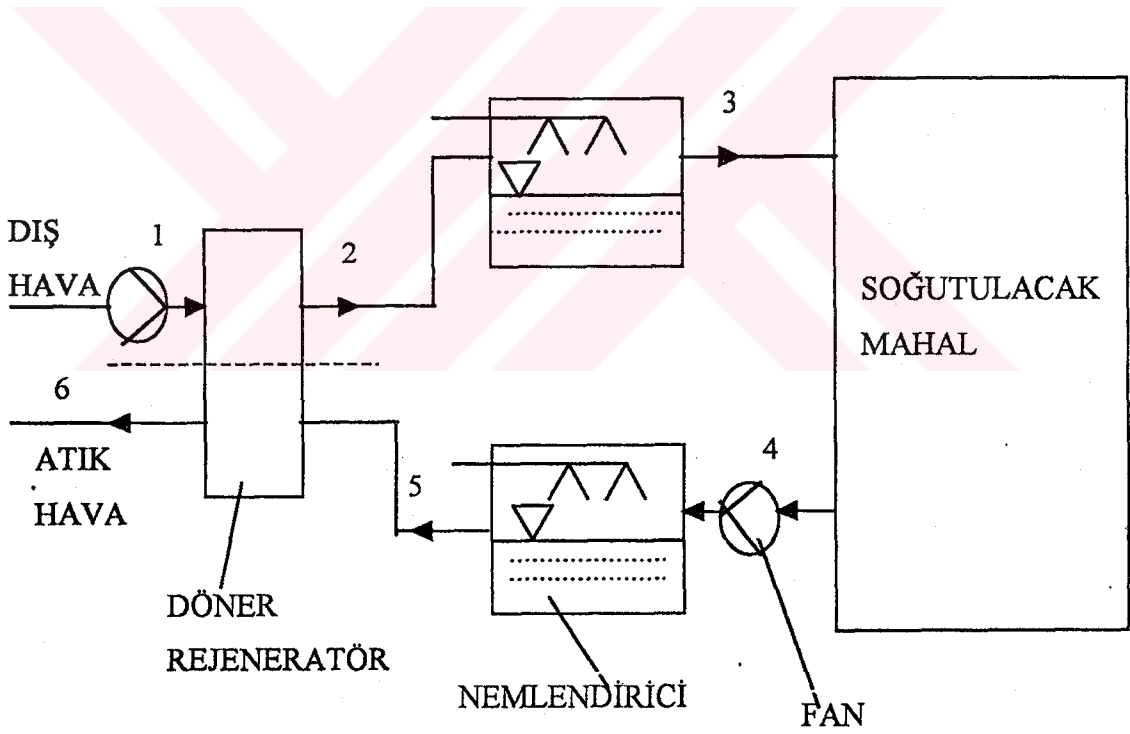
Şekil.2. Dolaylı buharlaştırmalı soğutma sistemi

3.1.3. Birleşik Buharlaştırmalı Soğutma Sistemleri

Bu sistemler, hem doğrudan hem de dolaylı buharlaştırmalı soğutmadan değişik kademelerden yararlanılarak meydana gelmişlerdir. Bu tip sistemlere konvansiyonel soğutma sistemleri de eklenerek değişik kombinezasyonlar yapmak mümkündür.

3.2. Çift Buharlaştırılmalı Soğutma Sistemi

Doğrudan buharlaştırılmalı soğutma sistemi kuru ve sıcak iklimlerde kısmi bir ferahlık sağlamasına rağmen iç ortamdaki yüksek nem ve soğutma yükünü tam karşılayamamasından dolayı ısı konfor şartlarını sağlayamamaktadır. Bundan dolayı Güneydoğu Anadolu Bölgesi için iki adet nemlendirici ve bir adet döner tip rejeneratörden meydana gelmiş çift buharlaştırılmalı soğutma sistemi önerilmiştir. Şekil 3' te çift buharlaştırılmalı soğutma sistemi şematik olarak, şekil 4' te ise psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için çift buharlaştırılmalı soğutma sistemi

Sistemin çalışma prensibi şöyledir: Dış hava bir fan yardımıyla rejeneratörden geçirilerek soğutulmaktadır (Durum 1-2). Rejeneratör verimine göre belli bir değere kadar soğutulan hava 1. nemlendiriciden geçirilmektedir (Durum 2-3). Nemli ve soğuk hava, mahal duyulur ısı oranı gözönüne alınarak soğutulacak mahale verilir (Durum 3-4). Mahal havası dış havayı soğutması için 2.nemlendiriciden geçirilerek nemli ve daha soğuk hava elde edilir (Durum 4-5). Nemli ve daha soğuk hava rejeneratörden geçirilerek dış havayı soğutur ve atık hava olarak dış ortama verilir (Durum 5-6).

Sistemdeki 1. ve 2. nemlendiricilerin verimleri % 90 kabul edilmiştir.

1.nemlendirici verimi :

$$\varepsilon_{N1} = \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_{2d}} \quad (2)$$

olarak hesaplanmıştır. Burada T_2 nemlendirici girişindeki havanın kuru termometre sıcaklığı, T_3 nemlendirici çıkışındaki havanın kuru termometre sıcaklığı, T_{2d} ise nemlendirici girişindeki havanın yaş termometre sıcaklığıdır.

2.nemlendirici verimi :

$$\varepsilon_{N2} = \frac{T_4 - T_5}{T_4 - T_{4d}} \quad (3)$$

olarak hesaplanmıştır. Burada T_4 nemlendiriciye giren iç ortam havasının kuru termometre sıcaklığı, T_5 nemlendirici çıkışındaki havanın kuru termometre sıcaklığı, T_{4d} ise nemlendirici girişindeki T_4 havasının yaş termometre sıcaklığıdır.

Eşanjör verimi ise sistemdeki sıcaklıklara bağlı olarak ,

$$\varepsilon_E = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_5} \quad \text{veya} \quad \varepsilon_E = \frac{T_6 - T_5}{T_1 - T_5} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada T_6 eşanjörden çıkıp dış ortama verilen atık hava sıcaklığını göstermektedir..

3.2.1. Duyulur Isı Oranı

Duyulur ısı oranı, Ψ aşağıdaki gibi tarif edilir;

$$\Psi = \frac{\text{Duyulur ısı}}{\text{Duyulur ısı} + \text{Gizli ısı}} \quad (5)$$

Sistemde duyulur ısı;

$$Q_D = m C_{pm} (T_4 - T_3) \quad (6)$$

Gizli ısı ise;

$$Q_G = m (x_4 - x_3) 2500 \quad (7)$$

şekinde yazılabilir. Q_D soğutulacak mahalın duyulur ısı miktarını, m ortama verilen havanın kütleli debisini, T_3 üfleme sıcaklığını, T_4 iç ortam sıcaklığını, C_{pm} nemli havanın özgül ısısı olup $C_{pm} = 1.0257 \text{ kJ/kg K}$ 'dir. Q_G soğutulacak mahalın gizli ısı miktarını, x_3 üfleme havasının özgül nemini, x_4 iç ortam havasının özgül nemini göstermektedir.

Eşitlik (6) ve (7) 'den;

$$\frac{Q_D}{Q_G} = \frac{C_{pm} (T_4 - T_3)}{2500 (x_4 - x_3)} \quad (8)$$

yazılabilir.

Eşitlik (5)'den;

$$\frac{Q_D}{Q_G} = \frac{\Psi}{1 - \Psi} \quad (9)$$

yazılabilir.

Sonuç olarak, eşitlik (8) ve (9) ' dan havanın iç ortama gönderildiği 3-4 çizgisinin eğimi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{Eğim} = \frac{\Psi 2500}{(1 - \Psi) 1.0257} = \frac{T_4 - T_3}{x_4 - x_3} \quad (10)$$

3.3. Şanlıurfa İli Meteorolojik Değerlerinin Yıllık ve Günlük Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi

Yapıların ısı kayıp ve kazançlarında dış ortam şartlarının etkisi büyüktür. Dış iklim şartları ile ilgili veriler 24 saatlik süre içerisinde büyük değişimler göstermektedirler ve ayrıca birbiriyle aynı fazda değildir. Bu sebepten bir bina için soğutma yükünün tayini, tüm faktörlerin dinamik durumları göz önüne alınarak dikkatli bir enerji analizini gerektirir. İklimlendirme sisteminin seçimi, enerji analizi, işletme ve tasarım açısından yapıların çevreyle olan ısı alışverişlerinin bilgisayar desteğiyle zamana bağlı olarak incelenmesi ve optimum sonuçların elde edilmesi için meteorolojik değerlerin gün ve yıl boyunca değişimini veren eşitliklerin olması gerekir. Ayrıca bölge için çok önemli olan nemlendirmeli soğutmanın hangi aylarda ve günün hangi saatlerinde ekonomik olarak kullanılabilirliğini araştırmak için de belirtilen fonksiyonlara ihtiyaç duyulacaktır. Bundan dolayı Güneydoğu Anadolu Projesinin kilit şehirlerinden biri olan Şanlıurfa için meteorolojik değerler sürekli fonksiyonlarla ifade edilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1980-1993 yılları arası verileri esas alınarak mutlak nem, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, gün boyu saatlik sıcaklık ve günlük toplam güneş radyasyonu için eşitlikler çıkarılmıştır. Eşitliklerden elde edilen sonuçlar ile Devlet Meteoroloji İşlerinin verileri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda belirtilen bütün değerlerin yeterli bir duyarlılıkla verilebildiği bulunmuştur.

3.3.1. Mutlak Nem

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Şanlıurfa ili için 1980-1993 yılları arasındaki verileri esas alınarak mutlak nem için aşağıdaki eşitlik belirlenmiştir.

$$x = 7 - 2.4 \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n - 24) \right] \quad (11)$$

n, 1 Ocak'tan itibaren yılın günleri göstermektedir. Bu eşitliğe göre Şanlıurfa ilinde günboyu mutlak nem yaklaşık sabit kabul edilebilir. Burada mutlak nemin birimi g_{rsu} / kg kuru hava 'dır. Şekil 5' te mutlak nemin günlere göre değişimi bazı yıllar için gösterilmiştir.

3.3.2. Günlük Maksimum ve Minimum Sıcaklık

Devlet Meteoroloji İşleri Genel müdürlüğünün 1980-1993 yılları için verilen maksimum ve minimum sıcaklık değerleri esas alınarak maksimum sıcaklık için;

$$T_{\max} = 25 - 14 \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n - 25) \right] \quad (12)$$

Minimum sıcaklık için;

$$T_{\min} = 13.5 - 10 \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n - 26) \right] \quad (13)$$

eşitlikleri belirlenmiştir. Burada n yılın günlerini göstermektedir. Şekil 6' da maksimum sıcaklığın, Şekil 7' de ise minimum sıcaklığın bazı referans yıllar için yıl boyunca değişimi gösterilmiştir.

3.3.3. Saatlik Sıcaklık

Günlük maksimum ve minimum sıcaklığına bağlı olarak saatlik sıcaklık;

$$T = T_{\min} + (T_{\max} - T_{\min}) \sin \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{t - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}} \right) \right] \quad (14)$$

eşitliği ile verilebilir. Burada T_{\min} , T_{\max} günlük minimum ve maksimum sıcaklık olup eşitlik (12) ve (13)' ten hesaplanır. t_{\min} , t_{\max} günün minimum ve maksimum sıcaklıklarının olduğu saat olarak;

$$t_{\min} = 12 - \frac{t_g}{2} \quad (15)$$

$$t_{\max} = 12 + \frac{t_{\min}(12 - t_{\min})}{13.5} \quad (16)$$

hesaplanır (YILMAZ , 1989) . Burada t_g gün uzunluğu olup

$$t_g = \frac{2}{15} \text{ArcCos} [-\tan(e) \tan(d)] \quad (17)$$

şeklinde hesaplanır (DUFFIE ve BECKMAN, 1974). Eşitlikteki 'e' bulunulan yerin enlemi, 'd' ise deklinasyon açısıdır. n, 1 Ocaktan itibaren senenin günleri olmak üzere;

$$d = 23.45 \text{Cos} \left[\frac{2\pi}{365} (n + 284) \right] \quad (18)$$

olarak hesaplanır.Şekil 8' de belirli günler için sıcaklığın gün boyunca değişimi görülmektedir.

3.3.4. Günlük Toplam Güneş Radyasyonu

Yatay düzleme gelen günlük toplam güneş radyasyonu için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün verileri esas alınarak ;

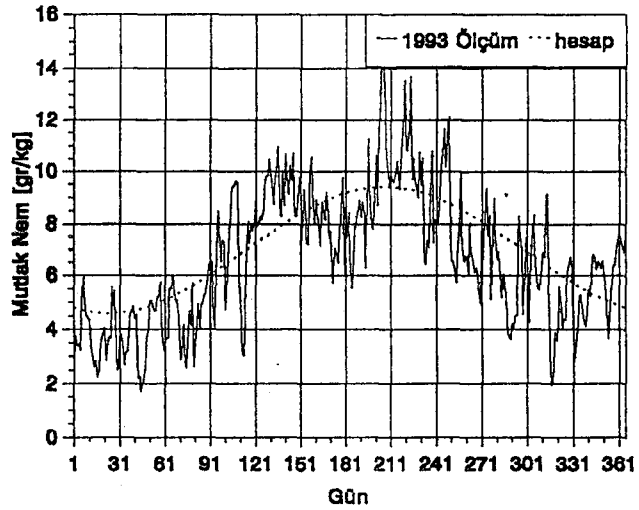
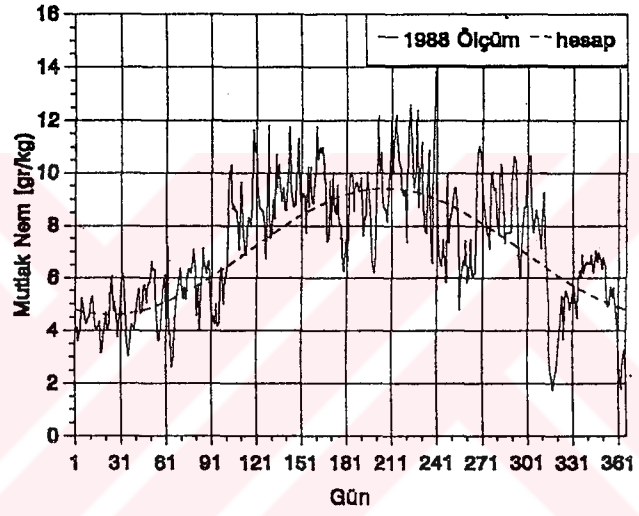
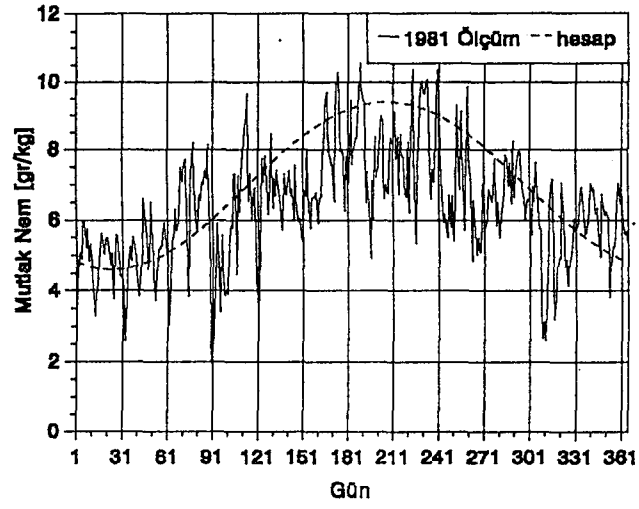
$$I = 18.5 - 9 \text{Cos} \left[\frac{2\pi}{365} (n + 4) \right] \quad (19)$$

eşitliği belirlenmiştir. Güneş radyasyonunun birimi MJ/m²-gün ' dür. Şekil 9' da yatay düzleme gelen güneş ışınım miktarının yıl boyunca değişimi gösterilmiştir.

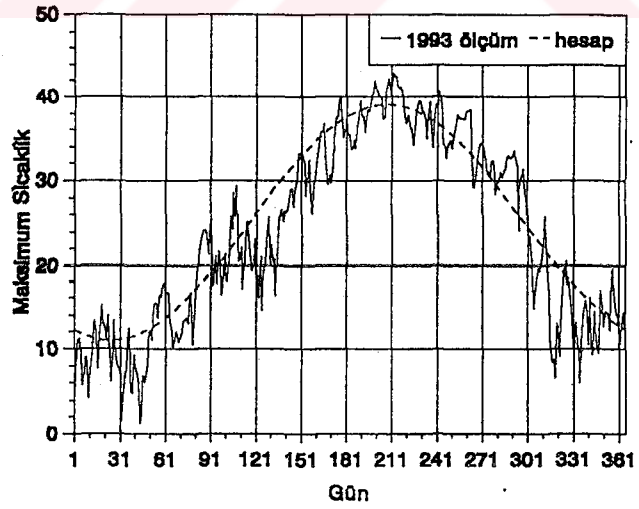
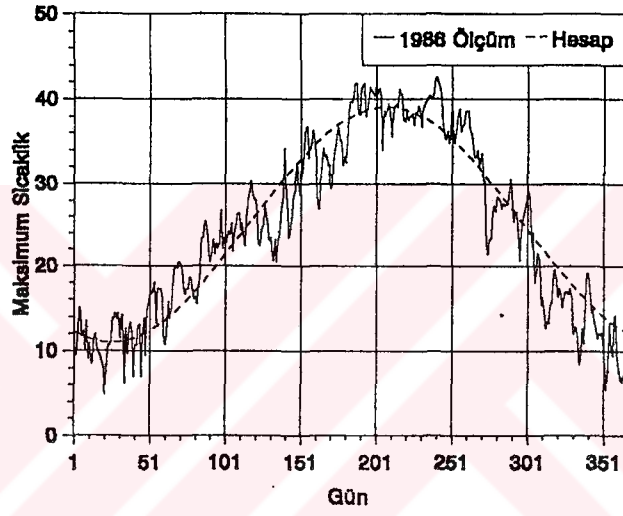
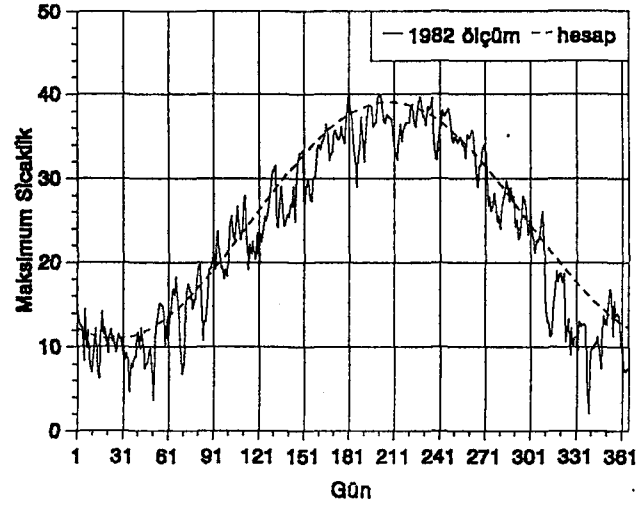
Yukarıda elde edilen eşitliklerin yeterli duyarlılıkta dış iklim şartlarının değerlerini verdikleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün 1980-1993 yılları arası 14 yıllık verileri ile karşılaştırılmasıyla görülmüştür. Çizelge 1 'de elde edilen eşitlikler için ortalama hatalar topluca gösterilmiştir.

Çizelge 1. Elde Edilen Eşitlikler İçin Toplam Ortalama Hatalar

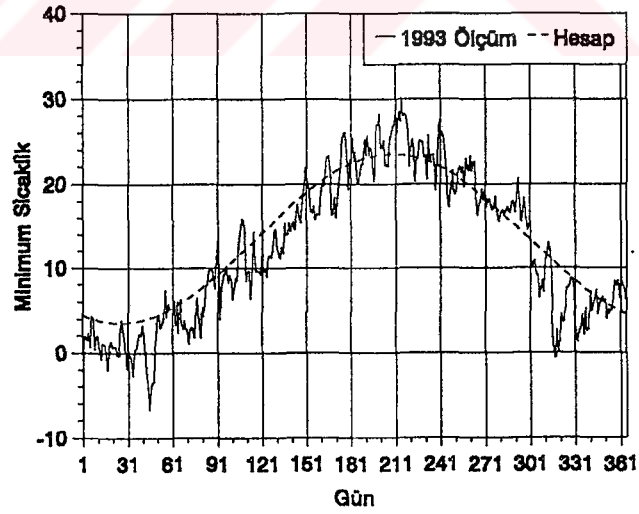
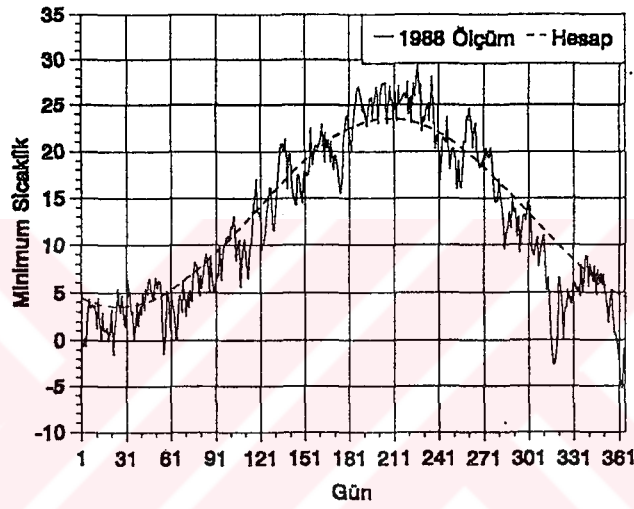
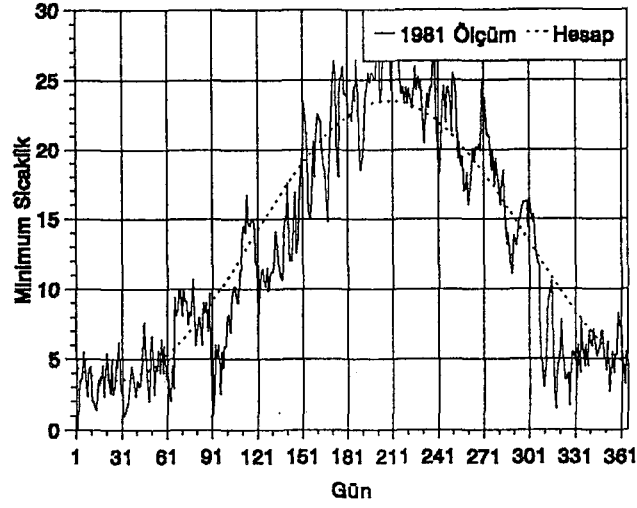
Denklem	Toplam ortalama mutlak hata	Toplam ortalama bağıl hata, %	Toplam standart hata
Mutlak Nem	1.49	21.97	1.88
Maksimum Sıcaklık	2.93	14.95	3.73
Minimum Sıcaklık	2.46	28.75	3.15
Saatlik Sıcaklık	2.78	20.90	-
Güneş Işınımı	2.5	17.00	3.85



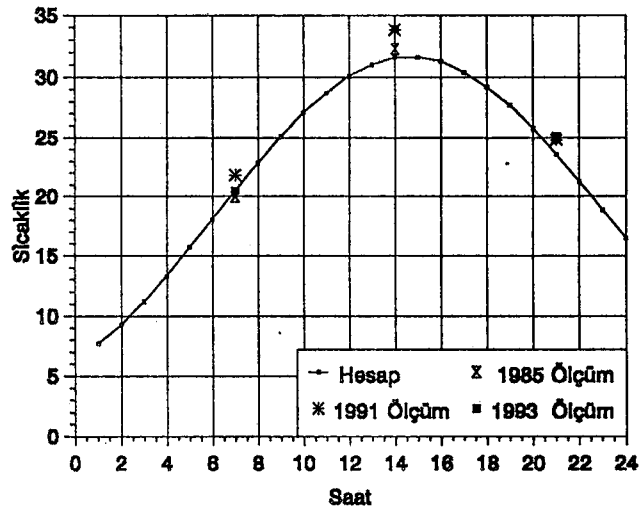
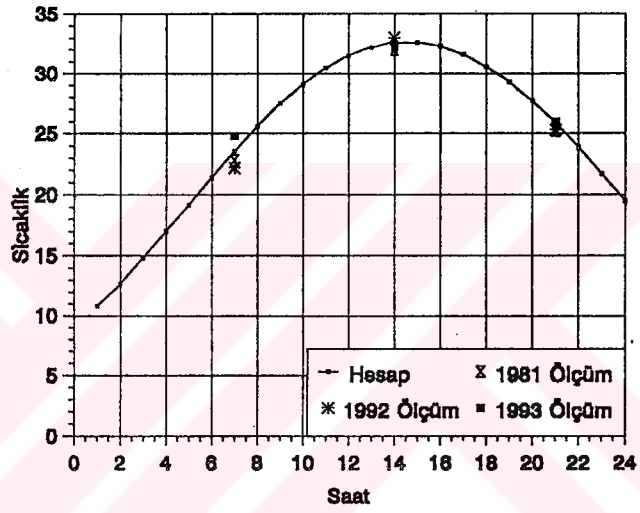
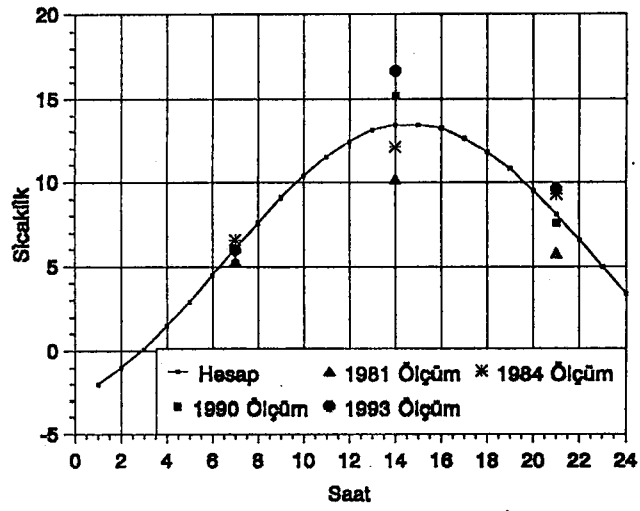
Şekil 5. Mutlak nemin günlere göre değişimi



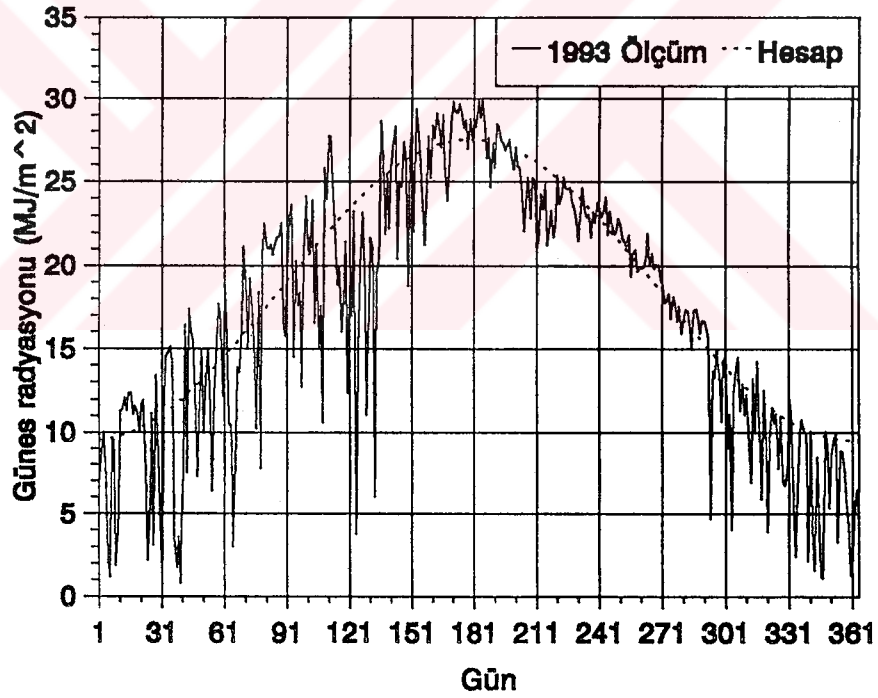
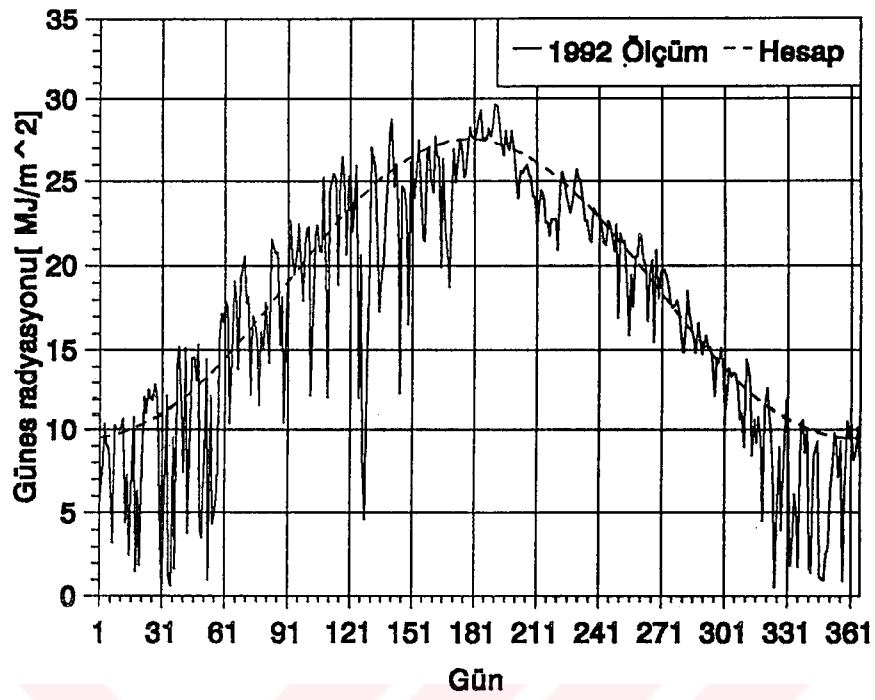
Şekil 6.. Maksimum sıcaklığın yıl boyunca değişimi



Şekil 7. Minimum sıcaklığın yıl boyunca değişimi



Şekil 8. Sıcaklığın gün boyunca değişimi (60, 150 ve 270. günler için)



Şekil 9. Güneş radyasyon miktarının yıl boyunca değişimi

3.4. Isı Kazancının Hesaplanması

Çift buharlaştırmalı soğutma sisteminin bölge için uygunluğunu araştırmak için örnek mahalin soğutma sezonu boyunca anlık ısı kazancı hesabı yapılmıştır.

Soğutma yükünün hesaplanmasına tesir eden bir çok etken vardır ve bunlar ekseriya birbiriyle girift bağlı olduklarından hassas olarak tayinleri çok güçtür. Bir yapının toplam ani kazancı en genel olarak şu kısımlardan oluşur;

- a- Duvar ve çatılardan gelen periyodik ısı kazancı,
- b- Camdan gelen ısı kazancı,
- c- İç bölmeler, tavan ve döşemeden gelen ısı kazancı,
- d- Havalandırma için alınan havadan gelen ısı kazancı,
- e- İnsanlardan gelen ısı kazancı,
- f- Aydınlatma ve diğer elektrikli cihazlardan gelen ısı kazancı,

Gün boyunca dış çevre sıcaklığı ve güneş ışınımı zamana bağlı olarak değiştiğinden camlardan ve duvarlardan gelen ısı kazancı soğutma yükünün önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

3.4.1. Camdan Gelen Isı Kazancı

Camdan gelen anlık güneş ışınımının hesaplanması için gerekli olan eşitlikler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

-Yatay düzleme gelen günlük toplam ışınım

Eşitlik (19)' dan Şanlıurfa için hesaplanır.

-Yatay düzleme gelen günlük yaygın ışınım

$$I_y = I (1 - B)^2 (1 + 3 B^2) \quad (20)$$

B, berraklık indeksi olup;

$$B = \frac{I}{I_0} \quad (21)$$

eşitliğiyle hesaplanır (OĞULATA, 1987) (DERİŞ,1979). I_o , atmosfer dışı ışınımdır.

$$I_o = \frac{24}{\pi} I_s (\text{Cos}(e) \text{Cos}(d) \text{Sin}(ws) + ws \text{Sin}(e) \text{Sin}(d)) \quad (22)$$

Bu eşitlikte I_s güneş sabiti ($I_s=1353 \text{ W/m}^2$)' dir. 'e' enlem açısı, 'd' deklinasyon açısı olup eşitlik (18)'den hesaplanır. 'ws' gün doğuş saat açısı ve 'f' güneş sabitini düzeltme faktörü olup aşağıdaki eşitliklerden hesaplanırlar (DUFFIE ve BECKMAN, 1980).

$$ws = \text{ArcCos} (-\tan(e) \tan(d)) \quad (23)$$

$$f = 1 + 0.033 \text{Cos}\left(\frac{2\pi n}{365}\right) \quad (24)$$

- Yatay düzleme gelen anlık toplam ışınım

$$I_{ts} = A_{ts} \text{Cos}\left[\frac{\pi}{t_{gi}}(t-12)\right] \quad (25)$$

Burada A_{ts} fonksiyon genliği ve t_{gi} imajiner gün uzunluğu olup ,

$$A_{ts} = \frac{\pi I}{2 t_{gi}} \quad (26)$$

$$t_{gi} = 1.25 t_g^{0.875} \quad (27)$$

eşitlikleri ile hesaplanır (JALAYERIAN ve BURMEISTER, 1986). t_g gün uzunluğu olup eşitlik (17)' den hesaplanır.

-Yatay düzleme gelen anlık yaygın ışınım

$$I_{ys} = A_{ys} \cos \left[\frac{\pi}{t_g} (t - 12) \right] \quad (28)$$

eşitliği ile hesaplanır. A_{ys} fonksiyon genliği olup aşağıdaki gibi hesaplanır (ÜNAL ve TANES, 1983).

$$A_{ys} = \frac{\pi I_y}{2 t_g} \quad (29)$$

-Yatay düzleme gelen anlık direk ışınım

$$I_{ds} = I_{ts} - I_{ys} \quad (30)$$

olarak hesaplanır (ÜNAL ve TANES, 1983).

- Eğik yüzeye gelen anlık ışınım

$$I_{de} = R_d I_{ds} \quad (31)$$

eşitliği ile hesaplanır. R_d direk ışınım dönüşüm katsayısı olup dik yüzeyler için ;

$$R_d = \frac{\cos(d) \sin(e) \cos(\gamma) \cos(w) + \cos(d) \sin(\gamma) \sin(w) - \sin(d) \cos(e) \cos(\gamma)}{\cos(e) \cos(d) \cos(w) + \sin(d) \sin(e)} \quad (32)$$

eşitliği ile hesaplanır (BECKMAN ve ark. 1977). γ yüzey azimut açısı olup eğik düzlemin normalinin yatay düzlem üzerine izdüşümü alındığında güney yönünü gösteren doğru ile arasındaki açıdır. Güneyden doğuya doğru negatif, güneyden batıya doğru pozitiftir. Güney yöndeki bir duvar için sıfırdır. Batı yöndeki bir duvar için 90° 'dir. 'w' saat açısı olup

$$w=(t-12) \cdot 15 \quad (33)$$

eşitliği ile hesaplanır (BECKMAN,1977). t saati belirtmektedir.

-Eğik yüzeye gelen anlık yaygın ışınım

$$I_{ye} = R_y I_{ys} \quad (34)$$

eşitliği ile bulunur. R_y yaygın ışınım dönüşüm katsayısı olup,

$$R_y = \frac{1 + \cos(\alpha)}{2} \quad (35)$$

formülü ile bulunur. α yüzeyin eğimi olup dik yüzey ($\alpha = 90^\circ$) için $R_y = 0.5$ tır.

- Eğik düzleme gelen yansıyan ışınım

$$I_{ya} = I_{ts} \rho \frac{1 - \cos(\alpha)}{2} \quad (36)$$

formülü ile bulunur(KILIÇ ve ÖZTÜRK,1983). ρ çevre yansıtma oranı olup ortalama değer olarak $\rho = 0.2$ alınabilir. Dik yüzey için ($\alpha = 90^\circ$),

$$I_{ya} = 0.1 I_{ts} \quad (37)$$

olarak yazılabilir.

- Eğik yüzeye gelen toplam ışınım

$$I_t = I_{de} + I_{ye} + I_{ya} \quad (38)$$

olarak hesaplanır.

- Camdan bina içine geçen güneş ışınımı

$$I_g = \tau_d I_{de} + \tau_y (I_{ye} + I_{ya}) \quad (39)$$

olarak cam yüzeyinden güneş ışınımı suretiyle yapıya geçen ısı hesaplanır(TAMER,1972). τ_y yaygın ışınımında camın geçirgenlik katsayısı olup $\tau_y=0.79$ alınabilir. τ_d direk ışınımında yüzeyin geçirgenlik katsayısı olup ışınım geliş açısına ve cam tipine bağlıdır. Tek cam için;

$$\tau_d=0.88-7.39 \cdot 10^{-3} \theta +3.48 \cdot 10^{-4} \theta^2 - 4.137 \cdot 10^{-6} \theta^3 \quad (40)$$

yazılır. Çift cam için;

$$\tau_d=0.76-2.47 \cdot 10^{-3} \theta +1.16 \cdot 10^{-4} \theta^2 - 2.548 \cdot 10^{-6} \theta^3 \quad (41)$$

olarak hesaplanabilir (TAMER, 1972). θ derece olarak ışınım geliş açısıdır.

- Camdan konveksiyonla binaya transfer edilen ısı

$$I_k= k (T_d- T_i) \quad (42)$$

ile hesaplanır. k iç-dış ortam arasındaki toplam ısı transferi katsayısı, T_i iç ortam sıcaklığı, T_d dış ortam sıcaklığıdır.

Sonuç olarak camdan gelen toplam ısı kazancı beher m^2 için;

$$I_C = I_g + I_k \quad (43)$$

şeklinde hesaplanır.

3.4.2. Dış Duvarlardan Gelen Isı Kazancı

Dış duvarlardan gelen ısı kazancı eşdeğer sıcaklık farkı metoduna göre hesaplanmıştır (TAMER,1972). Dış duvardan gelen ısı kazancı;

$$Q_d = k \Delta T_{es} \quad (44)$$

şeklinde hesaplanır. k iç-dış ortam arasındaki toplam ısı transferi katsayısıdır. $\Delta T_{eş}$ eşdeğer sıcaklık farkını ifade etmekte olup,

$$\Delta T_{eş} = [(T_{sm} - T_i) + ff (T_s - T_{sm})] \quad (45)$$

şeklinde hesaplanır. T_s Güneş-hava sıcaklığı olup,

$$T_s = T_d + \frac{a}{h} I_t \quad (46)$$

olarak hesaplanır. a yüzeyin yutma katsayısı, koyu renkli duvarlar için $a=0.9$, açık renkli duvarlar için $a=0.5$ alınır. h dış yüzey ısı transferi katsayısı, $h=20 \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C}$ alınabilir. T_d dış ortam sıcaklığı olup eşitlik (14)'ten I_t ise eşitlik (38)'den hesaplanır. T_i iç ortam sıcaklığı olup konfor şartı olarak tablo değerleri kullanılarak çıkarılan,

$$T_i = 10 + T_d \cdot 0.5 \quad (47)$$

eşitliği ile hesaplanabilir (ÖNEN, 1985). T_{sm} ise 24 saatlik güneş-hava sıcaklıklarının ortalamasıdır. ff genlik küçültme faktörü olup v gecikme fazına, duvar cinsi ve yönüne bağlıdır. Gecikme fazı tablo değerleri kullanılarak çıkarılan,

$$v = b \cdot k^{-1.5} \quad (48)$$

eşitliği ile hesaplanabilir (TAMER, 1972). k iç-dış ortam arasındaki toplam ısı transferi katsayısı, b duvarın ısı nüfuz katsayısı olup,

$$b = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad (49)$$

şeklinde hesaplanır. k duvarın ısı iletim katsayısı ($\text{kcal/m h } ^\circ\text{C}$), c duvarın özgül ısı ($\text{kcal/kg } ^\circ\text{C}$), ρ ise duvarın özgül ağırlığıdır (kg/m^3).

Genlik küçültme faktörü tablo değerleri kullanılarak çıkarılan ve duvar yönüne bağlı olarak doğu, güney, batı ve kuzey için sırasıyla,

$$ff= 0.8792 - 0.0821 v \quad (50)$$

$$ff=0.9503-0.0817 v \quad (51)$$

$$ff= 0.9180 - 0.0817 v \quad (52)$$

$$ff= 0.9817 - 0.0815 v \quad (53)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir (TAMER, 1972).

3.4.3. İnsanlardan Gelen Isı kazancı

İnsanlardan gelen ısı hem duyulur hem de gizli ısı şeklindedir. Kişinin içinde bulunduğu mahale ve çalışma şekline bağlı olarak verdiği duyulur ve gizli ısı miktarları tablolarda mevcuttur. Bu çalışmada beher kişi için duyulur ısı 45 kcal/ h , gizli ısı olarak 45 kcal/ h alınmıştır.

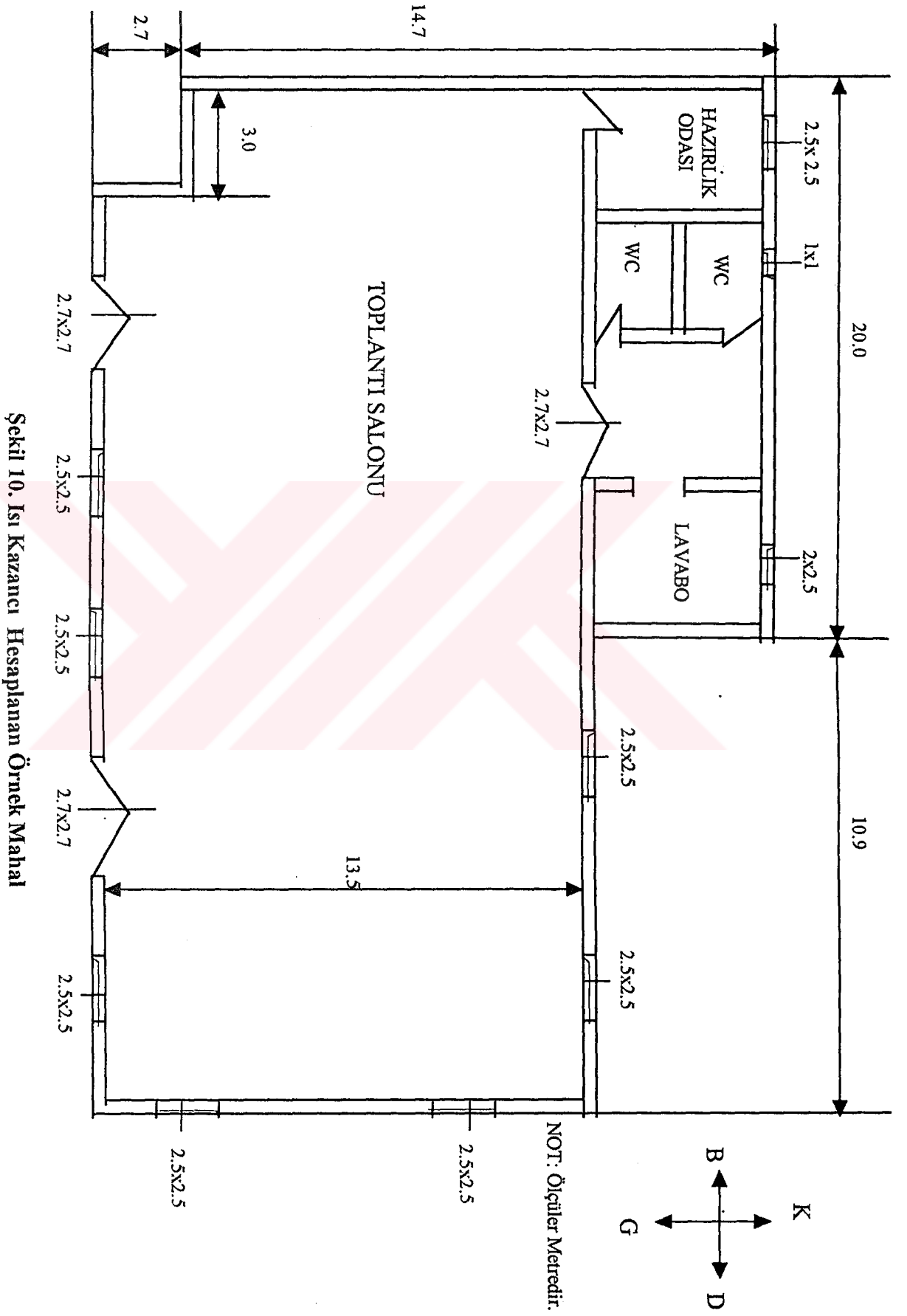
3.4.4 . Çeşitli Isı Kaynaklarından Gelen Isı Kazançları

Aydınlatma ve yapı içindeki elektrikli cihazlar mahalin toplam ısı kazancında önemli yer tutarlar. Elektrikli ışıklandırma gücünün belli olmadığı mahallerde beher m² taban alanı için 10-30 Watt alınabilir. Diğer elektrikli cihazlar için ise doğrudan cihaz gücü alınır.

Şekil 10 'da ısı kazancı hesaplanan örnek mahal gösterilmiştir. Çizelge 2' de mahal elemanlarının toplam ısı transferi katsayıları görülmektedir.

Çizelge 2. Örnek mahal elemanlarının toplam ısı transferi katsayıları

Eleman	k (kcal/m ² h ° C)	Eleman	k (kcal/m ² h ° C)
Dış duvar	1.5	Döşeme	2
İç duvar	0.84	Dış kapı	5
Çatı	0.367	İç kapı	2
Tavan	2.3	Pencere	4.5



Şekil 10. Isı Kazancı Hesaplanan Örnek Mahal

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Materyal ve metod bölümünde anlatılan hesap şekli bilgisayar programına dönüştürülerek iki ayrı durumda örnek mahal için anlık ısı kazançları hesaplanmış ve simülasyon yapılmıştır. Birinci durumda bina iç ısı kazançları yüksek değerlerde alınmıştır. İkinci durumda ise mahal iç ısı kazançları düşük değerlerde alınmıştır.

Soğutma sezonu 1 Mayıs-30 Eylül (121. gün- 273.gün) arası olarak 153 gün alınmıştır. Rakım gözönüne alınarak bilgisayarda psikrometrik diyagram yardımıyla çift buharlaştırmalı soğutma sistemi ve bina birlikte ele alınarak simülasyon yapılmıştır. Şanlıurfa ili için atmosfer basıncı,

$$P_{atm}=101.325 (1-0.02256 z)^{5.256} \quad (54)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır(ÇENGEL,1994). z (km) rakımı , P_{atm} (kPa) atmosfer basıncını göstermektedir. $z= 0.547$ km için Şanlıurfa atmosfer basıncı 94.923 kPa olarak bulunmuştur.

Konfor durumunu belirlemek amacıyla bağıl nem ve hava değişim katsayısı için dört ayrı durum gözönüne alınmıştır.

Bağıl nem ;

- 1.Durum: $\% 40 \leq \text{bağıl nem} \leq \% 50$
- 2.Durum: $\% 50 < \text{bağıl nem} \leq \% 60$
- 3.Durum: $\% 60 < \text{bağıl nem} \leq \% 70$
- 4.Durum: $\%70 < \text{bağıl nem} \leq \% 80$

olarak tasnif edilmiştir.

Hava değişim katsayısı (n);

- 1.Durum: $0 < n \leq 5$
- 2.Durum: $5 < n \leq 10$
- 3.Durum: $10 < n \leq 15$
- 4.Durum: $15 < n \leq 20$

şeklinde sınıflandırılmıştır. n hava değişim katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\dot{M} = \frac{Q}{\Delta h} \quad (54)$$

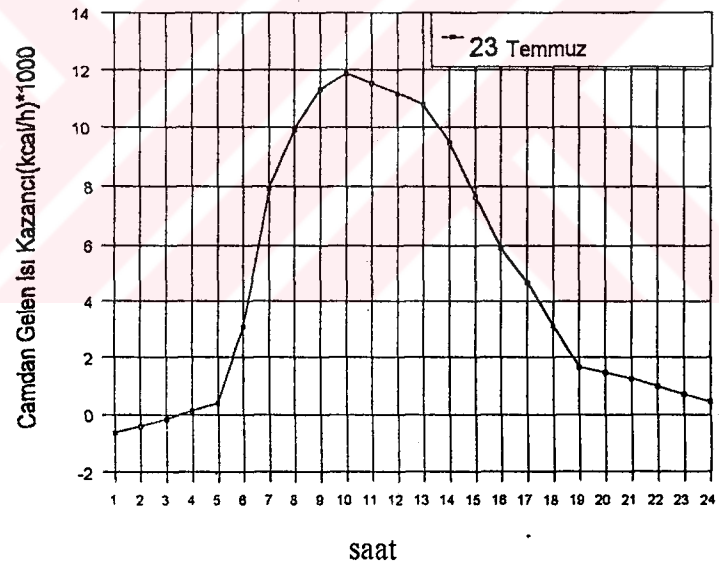
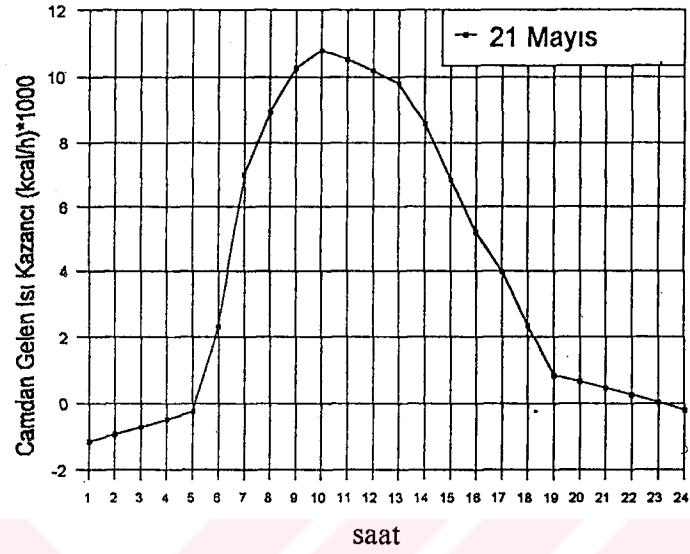
$$\dot{V} = \dot{M} v_3 \quad (55)$$

$$n = \frac{\dot{V}}{V} \quad (56)$$

Burada Q binanın toplam soğutma yükü (kcal/h), \dot{M} üfleme havasının kütle debisini (kg/h), $\Delta h = h_4 - h_3$ üfleme havası ve iç ortam havası entalpi farkı (kcal/h), \dot{V} üfleme havasının hacimsel debisi (m^3 / h), v_3 üfleme havasının özgül hacmini (m^3 / kg), V ise soğutulan mahalın hacmini (m^3) göstermektedir.

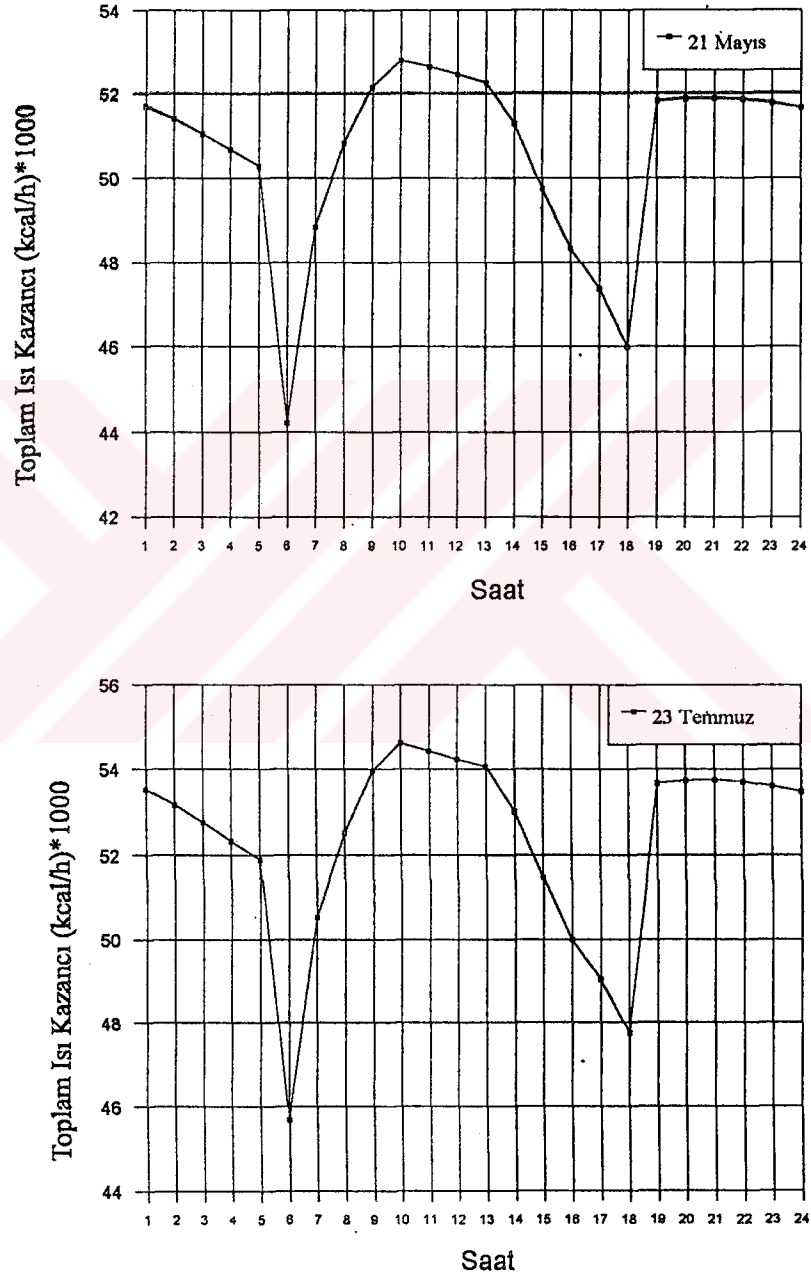
4.1. Bina İç Isı Kazançlarının Yüksek Değerlerde Olması Durumu

Bina iç ısı kazançlarının yüksek olması durumunda; toplantı salonu içinde 350 kişi olduğu farzedilmiştir. Aydınlatma gücü beher m^2 taban alanı için 20 Watt ve ses tertibatının toplam gücü 1500 Watt alınmıştır. Aydınlatma gücü için gece saat 18 ve sabah 6 arası esas alınmıştır. Şekil 11'de camdan gelen toplam ısı kazancı gösterilmiştir.

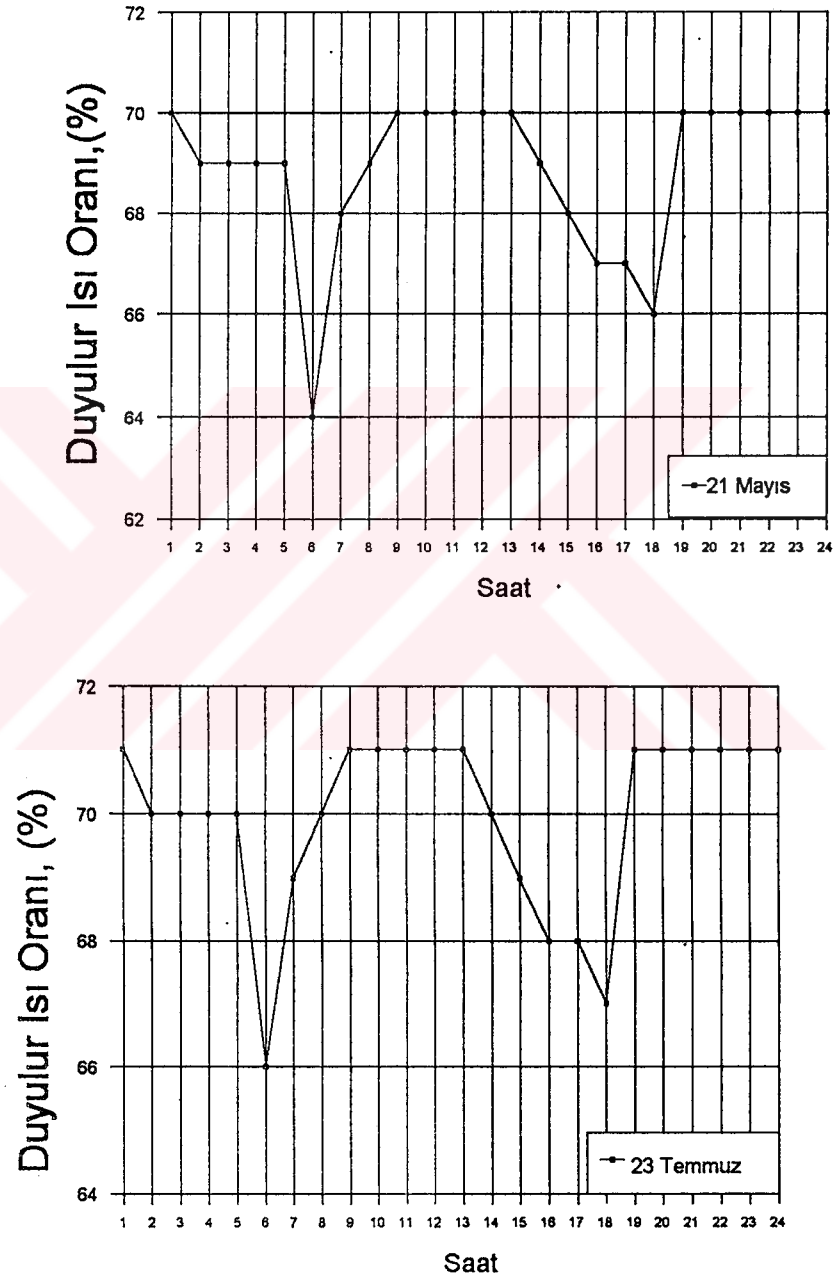


Şekil 11. Camdan gelen toplam ısı kazancı(21 mayıs ve 23 temmuz için)

Şekil 12' de binanın toplam ısı kazancının gün boyunca değişimi , Şekil 13' te ise mahal duyulur ısı oranının bazı günler için saatlik olarak değişimi gösterilmiştir.



Şekil 12. Bina nın toplam ısı kazancı(21 mayıs ve 23 temmuz için)



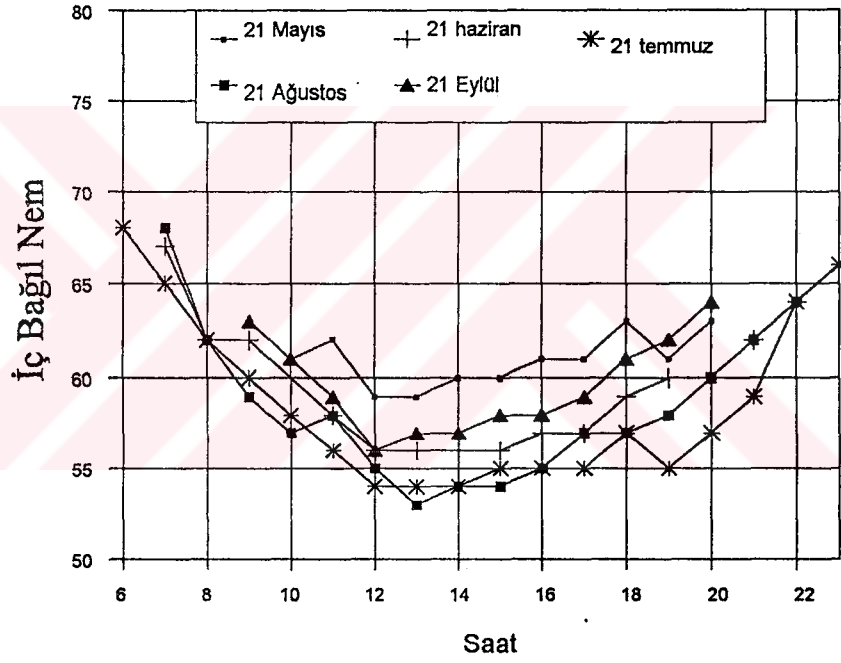
Şekil 13. Bina duyulur ısı oranı (21 mayıs ve 23 temmuz için)

Çizelge 3'te soğutma sisteminin bina için termal konfor analizi olarak soğutma ihtiyacının olduğu toplam saat gözönüne alınarak bağıl nem ve hava değişim katsayısı durumları gösterilmiştir. Dış sıcaklık 26 °C' den küçük olduğunda soğutma ihtiyacının olmadığı kabul edilmiştir.

Çizelge 3. Soğutma sezonu boyunca bağıl nem ve hava değişim katsayısı durumları

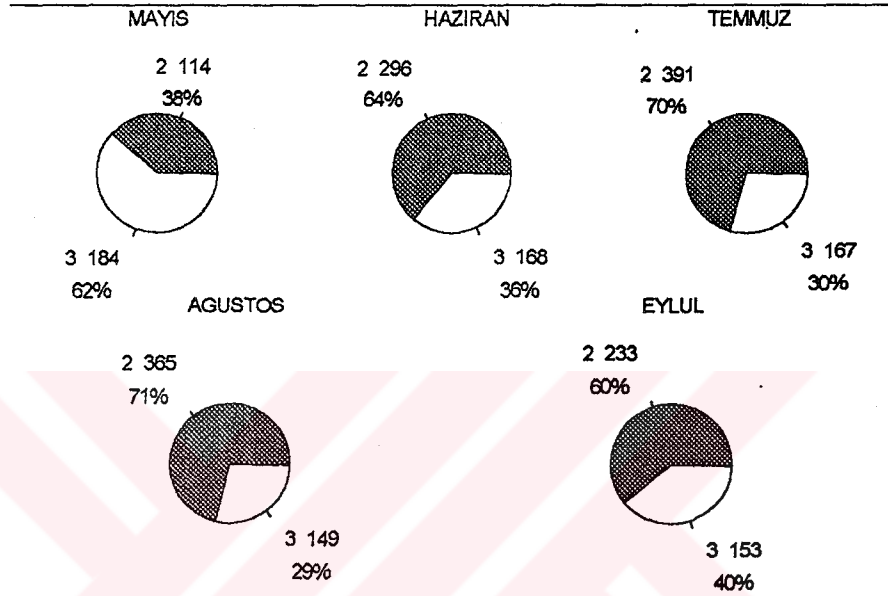
Ay	Gün sayısı	Toplam saat	Soğutma ihtiyacının olmadığı toplam saat	Soğutmanın yapıldığı toplam saat	Durum	Bağıl nem	Hava değişim katsayısı
Mayıs	31	744	446	298	1	0	0
					2	114	223
					3	184	75
					4	0	0
Haziran	30	720	256	464	1	0	0
					2	296	289
					3	168	175
					4	0	0
Temmuz	31	744	186	558	1	0	0
					2	391	339
					3	167	219
					4	0	0
Ağustos	31	744	186	514	1	0	0
					2	365	301
					3	149	213
					4	0	0
Eylül	30	720	334	386	1	0	0
					2	233	197
					3	153	189
					4	0	0

Bağıl nem olarak 1. ve 4. duruma soğutma sezonu boyunca rastlanmamıştır. Soğutma sezonu boyunca soğutma ihtiyacının olduğu toplam saatin % 63' ü 2.durum ve % 37 'si 3.durumdur. Bu da konfor açısından oldukça iyidir. Bu durum çift buharlaştırmalı soğutma sisteminin binanın ısı konforunu sağladığını göstermektedir. Şekil 14' de bağıl nemin gün boyunca değişimi gösterilmiştir. Bağıl nemin belli bir bant aralığında olduğu görülmekte ve gün boyunca fazla değişmediği görülmektedir. Şekil 15' te ise iç bağıl nem durumu genel olarak sezon boyunca değişimi gösterilmiştir.



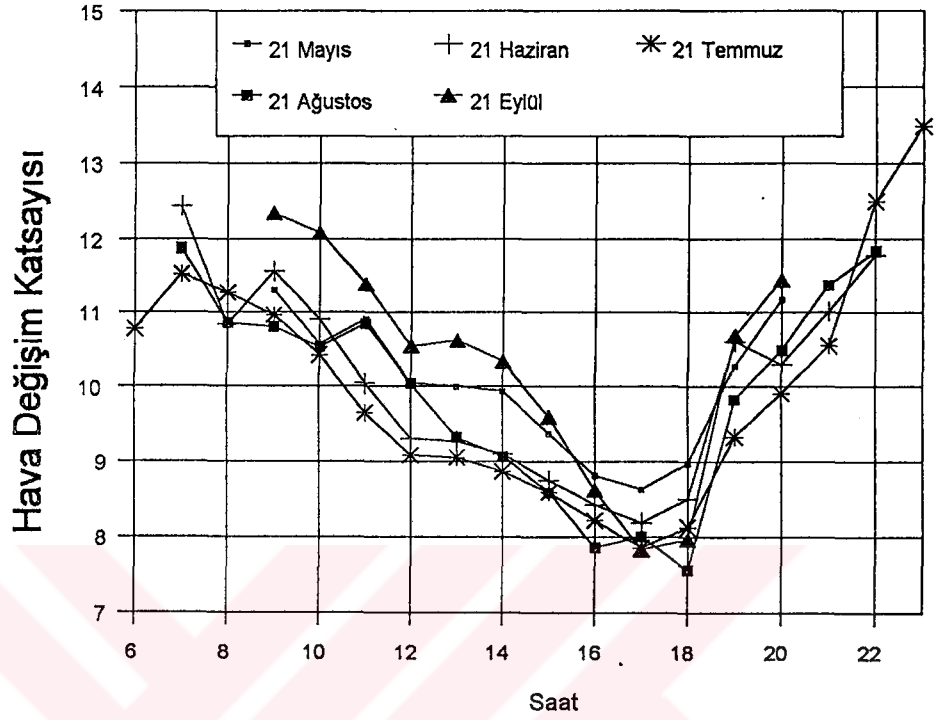
Şekil 14. İç bağıl nemin gün boyunca değişimi

BAGIL NEM DURUMU



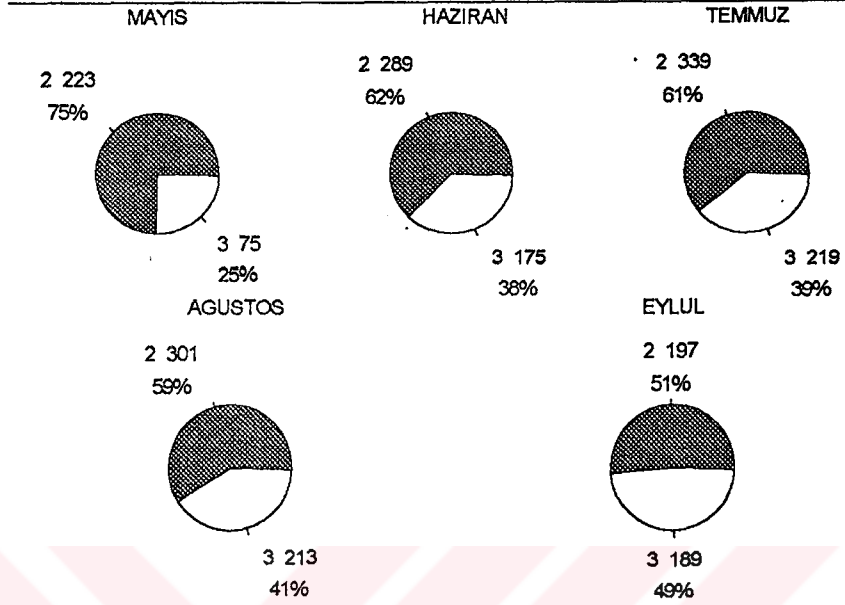
Şekil 15. İç bağıl nemin soğutma sezonu boyunca genel durumu

Hava değişim katsayısı için soğutma sezonu boyunca 1. ve 4. duruma rastlanmamıştır. Hava değişim katsayısı için toplam saatin %61' lik kısmını 2.durum, % 39 'luk kısmını 3.durum oluşturmaktadır. Bu durum konfor şartının yerine getirildiğini göstermektedir. Çünkü böyle sıcak bir iklimde bina içindeki insanlar için taze hava miktarı konfor açısından fevkalade önemlidir. Bu da hava değişim katsayısının normal sınırlar içinde olmasından kolaylıkla sağlanmıştır. Şekil 16' da hava değişim katsayısının gün boyunca değişimi gösterilmiştir. Şekil 17' de ise hava değişim katsayısının genel durumu gösterilmiştir.



Şekil 16. Hava değişim katsayısının gün boyunca değişimi

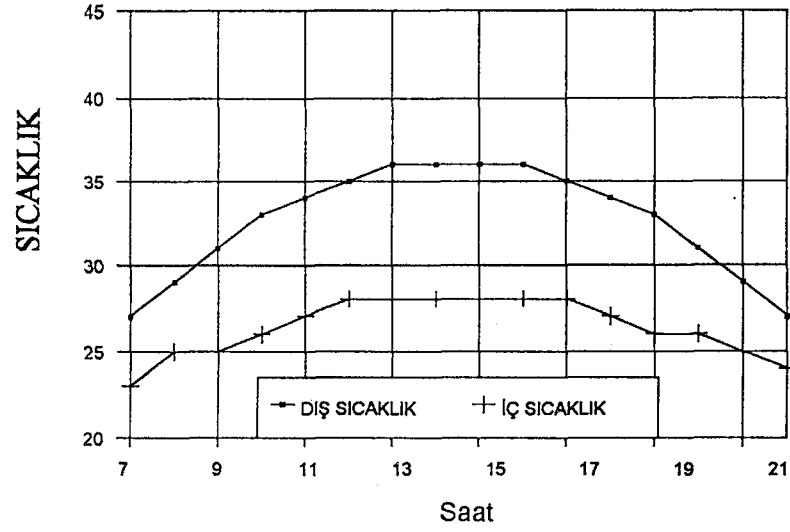
HAVA DEĞİŞİM KATSAYISI DURUMU



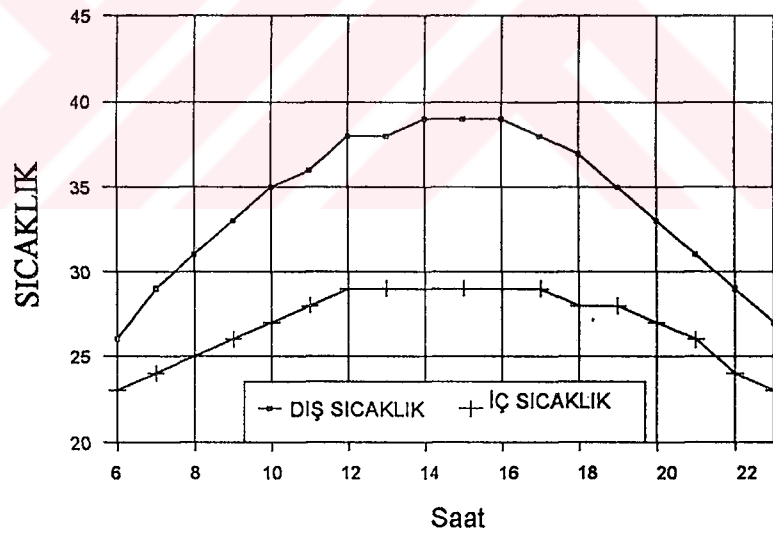
Şekil 17. Hava değişim katsayısının soğutma sezonu boyunca genel durumu

Şekil 18'de belirli günler için dış ve iç ortam sıcaklıkları gösterilmiştir. İç ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre konfor şartlarındaki değerlerde olduğu görülmektedir. Şekil 19,20,21,22,23'te sırasıyla 141.(21 mayıs) , 172.(21 haziran), 202.(21 temmuz), 233.(21 ağustos) , 264.(21 eylül) günleri saat 12 için sistemin psikrometrik diyagramdaki durumu gösterilmiştir.

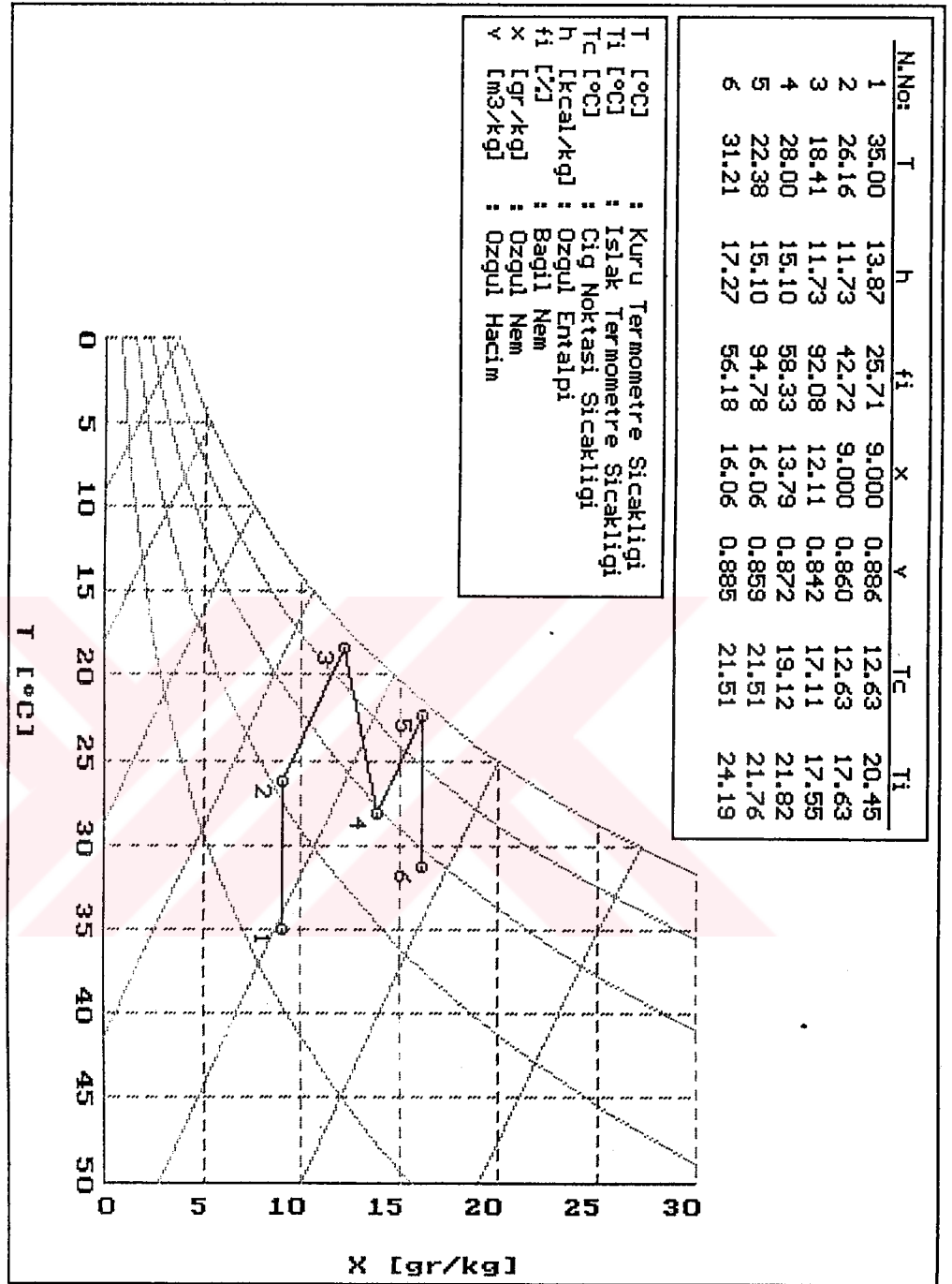
21 HAZİRAN (172. Gün)



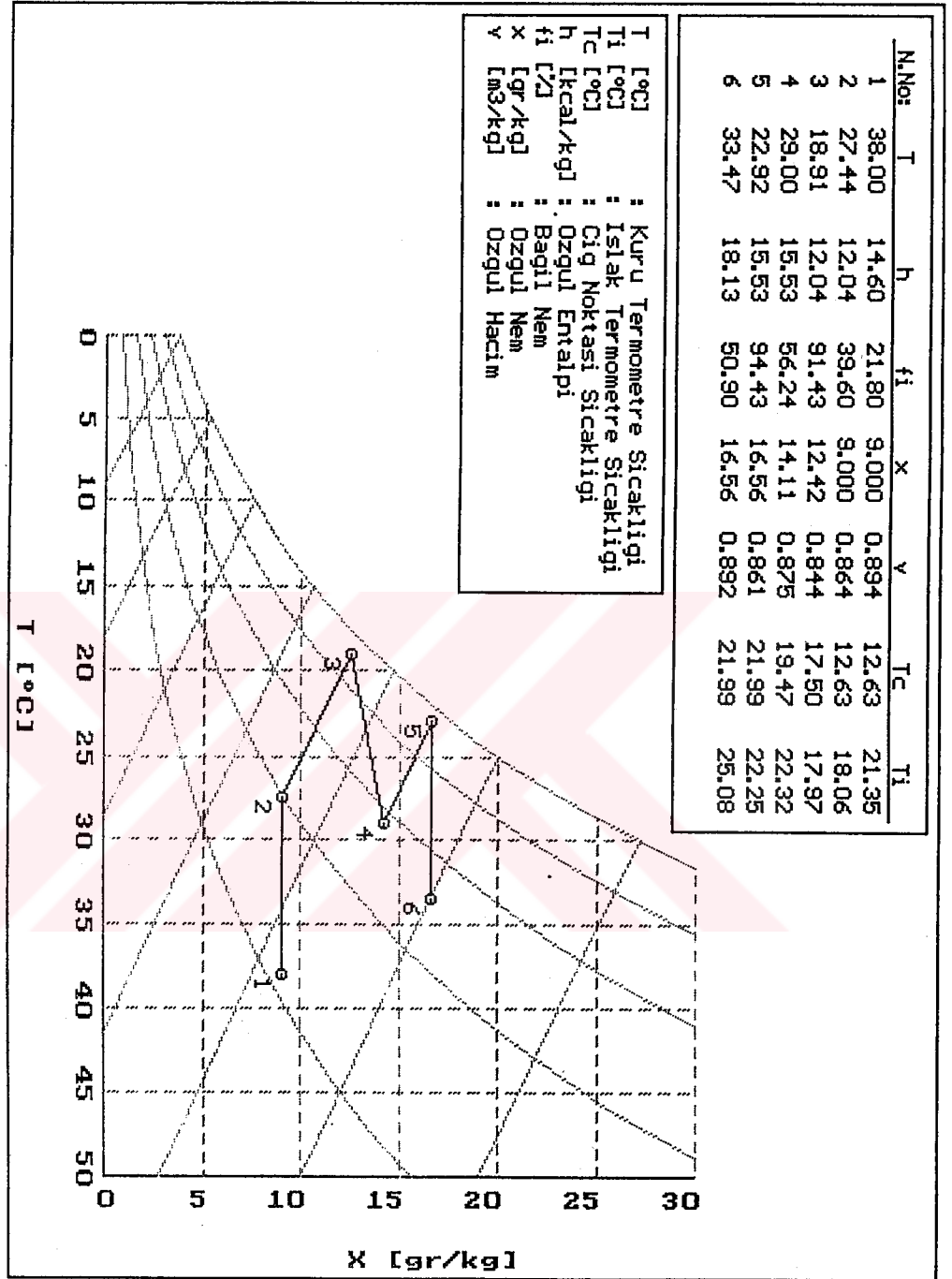
21 TEMMUZ (202. Gün)



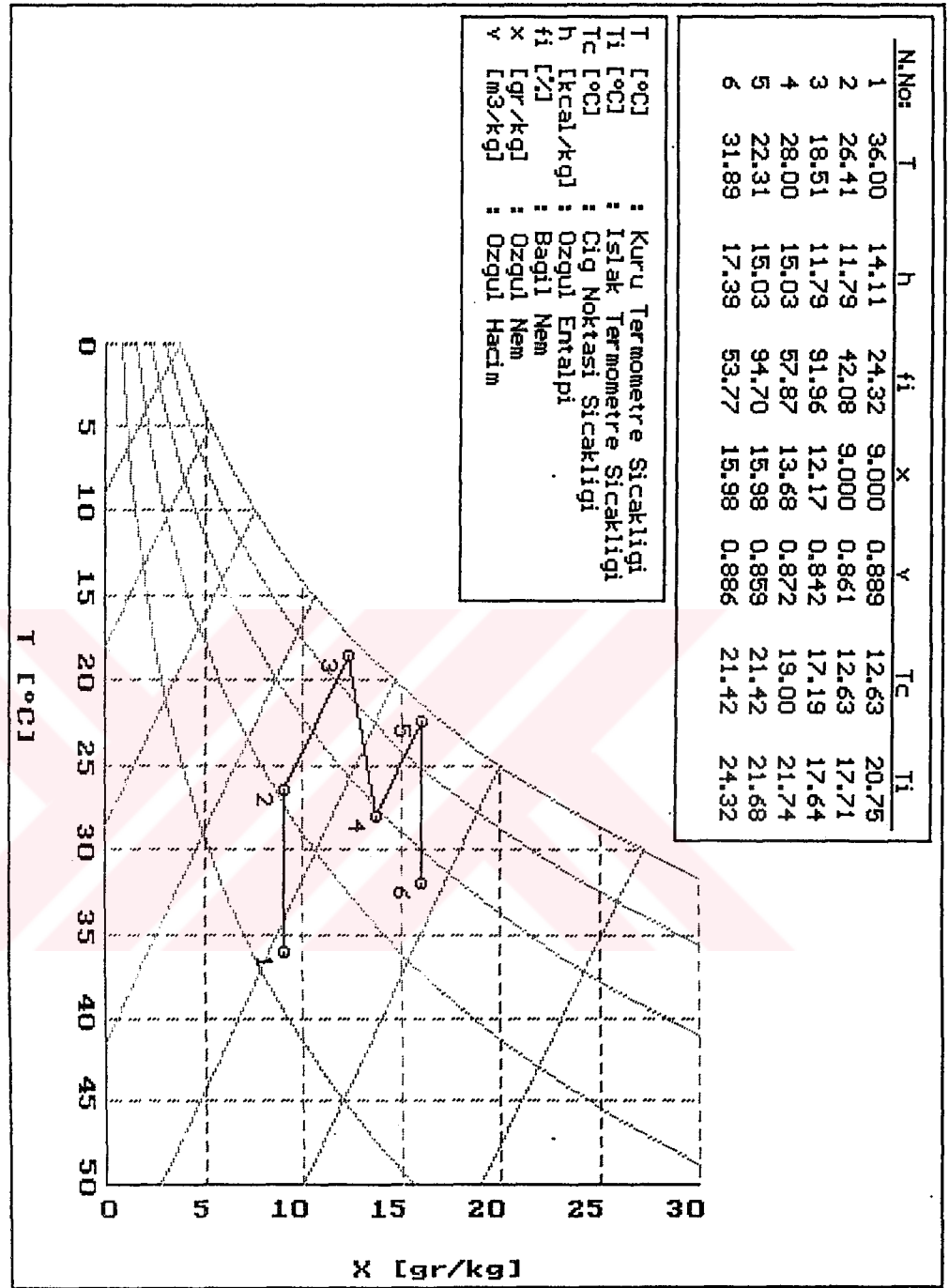
Şekil 18. Dış ve iç sıcaklığın günboyunca değişimi



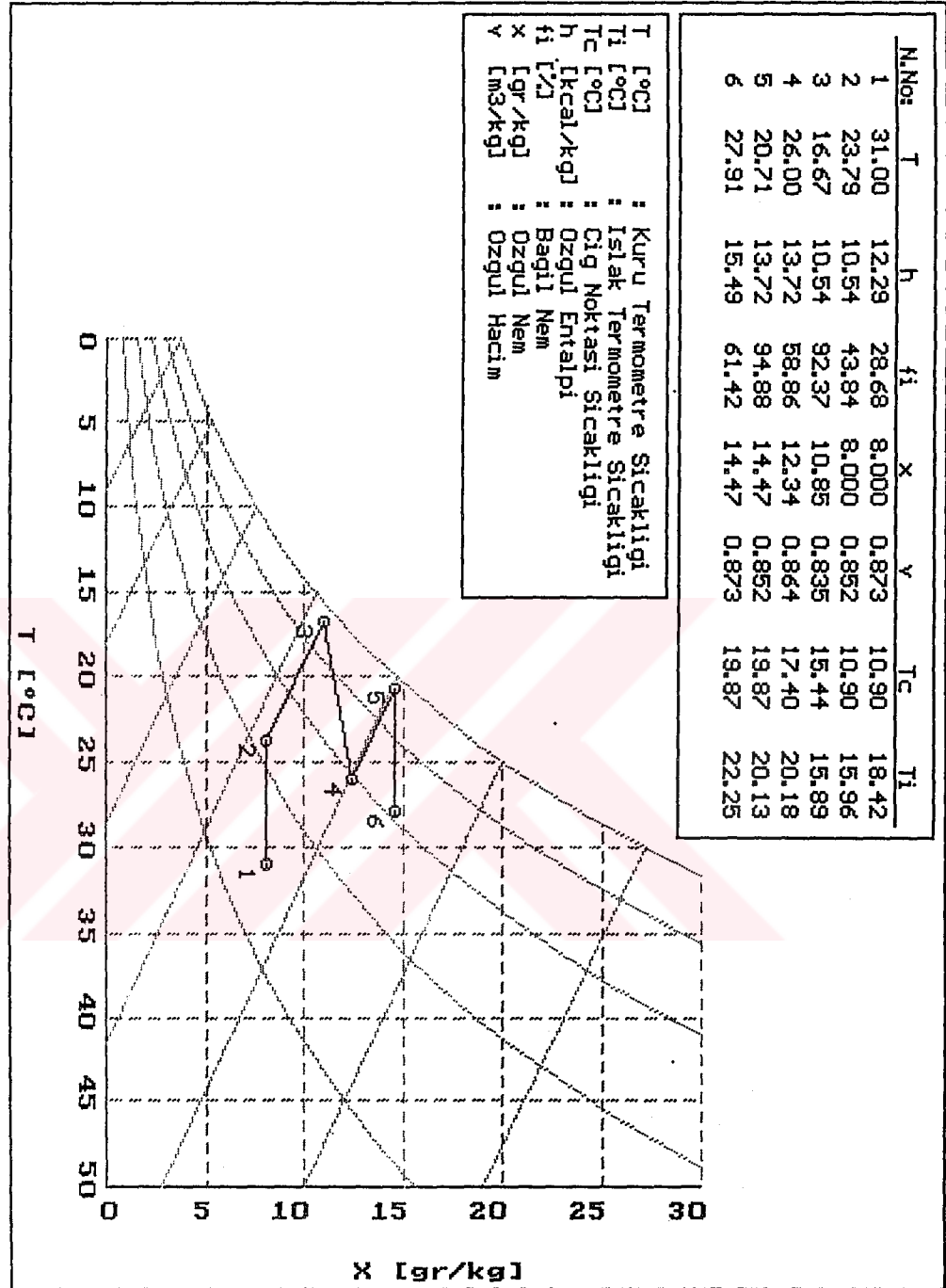
Şekil 20. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 172. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi



Şekil 21. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 202. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi



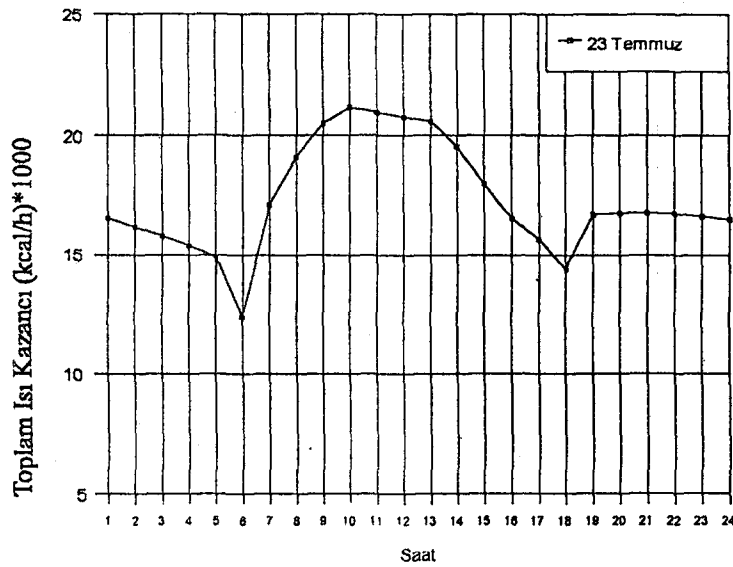
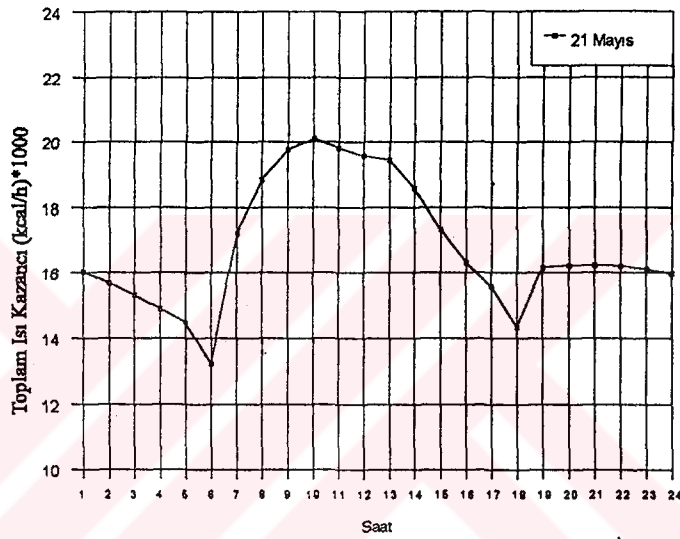
Şekil 22. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 233. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi



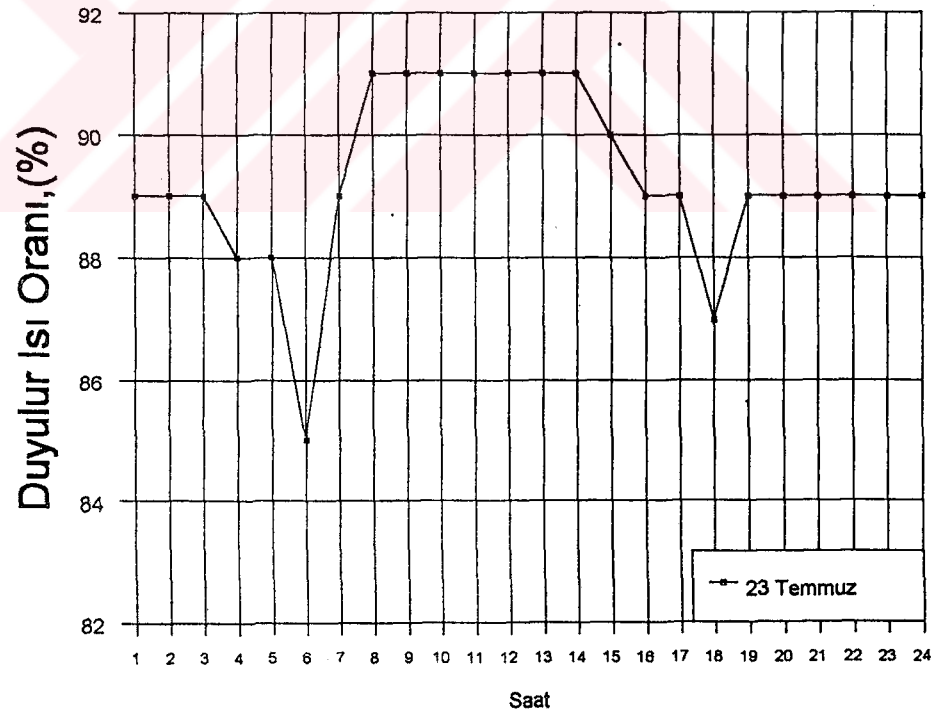
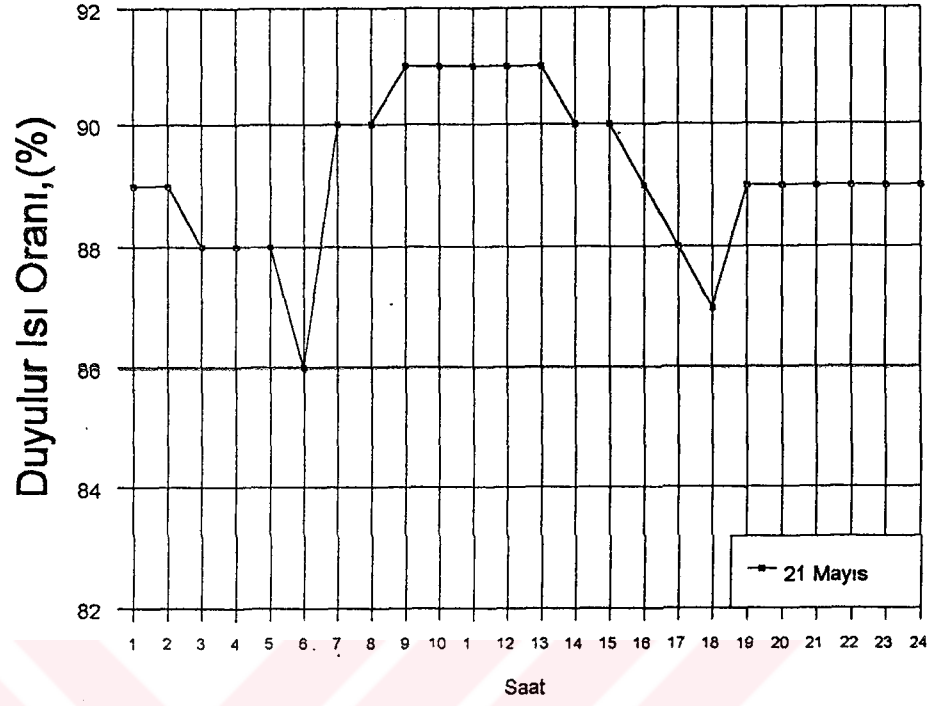
Şekil 23. İç Isı Kazancının Yüksek Olması Durumunda 264. Gün Saat 12 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi

4.2. Bina İç Isı Kazançlarının Düşük Değerlerde Olması Durumu

Bina iç ısı kazançlarının düşük olması durumunda; toplantı salonunu içinde 40 kişi olduğu farzedilmiştir. Aydınlatma gücü beher m^2 taban alanı için 10 Watt ve ses tertibatının toplam gücü 1000 Watt alınmıştır. Aydınlatma gücü için gece saat 18 ve sabah 6 arası esas alınmıştır. Şekil 24' de binanın toplam ısı kazancının gün boyunca değişimi, Şekil 25' te ise mahal duyulur ısı oranının bazı günler için saatlik olarak değişimi gösterilmiştir.



Şekil 24. Bina Toplam Isı Kazancı (21 Mayıs ve 23 Temmuz)



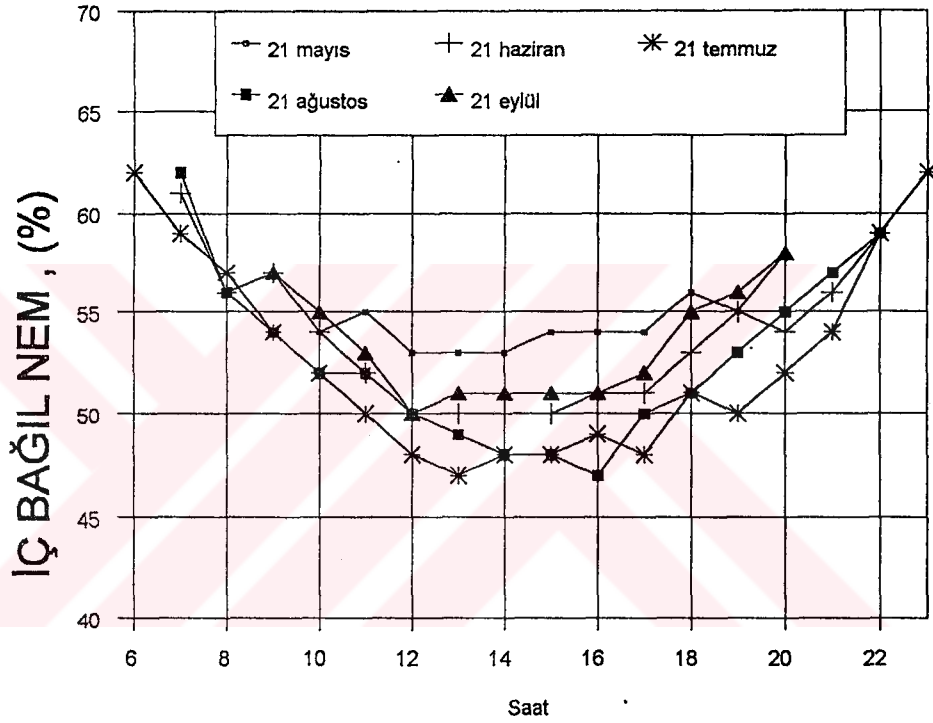
Şekil 25. Mahal Duyulur Isı Oranının Değişimi

Çizelge 4'te bina iç ısı kazançlarının düşük değerlerde olması durumunda soğutma sezonu boyunca bağıl nem ve hava değişim katsayısı durumları gösterilmiştir.

Çizelge 4. Soğutma Sezonu Boyunca Bağıl Nem ve Hava Değişim Katsayısı Durumları

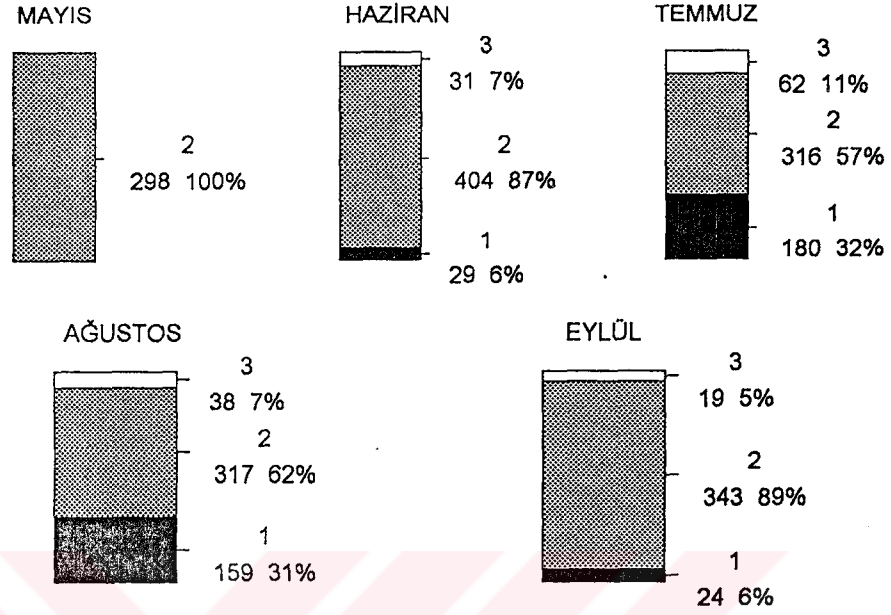
Ay	Gün sayısı	Toplam saat	Soğutma ihtiyacının olmadığı toplam saat	Soğutmanın yapıldığı toplam saat	Durum	Bağıl nem	Hava değişim katsayısı
Mayıs	31	744	446	298	1	0	298
					2	298	0
					3	0	0
					4	0	0
Haziran	30	720	256	464	1	29	458
					2	404	6
					3	31	0
					4	0	0
Temmuz	31	744	186	558	1	180	558
					2	316	0
					3	62	0
					4	0	0
Ağustos	31	744	186	514	1	159	498
					2	317	16
					3	38	0
					4	0	0
Eylül	30	720	334	386	1	24	285
					2	343	101
					3	19	0
					4	0	0

Bağıl nem olarak 4. duruma soğutma sezonu boyunca rastlanmamıştır. Soğutma sezonu boyunca soğutma ihtiyacının olduğu toplam saatin % 18' i 1.durum ve % 76 'sı 2.durum ve % 6'sı 3.durumdur.İç bağıl nemin yüksek değerlere ulaşmadığı görülmüştür. Şekil 26' da bağıl nemin gün boyunca değişimi gösterilmiştir. Bağıl nemin belli bir bant aralığında olduğu görülmekte ve gün boyunca fazla değişmediği görülmektedir. Şekil 27' de ise iç bağıl nem genel durumu soğutma sezonu boyunca değişimi gösterilmiştir.



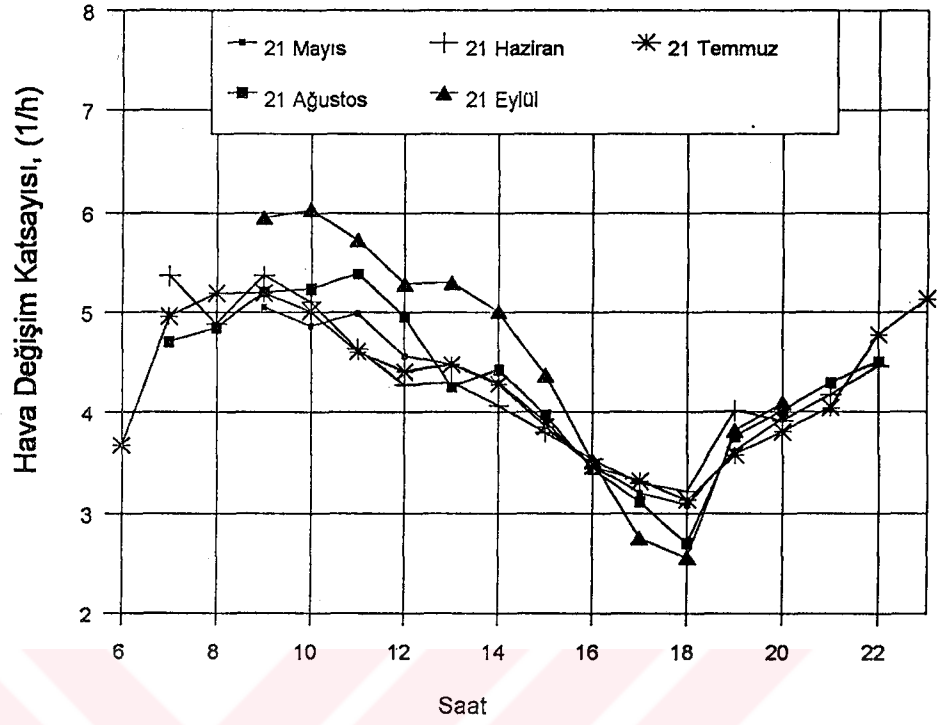
Şekil 26. Bağıl Nemin Gün Boyunca Değişimi

BAĞIL NEM DURUMU



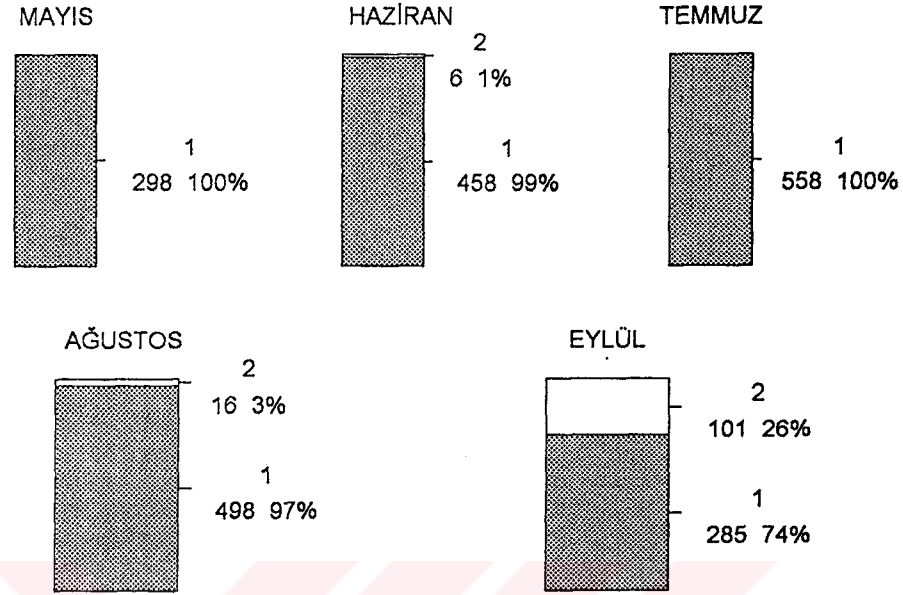
Şekil 27. Soğutma Sezonu Boyunca İç Bağıl Nem Genel Durumunun Değişimi

Hava değişim katsayısı için soğutma sezonu boyunca 3. ve 4. duruma rastlanmamıştır. Hava değişim katsayısı için toplam saatin %94' lük kısmını 1.durum, % 6 'lık kısmını 2.durum oluşturmaktadır. Şekil 28' de hava değişim katsayısının gün boyunca değişimi gösterilmiştir. Şekil 29' da ise hava değişim katsayısının genel durumu gösterilmiştir.



Şekil 28. Hava Değişim Katsayısının Gün Boyunca Değişimi

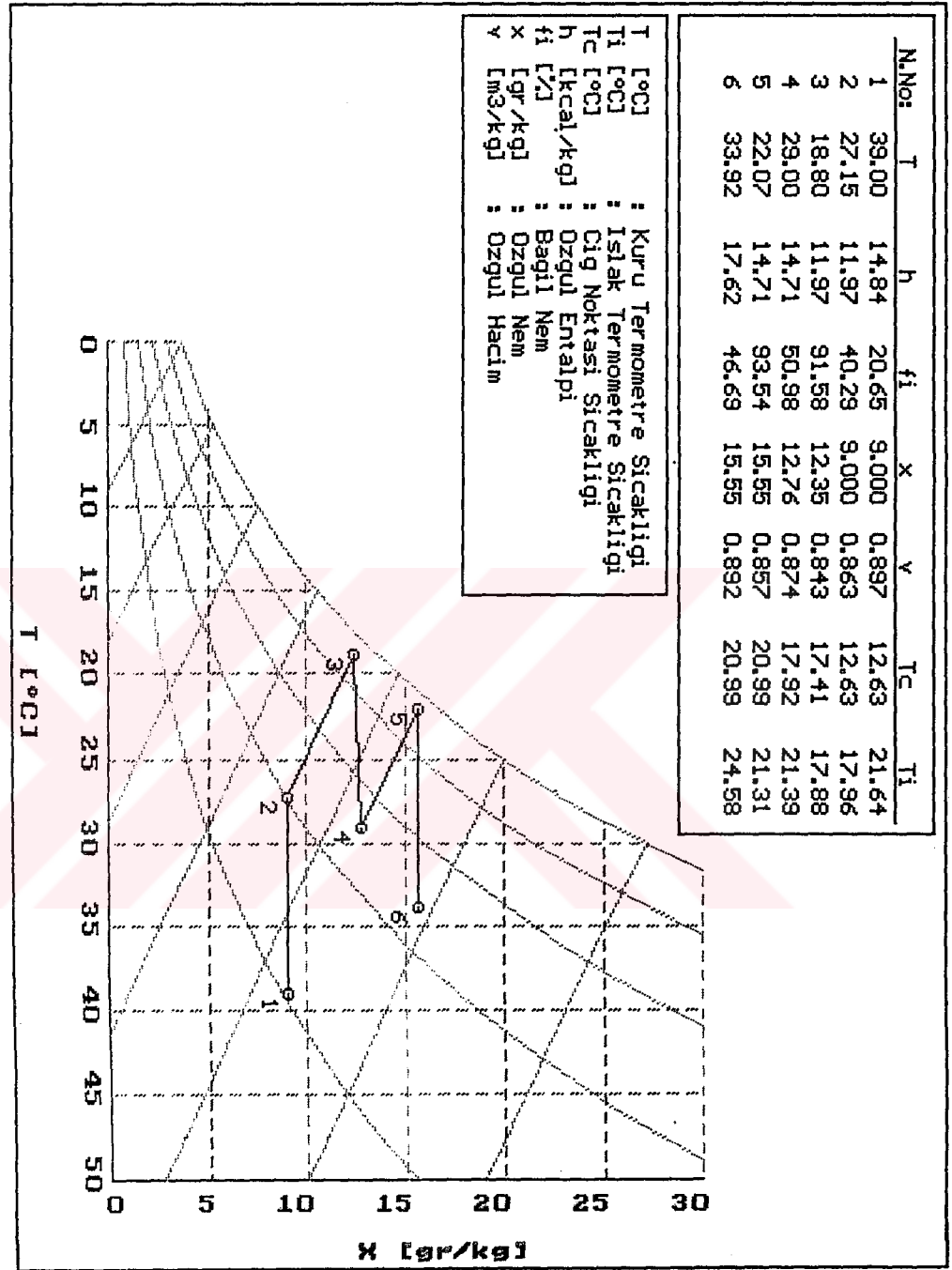
HAVA DEĞİŞİM KATSAYISI DURUMU



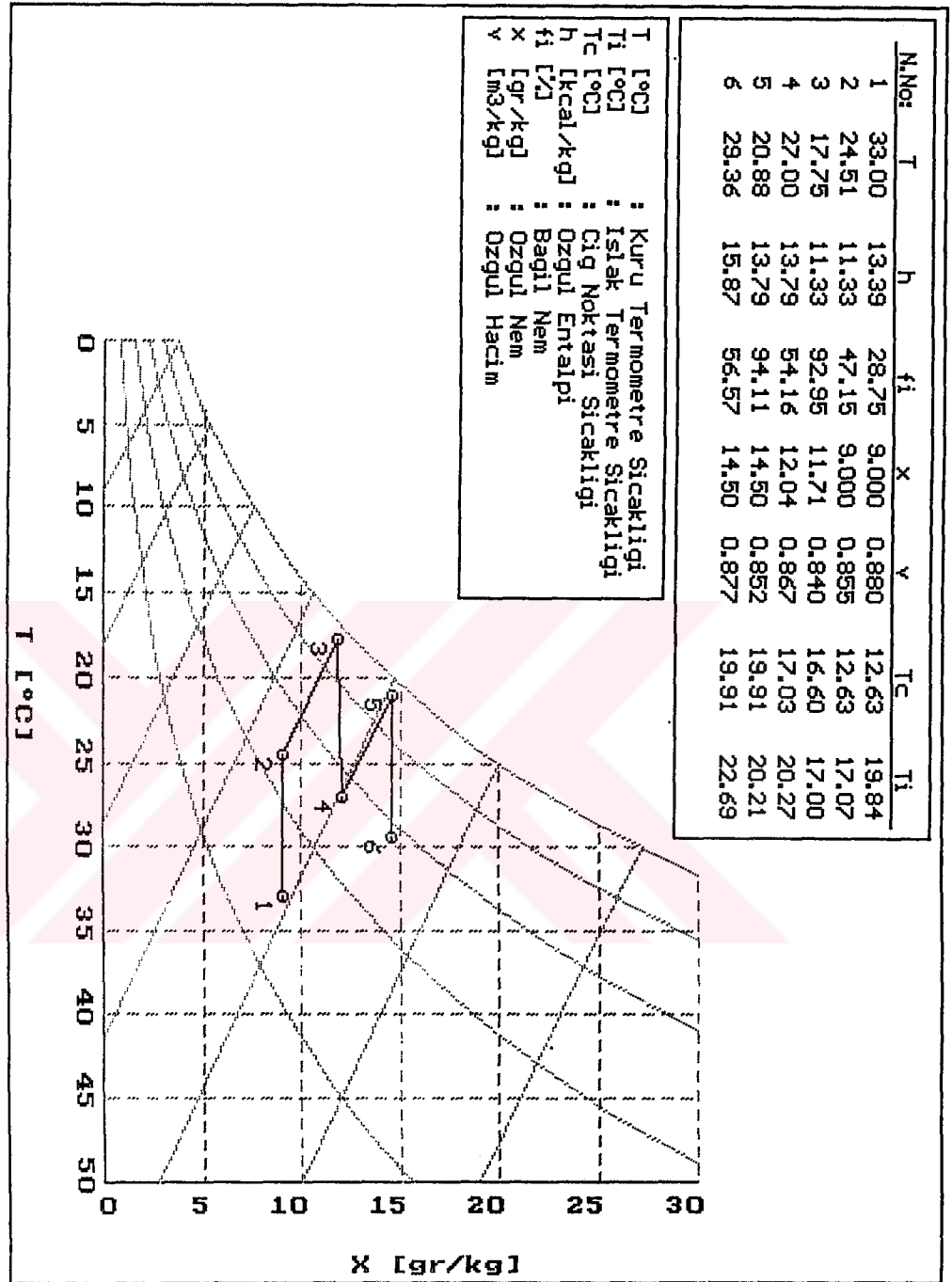
Şekil 29. Hava Değişim Katsayısının Soğutma Sezonu Boyunca Değişimi

Şekil 30' da 141. gün (21 mayıs) saat 14 , şekil 31' de 172.gün (21 haziran) saat 14, şekil 32' de 202. gün (21 temmuz) saat 14 , şekil 33' te 233. gün (21 ağustos) saat 10 ve şekil 34' te 264. gün (21 eylül) saat 20 için sistemin psikrometrik diyagramdaki durumu gösterilmiştir.

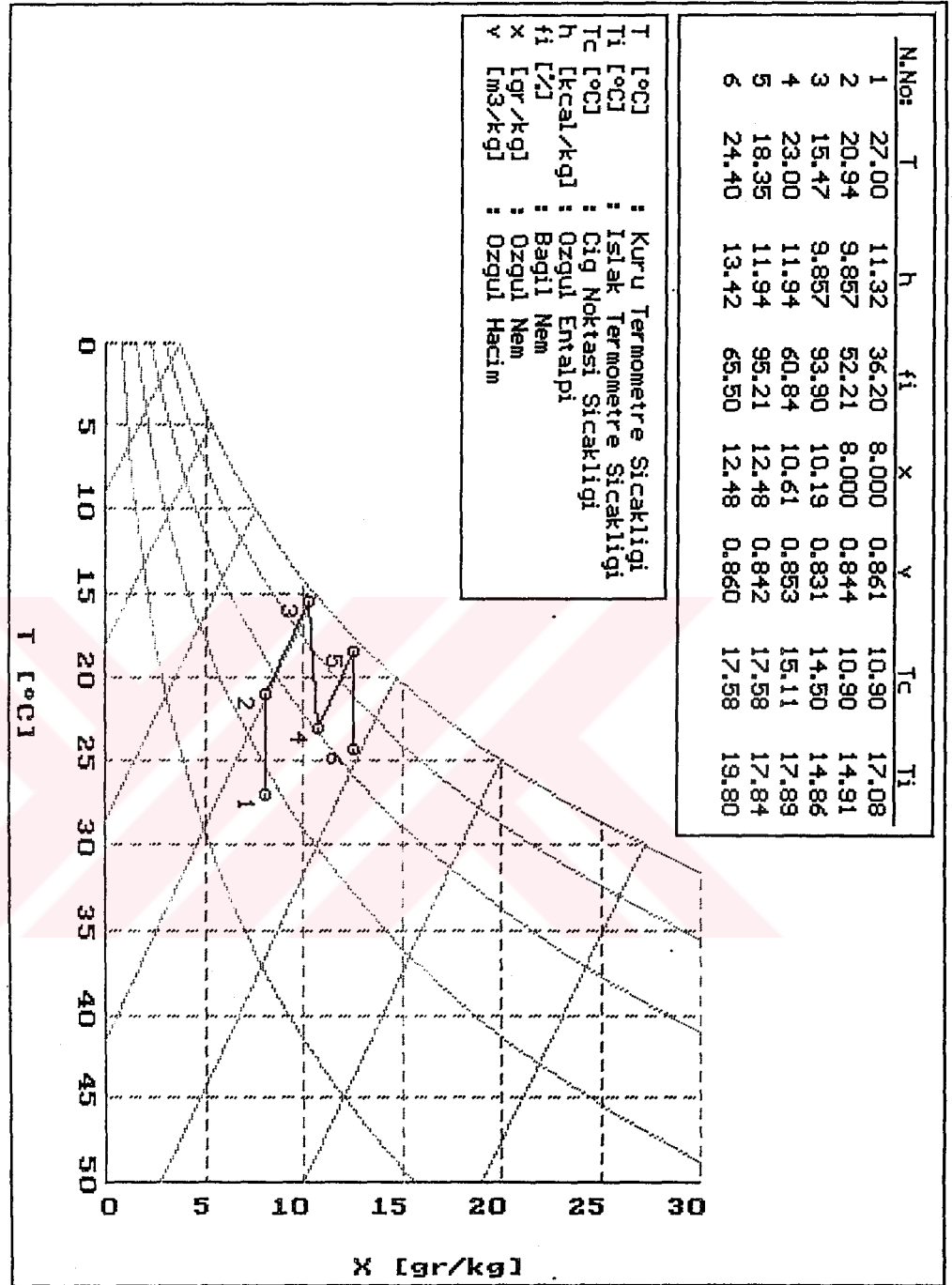
Sonuç olarak çift buharlaştırmalı soğutma sistemi bina iç ısı kazancının yüksek ve düşük değerlerde olması durumlarında konfor şartı olarak iç ortam sıcaklığını, iç ortam bağıl nemini ve hava değişim katsayısını sağladığı tespit edilmiştir.



Şekil 32. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 202. Gün Saat 14 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi



Şekil 33. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 233. Gün Saat 10 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi



Şekil 34. İç Isı Kazancının Düşük Olması Durumunda 264. Gün Saat 20 İçin Sistemin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklimlendirmenin temel amacı insanlara rahat bir ortam sağlamasıdır. Konfor şartları olarak iç ortam sıcaklığının, neminin, hava hareketinin ve temizlik yönünden hava kalitesinin belli değerlerde olması gerekir. Bu konfor şartlarını sağlamak için bir çok soğutma sistemi mevcuttur. Ancak çevreyle olan etkileşim ve ekonomik sebepler sistem seçiminde önemli rol oynamaktadır. Çevre sorunlarının ve enerji darboğazının gündemde olduğu günümüzde konvansiyonel soğutma sistemlerinin dışında çevreyle uyumlu ekonomik alternatif sistemlerin araştırılması gerekir. Bu çerçevede önerilen çift buharlaştırmalı soğutma sisteminin yurdumuzun Güneydoğu Anadolu Bölgesi için uygunluğu ve uygulanabilirliği yapılan araştırmayla tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmada önerilen sistemin iç ortam sıcaklığını konfor şartlarındaki değerlerde tuttuğu , iç bağıl nemin %50-% 70 arasında değiştiği bunun da konfor şartları açısından tatminkar olduğu tespit edilmiştir. İç ortamdaki hava hareketi incelendiğinde hava değişim katsayısının normal değerler arasında olduğu gözlenmiştir. Hava değişim katsayısı duruma göre 3-15 arasında değişmektedir. Böyle sıcak bir bölgede hava değişim katsayısının bu değerlerde olması konfor açısından yeterlidir. Ayrıca sistemin sadece dış hava ile çalışması ve iç ortama taze ve temiz hava vermesi sistemin uygunluğu açısından fevkalade önemlidir.

Sonuç olarak çift buharlaştırmalı soğutma sisteminin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tüm konfor şartlarını sağlayacağı görülmüştür. Bundan sonra sistemin pilot yerlerde devreye sokulmasıyla Güneydoğu Anadolu Bölgesi ucuz, konforlu ve çevreyle uyumlu bir soğutma sistemine kavuşabilecektir. Ayrıca öneri olarak, diğer bölgeler için buharlaştırmalı soğutma sistemleri araştırılabilir.

ÖZET

Sıcak ve kurak bir iklimde sahip Güneydoğu Anadolu Bölgesi için alternatif soğutma sistemi olarak çift buharlaştırma soğutma sistemi önerilmiş ve sistemin konfor şartlarını sağlayıp sağlamadığı teorik olarak incelenmiştir.

Önerilen sistemin uygunluğunu tespit etmek için dikkatli ve kesin bir enerji analizinin yapılması gerekir. Binaların ısı alışverişlerinde dış iklim şartlarının etkisi büyüktür. Bu nedenle Güneydoğu Anadolu bölgesinin ve GAP' ın önemli bir şehri olan Şanlıurfa meteorolojik değerleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilen 1980-1993 yılları arası 14 yıllık meteorolojik değerleri gözönüne alınarak sürekli fonksiyonlarla ifade edilmiştir. Eşitlikler günlük mutlak nem, günlük maksimum sıcaklık, günlük minimum sıcaklık, saatlik sıcaklık ve günlük yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı için çıkarılmışlardır. Örnek bir bina için soğutma sezonu (1 Mayıs - 30 Eylül) boyunca anlık ısı kazancını hesaplamak için bilgisayar programı geliştirilmiştir. Daha sonra binanın anlık ısı kazancının karşılanması durumu ve dış iklim koşulları göz önüne alınarak önerilen sistemin psikrometrik diyagram yardımıyla bilgisayar simülasyonu yapılmıştır. Yapılan incelemede iç ortam sıcaklığının , iç bağıl nemin ve hava değişim katsayısının istenen değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çift buharlaştırma soğutma sisteminin Güneydoğu Anadolu Bölgesi için uygunluğu ve uygulanabilirliği tespit edilmiştir.

SUMMARY

In this study, the double evaporative cooling system has been suggested as an alternative cooling system for the region of South-Eastern Anatolia which has an arid climate. The investigation should find whether this system provides comfort conditions or not.

It is necessary to do careful and accurate energy analysis for determining the suitability of proposed system. Outdoor climate has a great influence on the heat gains of buildings. Because of these, climate data of the city of Şanlıurfa which is one of the main provinces of South-Eastern Anatolia are described with mathematical functions. The necessary data were taken from DMI (State Meteorological Office) for 14 years between 1980 and 1993. Equations were given for daily absolute humidity, daily maximum temperature, daily minimum temperature and daily total solar radiation on horizontal surface. A computer program has been developed for calculating the hourly heat gain of a sample building during cooling season (1 May - 30 September). With regard to the heat gain of the sample building and outdoor climate conditions, the proposed system was evaluated by means of a computer program of psychometric chart. The results of computer simulation were examined. It has been found that indoor temperature, indoor relative humidity and air changes per hour are satisfactory. Consequently, it has been ascertained that the double evaporative cooling system is suitable and applicable for the region of South-Eastern Anatolia.

EK.1. CAMDAN GELEN ISI KAZANCINI HESAPLAYAN BİLGİSAYAR PROGRAMI

```

program CamRadyasyon;
uses crt;
const
pi=3.141592654;
Is=1353;
var
f,dek,rc,en,dc,tane,tand,tan,ws,I0,b,Iy,tg,tgi,ats,Ays,Iys,Ids,
w,cost,tetay,Qg,gama,costed,tetad,rd,Ide,Iya,Iye,BUL1,BUL2:real;
Tmin,Tmax,mins,maxs,Ig,al,ti,Qkon:real;
i,t,n:integer;
Its:Array[121..273,1..24] of real;
Qge:Array[121..273,1..24] of real;
Td:Array[121..273,1..24] of real;
out:text;

function tod(x:real):real;
begin
tod:=0.88-7.39e-3*x+3.48e-4*sqr(x)-4.137e-6*sqr(x)*x;
end;
{$M 65520,200000,600666}
BEGIN
ASSIGN(OUT,'camson.DAT');
append(OUT);
rc:=pi/180;
en:=37.08*rc;
dc:=180/pi;
FOR I:=1 TO 4 DO
BEGIN
for n:=121 to 273 do
begin
TMAX:=25-14*(COS(2*PI*(n-25)/365));
TMIN:=13.5-10*(COS(2*PI*(n-26)/365));
Ig:=18.5-9*Cos(2*pi*(n+4)/365);
f:=1+0.033*cos(2*pi*n/365);

dek:=23.45*sin(2*pi*(n+284)/365);
dek:=dek*rc;
tane:=sin(en)/cos(en);
tand:=sin(dek)/cos(dek);
tan:=-1*(tane*tand);
if dek=0 then
begin
ws:=pi/2;
end
else

```

```

begin
  ws:=ArcTan(sqrt(1-sqr(tan))/tan);
  if tan<0 then ws:=pi+ArcTan(sqrt(1-sqr(tan))/tan);
  end;
I0:=(3600/pi)*24*Is*f*((cos(en)*cos(dek)*sin(ws))+(ws*sin(en)*sin(dek)))*1e-6;
b:=Ig/I0;
{yatay duzleme gelen gunluk yaygin ışınım}
Iy:=Ig*sqr((1-b))*(1+3*sqr(b));
tg:=2*ws*dc/15;
  MINS:=12-(TG/2);
  MAXS:=12+((MINS*(12-MINS)/13.5));
{yatay duzleme gelen anlık ışınım}
for t:=1 to 24 do
  begin
    Td[n,t]:=TMIN+(TMAX-TMIN)*(SIN(PI*(t-MINS)/(2*(MAXS-
MINS))));
    tgi:=1.25*(exp(0.875*ln(tg)));
    ats:=(pi*Ig)/(2*tgi);
    {toplama anlık ışınım}
    Its[n,t]:=ats*Cos(pi*(t-12)/tgi);
    {anlık yaygin ışınım}
    ays:=(pi*Iy)/(2*tg);
    Iys:=ays*cos(pi*(t-12)/tg);
    {anlık direk ışınım}
    Ids:=Its[n,t]-Iys;
    {yatay saydam yuzeyden gezen ışınım}
    w:=(t-12)*15*rc;
    cost:=(sin(dek)*sin(en))+cos(dek)*cos(en)*cos(w));
    tetay:=ArcTan(sqrt(1-sqr(cost))/cost);
    tetay:=tetay*dc;

    {
      Qg:=Its[n,t]*(1000/4.1868);
      Writeln('yatay camdan saat',t,'gecen ışınım',Qg:5:4);}
    {Dik yuzeylere gelen ışınım}
    gama:=(-90+(i-1)*90)*rc;
    bul1:=(cos(dek)*sin(en)*cos(gama)*cos(w));
    BUL2:=(cos(dek)*sin(gama)*sin(w))-(sin(dek)*cos(en)*cos(gama));
    costed:=bul1+bul2;
    tetad:=ArcTan(sqrt(1-sqr(costed))/costed);
    tetad:=tetad*dc;
    rd:=costed/cost;
    if rd<0 then rd:=0;
    {dik yuzeye gelen anlık direk ışınım}
    Ide:=rd*Ids;
    {dik yuzeye gelen yaygin ışınım}
    Iye:=0.5*Iys;
    {dik yuzeye gelen yansıyan ışınım}
    Iya:=Its[n,t]*0.1;

```

```

Ti:= 10+0.5*Td[n,t];
if i=1 then al:=12.5;
if i=2 then al:=24;
if i=3 then al:=0;
if i=4 then al:=12.5;
{yüzeye gelen toplam güneş ışınımı}
Qge[n,t]:=(Tod(tetad)*Ide+0.79*(Iye+Iya))*(1000/4.1868);
if Qge[n,t]<0 then Qge[n,t]:=0;
Qge[n,t]:=al*Qge[n,t];

Qkon:=4.5*al*(Td[n,t]-Ti);
Qge[n,t]:=Qge[n,t]+Qkon;
{Writeln(n,' gun',i,'i'nin saat',t,'gecen ışıınıım ',Qge[n,t]:7:4);}
Writeln(i:4,n:7,t:5,' ',Qge[n,t]:7:0);
Writeln(out,i:4,n:7,t:5,' ',Qge[n,t]:7:0);
end;{i i'nin}
end;{t i'nin}
end;{n i'nin}
      readln;
      close(out);
END.{program}

```

EK.2. EŞDEĞER SICAKLIK FARKI METODUYLA ISI KAZANCINI BULAN BİLGİSAYAR PRORRAMI

```

program Isinim;
  uses crt;

  procedure rad;
  const
    pi=3.141592654;
    Is=1353;
  var
    f,dek,rc,en,dc,tane,tand,tan,ws,I0,b,Iy,tg,tgi,ats,Ays,Iys,Ids,
    mins,maxs,tmin,tmax,gb,tst,ff,ti,al,
    w,cost,tetay,Qg,gama,costed,rd,Ide,Iya,Iye,BUL1,bul3:real;
    i,t,n,m:integer;
    Ig: real;
    Td:array[121..273,1..24] of real;
    Its:real;
    Qge:Array[121..273,1..24] of real;
    dt:Array[121..273,1..24] of real;
    ts:array[121..273,1..24] of real;
    tsm:array[121..273] of real;
    out:text;
    {$M 65520,200000,600666}
  BEGIN
    assign(out,'detson.dat');
    append(out);

    { Clrscr;}
    rc:=pi/180;
    en:=37.08*rc;
    dc:=180/pi;
    for i:=4 to 4 do
    begin
      for n:=121 to 273 do
      begin
        Ig:=18.5-9*cos(2*pi*(n+4)/365);
        f:=1+0.033*cos(2*pi*n/365);

        dek:=23.45*sin(2*pi*(n+284)/365);

        dek:=dek*rc;

        tane:=sin(en)/cos(en);
        tand:=sin(dek)/cos(dek);
        tan:=-1*(tane*tand);
        if dek=0 then
        begin

```

```

ws:=pi/2;
end
else
begin
ws:=ArcTan(sqrt(1-sqr(tan))/tan);
if tan<0 then ws:=pi+ArcTan(sqrt(1-sqr(tan))/tan);
end;
I0:=(3600/pi)*24*Is*f*((cos(en)*cos(dek)*sin(ws))+(ws*sin(en)*sin(dek)))*1e-6;
b:=Ig/I0;
{yatay duzleme gelen gunluk yaygin ışınım}
Iy:=Ig*sqr((1-b))*(1+3*sqr(b));
{yatay duzleme gelen anlık ışınım}
TMAX:=25-14*(COS(2*PI*(n-25)/365));
TMIN:=13.5-10*(COS(2*PI*(n-26)/365));
tg:=2*ws*dc/15;
MINS:=12-(TG/2);
gb:=12+(tg/2);
MAXS:=12+((MINS*(12-MINS)/13.5));
tst:=0;
for t:=1 to 24 do
begin
Td[n,t]:=TMIN+(TMAX-TMIN)*(SIN(PI*(t-MINS)/(2*(MAXS-
MINS))));

tgi:=1.25*(exp(0.875*ln(tg)));
ats:=(pi*Ig)/(2*tgi);
{toplama anlık ışınım}
Its:=ats*Cos(pi*(t-12)/tgi);
{anlık yaygin ışınım}
ays:=(pi*Iy)/(2*tg);
Iys:=ays*cos(pi*(t-12)/tg);
{anlık direk ışınım}
Ids:=Its-Iys;
{yatay saydam yuzeyden gecen ışınım}
w:=(t-12)*15*rc;
cost:=(sin(dek)*sin(en))+cos(dek)*cos(en)*cos(w);
tetay:=ArcTan(sqrt(1-sqr(cost))/cost);
tetay:=tetay*dc;

gama:=(-90+(i-1)*90)*rc;
bul1:=(cos(dek)*sin(en)*cos(gama)*cos(w))+cos(dek)*sin(gama)*sin(w);
bul3:=(sin(dek)*cos(en)*cos(gama));
costed:=bul1-bul3;
rd:=costed/cost;
if rd<0 then rd:=0;
{dik yuzeye gelen anlık direk ışınım}
Ide:=rd*Ids;
{dik yuzeye gelen yaygin ışınım}

```

```

Iye:=0.5*Iys;
{dik yuzeye gelen yansıyan ışınım}
Iya:=Its*0.1;
{yüzeğe gelen toplam güneş ışınım}
  Qge[n,t]:=(Ide+(Iye+Iya))*(1000/4.1868);
  if Qge[n,t]<0 then Qge[n,t]:=0;
  Ts[n,t]:=td[n,t];
  tst:=tst+ts[n,t];

  if i=1 then ff:=0.4687 ;
  if i=2 then ff:=0.5418;
  if i=3 then ff:=0.48;
  if i=4 then ff:=0.51;
  if i=1 then al:=34.75;
  if i=2 then al:=82.2;
  if i=3 then al:=47.25;
  if i=4 then al:=25.125;
end;{t i için}
  tsm[n]:=tst/24;
end;{n i için}
{ readln;}
for n:=121 to 273 do
  begin
    for t:=1 to 24 do
      begin
        if (t>5) then m:=t-5;
        if t<=5 then m:=t-5+24;

        ti:=td[n,t]*0.5+10;
        dt[n,t]:=(tsm[n]-ti)+(ff*(ts[n,m]-tsm[n]));

        dt[n,t]:=1.5*al*dt[n,t];
        writeln(i:4,n:5,t:5,dt[n,t]:9:0);
        writeln(out,i:4,n:5,t:5,dt[n,t]:9:0);

        end;
      end;
    END;{i}
close(out);
END;{procedure}

  begin
    clrscr;
    textbackground(blue);
    rad;
    readln;
    end.

```

KAYNAKLAR

KREIDER, J. F. , RABL, A. , (1994). Heating and Cooling of Building, Design for Efficiency, McGraw Hill, International Edition.

HARRIS, C.N., (1983). Modern Air Conditioning Practice, McGraw Hill, International Student Edition.

ÇENGEL, Y.A., BOLES, M.A., (1994). Thermodynamics, An Engineering Approach, McGraw Hill, International Edition.

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

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

SUPPLE, R.G., (1982). Evaporative Cooling For Comfort, ASHRAE- Journal August, pp.49-54.

SCOLFIELD, C.M., STERLING, E.,(1992). Dry Climate Evaporative Cooling With Refrigeration Backup, ASHRAE- Journal June, pp.49-54.

COLDICUTT, S., WILLIAMSON, T.J.,(1986), A Comparison of Domestic Evaporative and Refrigerative Cooling In South Australia, Architectural Science Review , Vol.29., pp.41- 49.

WHITE, G., (1989). The Use of Evaporation at Royal Darwin Hospital , Australian-Refrigeration-Air-Conditioning-and-Heating, Vol.43, No.2, pp.18-23.

KORAL, R.L., CROW, L.W., WATT, J.R., (1986). Evaporative Air Conditioning Handbook, Chapman and Hall, London.

LU, Y., LIU, W., (1991). A Suitability Analysis of The Application of Indirect/Direct Evaporative Cooling System In Some Chinese Cities, Harbin Architectural and Civil Engineering Institute, China.

LAWRENCE, S.A., TIWARI, G.N., (1989). Performance Study of An Evaporative Cooling System For A Typical House In Port Moresby, Solar and Wind Technology, Vol.6, No.6, pp.717-724.

SAPÇI, M., (1991). Development of Interactive Heating, Ventilating and Air Conditioning Process Design Package For Most Suitable Selection, A Master's Thesis In Mechanical Engineering METU, Ankara.

BEĞAKI, H., R., (1992). Binaların Periyodik Isı Yükleriyle Isıtılmasının Konfor Şartlarına Etkisi, Master tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

YILMAZ, T., BULUT, H., (1996). Şanlıurfa İli İçin Meteorolojik Değerlerin Günlük, Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi, 4. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, s.188-198, Adana.

YILMAZ, T., ÜNAL, Ş., CİHAN, E., (1994). Nemli Havanın Durum Değişimlerinin Bilgisayar Yardımı İle Hesaplanması, 3. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, s.325-332, Adana.

CANSOY, S., (1989). Psikrometrik Diyagramda Çözümlü Problemler, Öğün Yayınları, Ankara.

ÖNEN, E., (1985). Havalandırma ve Klima Tesisatı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

TAMER, Ş.,(1972). Klima ve Havalandırma, Meteksan A.Ş., Ankara.

GENCELİ, O.F.,(1992). İklimlendirme Esasları, 2. baskı,İ.T.Ü. Makina Fakültesi , Ofset Atölyesi, İstanbul.

ANONİM, (1993). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Şanlıurfa 1980-1993 Meteorolojik Değerleri.

DERİŞ,N., (1979). Güneş Enerjili Sıcak Su ile Isıtma Tekniği, Sermet Matbaası, İstanbul.

DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A., (1974). Solar Energy Thermal Processes, John & Sons, Inc., New York.

JALAYERIAN, M.K., BURMEISTER, L.C., (1986). Solar Flux Enhancement on a Tilted Surface by a Vertical South Wall, Solar Energy, Vol. 36, No.5, pp 437-441.

KILIÇ, A., ÖZTÜRK, A., (1983). Güneş Enerjisi , Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul.

OĞULATA, R.T., (1987). Yaz Klimasında Isı Kazancının Teorik - Nümerik Hesaplanması , Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim süresince çalışmalarım da bana yardımcı olup, araştırmalarım a yön veren Sayın Hocam Prof. Dr. Ing. Tuncay YILMAZ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Öğr. Gör. Şaban ÜNAL'a, Uzman Muammer ÖZGÖREN'e ve Ç.Ü. Makina Mühendisliği Bölümündeki tüm arkadaşlarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.



ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Batman' da tamamladım. 1993 yılında Ç.Ü. Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldum. Aynı yıl Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladım. Halen aynı bölümde Araştırma Görevlisiyim.

