

BİR OFİS BİNASININ DEĞİŞKEN HAVA DEBİLİ İKLİMLENDİRME SİSTEMİNİN MODELLENMESİ VE KONTROLÜ

Sami YILMAZ
Afşin GÜNGÖR
Şeniz F. ERTUĞRUL
Nurdil ESKİN

ÖZET

Bu çalışmada bir ofis binası için değişken hava debili iklimlendirme sisteminin modellenmesi simülasyonu ve kontrolü yapılmıştır. Yapılan modelde göz önüne alınan ofis binasını oluşturan tüm zonlar, soğutucu ve nem alıcı serpantin, soğutma ünitesi, fan ve kanallar için bünye denklemleri çıkarılarak alt modeller oluşturulmuş ve değişken havalı iklimlendirme sisteminin tüm modeli elde edilmiştir. Modellerin bilgisayar ortamına aktarılmasında, Matlab\Simulink programlama dili kullanılmıştır. Matlab\Simulink program dilinde modellere ve kontrol sistemine ait blok diyagramlar oluşturularak bir bilgisayar programı hazırlanmış, oluşturulan blok diyagramları birbirleri ile ilişkilendirilerek tüm sistem modelinin bilgisayara aktarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemin zamana bağlı anlık çözümleri, her zonun ve modelde göz önüne alınan her iklimlendirme sistemi cihazının giriş ve çıkış değerlerinin, belirlenen konfor şartlarına göre kontrolü göz önüne alınarak elde edilmiştir. Simülasyon sonucunda sistemde, her noktada ve her zaman adımında sıcaklık, nem değerleri, enerji miktarları, hava ve su debileri ve zonalardaki konfor şartlarının sağlanması için gerekli damper açıklık oranları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde sunulmaktadır.

Anahtar Sözcükler : Değişken debili iklimlendirme sistemleri, modelleme ve simülasyon, PI kontrol

ABSTRACT

In this study, modeling, simulation and control of a VAV(Variable Air Volume System) has been done. For the studied office building, the structure equations for all of the zones, cooling and dehumidifying coil, chiller and storage tank, fan and ducts has been derived and all of the system model has completed. To transfer all of the models into computer, Matlab/Simulink programming language has been used. A computer program has been prepared in Matlab/Simulink by creating block diagrams and block diagrams connected to each other. The model of the system has been solved real time by considering the control of every input and output of the system device according to comfort conditions. As a result, in every point and in every time step, temperature, energy, air and water mass flow rates, and damper ratios has been solved. The solutions are given as graphs.

Keywords : Variable air volume systems, modeling and simulation, PI control

1. GİRİŞ

Günümüzde ofis ortamının konforunun, çalışanların iş verimliliklerini önemli oranda etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle ofis binalarında ortam koşullarının kontrolü ve tesisine bağlı çalışmalar son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Ofis amaçlı kullanılan binalarda kullanım amacına bağlı olarak, mahallerin sıcaklık ve nem koşulları büyük değişiklikler gösterebilir. Bu nedenle farklı taleplere bağlı olarak iklimlendirme sistemlerinin esnek çalışma şartlarına göre yapılacak tasarımları gerek ilk yatırım maliyetlerini ve gerekse işletme maliyetlerini önemli oranda düşürmektedir. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve buna bağlı olarak sistem simülasyonu programlarının geliştirilmesi iklimlendirme sistemlerinin bilgisayar ortamına taşınmasına izin vermiştir. İklimlendirme sistemlerinin incelenmesinde, denenmesinde ve geliştirilmesinde, modelleme ve benzetim yöntemlerinin kullanılması, tasarım maliyetlerini azaltacağı gibi, tasarım sürecini de kısaltacaktır. Ayrıca benzetimi yapılan sistemlerin iyileştirilmesi de daha kolay olacaktır.

Enerji tüketimini azaltması nedeniyle, günümüzde Değişken Hava Debili İklimlendirme Sistemleri (DHDS) önem kazanmıştır. Özellikle, mühendislik uygulamalarında bilgisayarın yaygınlaşması ile birlikte, Değişken Hava Debili İklimlendirme Sistemlerinin bilgisayar ortamında analize yönelik çalışmaları artmıştır. Fakat, bu konudaki çalışmalar daha ziyade ısı analiz yönünde olmakta, sistemin konfor şartlarına uygun kontrolünü de içeren çalışmalara uluslararası literatür de dâhil olmak üzere çok fazla rastlanmamaktadır[1]. Ancak bu tip sistemlerin bilgisayar ortamında modellenmesi, simülasyonu, analiz ve geliştirme çalışmaları, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına, inceleme, deneme ve geliştirme sürecinin kısaltılmasına ve böylece daha verimli sistemler tasarlanmasına yol açacaktır.

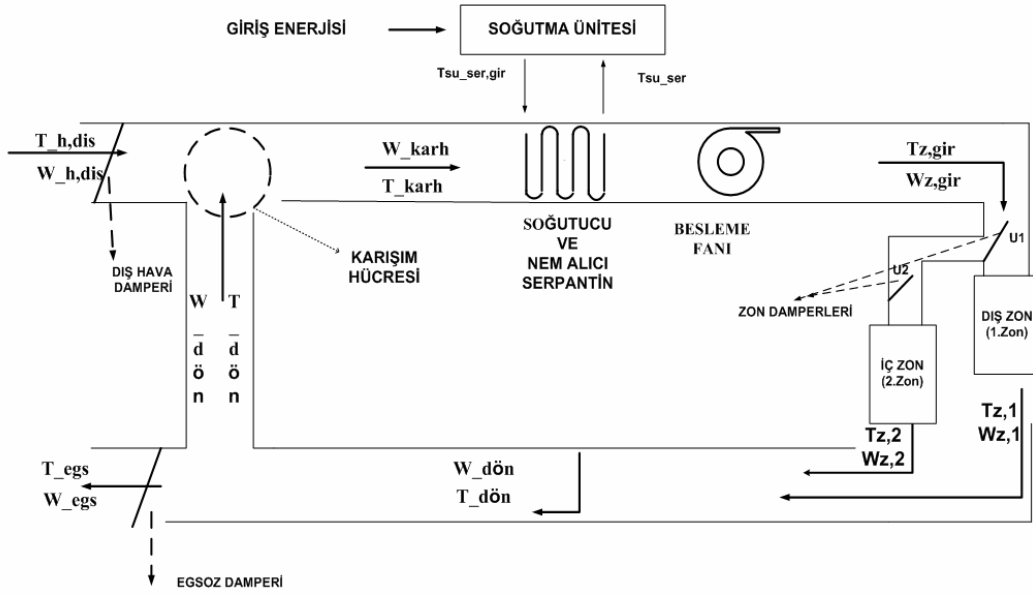
Bu çalışmada bir ofis binası için değişken hava debili iklimlendirme sisteminin modellenmesi simülasyonu ve kontrolü yapılmıştır. Yapılan modelde göz önüne alınan ofis binasını oluşturan tüm zonlar, soğutucu ve nem alıcı serpantin, soğutma ünitesi fan ve kanallar için bünye denklemleri çıkarılarak alt modeller oluşturulmuş ve değişken havalı iklimlendirme sisteminin tüm modeli elde edilmiştir. Modellerin bilgisayar ortamına aktarılmasında, Matlab\Simulink programlama dili kullanılmıştır. Matlab\Simulink program dilinde hazırlanan bilgisayar programı vasıtasıyla modellere ve kontrol sistemine ait blok diyagramlar oluşturulmuş, blok diyagramları birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. Sistemin anlık çözümleri, her zonun ve modelde göz önüne alınan her iklimlendirme sistemi cihazının giriş ve çıkış değerlerinin belirlenen konfor şartlarına göre kontrolü zamana bağlı olarak göz önüne alınarak elde edilmiştir. Simülasyon sonucunda sistemde her noktada ve her zaman adımında sıcaklık, nem değerleri, enerji miktarları, hava ve su debileri ve zonlardaki konfor şartlarının sağlanması için gerekli damper açıklık oranları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde sunulmaktadır.

2. DHDS SİSTEMİNİN MODELLENMESİ

DHDS sistemlerinin geçici ve sürekli davranışları, sistemlerin kontrol edilebilirliği ve kontrol performansları oluşturulan model ve benzetim araçları ile incelenen analiz edilebilir ve enerji etkin sistemlerin tasarımı yapılabilir. Sistem modelinin oluşturulmasıyla kontrol organlarının klima tesisatı üzerindeki etkisi incelenebilir ve çalışma aralıkları en etkin biçimde belirlenebilir. Ayrıca, modellerini oluşturulması, mekanik sistem tasarım süresinin kısaltılması, sistemin etkin ve verimli çalışmasının sağlanabilmesi için gereklidir.

Bu çalışma kapsamında modellenen sistemin şematik diyagramı Şekil 1' de gösterilmiştir. Bu sistemin bileşenleri:

1. İklimlendirilecek Mahal
2. Soğutma ve Nem Alma Serpantini
3. Soğutma Ünitesi ve Depolama Tankı
4. Karışım Hücresi
5. Fan
6. Kanallar



Şekil 1. DHDS Sisteminin Şematik Gösterimi

2.1 Mahal Modeli

İklimlendirilmesi yapılan bir mahalın tüm bileşenlerinin hesaba katılarak matematik modelinin yapılması oldukça güçtür. Mahal içerisine beslenen havanın tüm dinamik özellikleri bilinse bile, mahal içerisinde hacim kaplayan tüm bileşenler bir ısı kaynağı veya bir ısı çekici olabilir. Mahal içerisinde bulunan insanların hareketliliği veya dış hava sıcaklıklarının mevsim normalleri dışına çıkması oluşturulan model üzerinde bozucu bir etki yaratabilir. Burada kullanılan mahal modelinde yapılan kabuller aşağıda sıralanmaktadır:

1. Oda içerisindeki hava hızı değişimlerinin basınca etkisi yoktur.
2. Dönüş kanalı dışında herhangi bir hava kaçağı yoktur.
3. Oda içerisindeki hava akışı düzgün dağılımlıdır.

Mahale ait süreklilik, enerji ve su buharı süreklilik denklemleri çıkartılmış (Tablo 1). Çalışmada ele alınan mahal dış ortamla temas halinde olan dış zon ile binada iç kısma karşılık gelen iç zon olarak iki zondan meydana gelmektedir. İç zon sadece çatı ve dış ortamla temas halindedir.

2.2 Çapraz Akışlı Dairesel Kanatlı Serpantin Modeli

Sistemde çapraz akışlı dairesel kesit kanatlı tip serpantin kullanılmıştır. Şekil 3' de sistemde kullanılan serpantin şematik gösterimi yer almaktadır.

Soğutucu ve nem alıcı serpantin modelenmesinde, serpantin kırk eş hacimli kontrol hacmine (hücre) bölünmüştür. Her kontrol hacmi için kütle ve enerji dengesi denklemleri oluşturulmuş ve ardından hücrelerin eklenmesiyle serpantin modeli elde edilmiştir. Modellemede

1. Serpantin dış ortama tamamen yalıtılmıştır.,
2. Hava akışı tek yönlüdür.
3. Serpantin üzerindeki hava hızı serpantin yüzeyi boyunca değişmez.
4. Bir hücre içinde, belirli bir anda su sıcaklığı hücrenin her yerinde aynıdır.
5. Serpantin boruları üzerinde yoğuşan suyun hava sıcaklığı üzerinde etkisi yoktur.

Kabulleri yapılmıştır. Yapılan bu kabuller altında, soğutma suyu için, serpantin yüzeyi için ve serpantinden geçen hava için enerji denklemleri ve serpantinden geçen hava için su buharı süreklilik denklemleri çıkarılmıştır. (Tablo 1)

Tablo 1. DHDS Sisteminin Modellenmesinde Kullanılan Denklemler

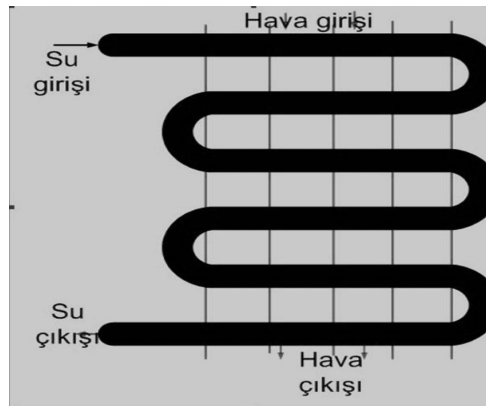
I. MAHAL (ZON) MODELİ	
i. Süreklilik Denklemi	
$\dot{m}_{h,gir} = \dot{m}_{h,çık} = \dot{m}_h$	(1)
ii. Su Buharı Süreklilik Denklemi	
$\frac{dW_{z,i}}{dt} = \frac{\dot{m}U_i(W_{z,i,gir} - W_{z,i})}{V_{z,i}\rho_h} + \frac{\dot{Q}_{giz,i}}{V_{z,i}\rho_h h_{sb}}$	(2)
iii. Enerji Dengesi Denklemi	
$\frac{dh_{z,i}}{dt} = \frac{\dot{m}U_i(h_{z,i,gir} - h_{z,i})}{V_{z,i}\rho_h} + \frac{\dot{Q}_{giz,i}}{V_{z,i}\rho_h} + \frac{\dot{Q}_{duy,i}}{V_{z,i}\rho_h}$	(3)
II. ÇAPRAZ AKIŞLI DAİRESEL KANATLI SERPANTİN MODELİ	
i. Su Buharı Süreklilik Denklemi	
$\frac{dW_{ser}}{dt} = \frac{\dot{m}(W_{ser,gir} - W_{ser})}{V_{ser}\rho_h} - \frac{m_{sb}}{V_{ser}\rho_h}$	
$m_{sb} = h_{yog} \lambda A_{yüz} (W_{ser} - W_{dkno})$	(4)
$W_{dkno} = 7,93 \cdot 10^{-3} + 3,1 \cdot 10^{-4} T_{yüz} + 7,5 \cdot 10^{-6} (T_{yüz} - 53)^2$	
ii. Soğutma Suyu için Enerji Dengesi Denklemi	
$\frac{dT_{su}}{dt} = \frac{\dot{m}(T_{su,gir} - T_{su})}{m_{su}} + \frac{ht_{ser,iç} A_{ser,iç} (T_{yüz} - T_{su})}{m_{su} c_{p_{su}}}$	(5)
iii. Boru Yüzeyi için Enerji Dengesi Denklemi	
$\frac{dT_{yüz}}{dt} = \frac{ht_{ser,iç} A_{ser,iç} (T_{su} - T_{yüz})}{m_{yüz} c_{p_{yüz}}} + \frac{ht_{ser,dış} A_{ser,dış} \eta_{kan} (T_h - T_{yüz})}{m_{yüz} c_{p_{yüz}}}$	(6)
iv. Hava için Enerji Dengesi Denklemi	
$\frac{dT_h}{dt} = \frac{\dot{m}_h (T_{h,gir} - T_{hava})}{m_h} - \frac{h_{ser,iç} A_{ser,iç} \eta_{kan} (T_h - T_{yüz})}{m_h c_{p_h}}$	(7)
II. SOĞUTMA ÜNİTESİ VE DEPOLAMA TANKI MODELİ	
$C_{ch} \frac{dT_{su,çık}}{dt} = -U_{ch} U_{max} STK - \dot{m}_{su} c_{p_{su}} (T_{su,çık} - T_{su,gir}) + a_{ch} (T_{\infty} - T_{su,çık})$	(8)
V. KANAL MODELİ	
i. Kanaldan Isı Kayıpları Denklemi	
$\frac{dT_{h,k}}{dt} = \frac{-\dot{m}_h c_{p_h} (T_{h,k} - T_{h,k,gir})}{\rho_k A_k L_k} + \frac{ht_k C_k (T_z - T_k)}{\rho_k A_k}$	(9)
ii. Kanaldan Sürtünme Kayıpları Denklemi	
$\Delta P_k = f_k \frac{L}{D_k} \rho_k \frac{v_h^2}{2}$	(10)
V. FAN MODELİ	
$\frac{dh_f}{dt} = \frac{\dot{m}(h_{ser,çık} - h_{z,i,gir})}{V_f \rho_h} - \frac{\dot{W}_f}{V_f \rho_h}$	(11)
VI. KARIŞIM HÜCRESİ	
i. Su Buharı Süreklilik Denklemi	
$(1-x)W_{dış} + x.W_{z,dön} = W_{kh}$	(12)
ii. Enerji Dengesi Denklemi	
$h_{kh} + W_{kh} h_{kh} = x.h_{z,dön} + x.W_{z,dön} h_{z,dön} + (1-x)h_{dış} + (1-x)W_{dış} h_{dış}$	(13)

Tablo. 2 Sembol Listesi

A	Alan (m ²)	m_{sb}	Yoğuşan Su Buharı Miktarı (kg/s)
a_{ch}	Tankın Isı Kaybı Katsayısı(W/°C)	ΔP	Basınç Kaybı (Pa)
C_{ch}	Soğutma Tankının Termal Kapasitesi	\dot{Q}	Soğutma Yüğü (W)
cp	Havanın Sabit Basınçta Özgöl Isısı	STK	Soğutma Tesir Katsayısı
ζ	Çevre(m)	T	Sıcaklık (°C)
D	Çap(m)	U	Damper Açıklığı
f	Sürtünme Kaybı Katsayısı	U_{ch}	Soğutma Ünitesine Verilen Kontrol Sinyali
h	Entalpi (J/kg)	U_{max}	Soğutma Ünitesine Verilen Maksimum Enerji(J)
h_{sb}	Doymuş sıvı-buhar entalpisi (J/kg)	V	Hacim(m ³)
h_{yog}	Yoğuşma Kütle Geçişi Katsayısı (kg/m ² s)	W	Özgöl Nem(kgsb/kgkh)
ht	Isı Taşınım Katsayısı (W/ m ² K)	W_{dkno}	Doyma Noktasındaki Kütle Nem Oranı(kgsb/kgkh)
L	Boy (m)	\dot{W}_f	Fan Gücü (W)
m	Kütle (kg)	ρ	Havanın Yoğunluğu (kg/ m ³)
\dot{m}	Kütleli Debi (kg/s)	η_{kan}	Kanat Etkenliği
λ	Serpantinin Nem Tutma Değeri	x	Taze Hava Karışım Oranı
v	Hız (m/s)		

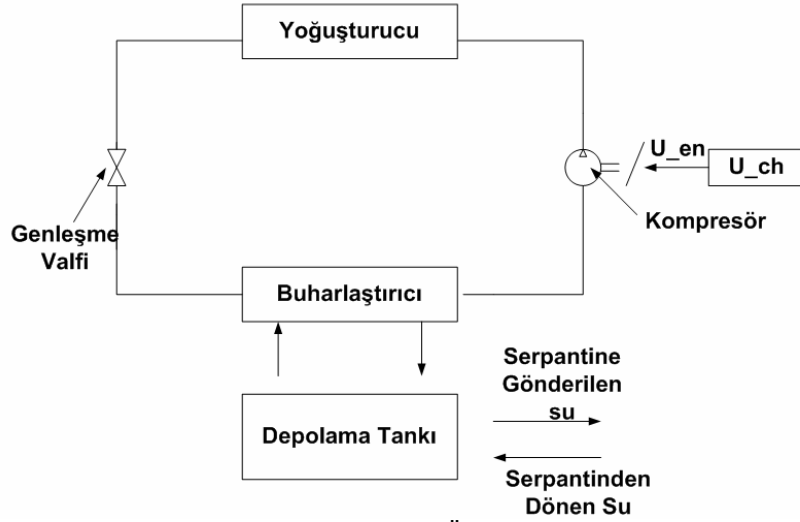
Alt indisler

$\mathit{çık}$	Çıkışa Ait	k	Kanala Ait
$\mathit{dön}$	Dönüşe Ait	kh	Karışım Hüccesine Ait
duy	Duyulur	ser	Serpantine Ait
f	Fana Ait	su	Suya Ait
giz	Gizli	$yüz$	Yüzeye Ait
gir	Girişe Ait	z	Zona Ait
h	Havaya Ait	∞	Dış Ortama Ait
$\mathit{iç}$	İç		

**Şekil 2.** Serpantin Şematik Gösterimi

2.4 Soğutma Ünitesi(Chiller) ve Depolama Tankı Modeli

Soğutma ünitesi ve depolama tankının modellenmesinde, depolama tankından çekilen su miktarının ve depolama tankının bulunduğu ortamın sıcaklığının sabit olduğu kabulü yapılmıştır. Bu kabuller altında oluşturulan denklemler, Tablo 1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Soğutma Ünitesinin Şematik Gösterimi

2.5 Kanal Modeli

Kanal sisteminin matematik modellemesi yapılırken,

1. Havanın kanaldan çıkış sıcaklığı kanal içindeki sıcaklığına eşittir.
2. Havanın tüm özellikleri, kanal kesiti boyunca değişmez.

Kabulleri yapılarak kanaldan enerji dengesi ve basınç kaybı denklemleri çıkartılmıştır. (Tablo 1)

2.6 Fan Modeli

Fanın bir iklimlendirme sisteminde, sistemdeki basınç kayıplarını karşılamaktır. Fan sisteminin matematik modellemesi yapılırken,

1. Sistem adyabatiktir.
2. Fan boyunca nem kazancı veya kaybı yoktur.

Kabulleri yapılarak fan için enerji dengesi denklemi çıkartılmıştır.(Tablo 1)

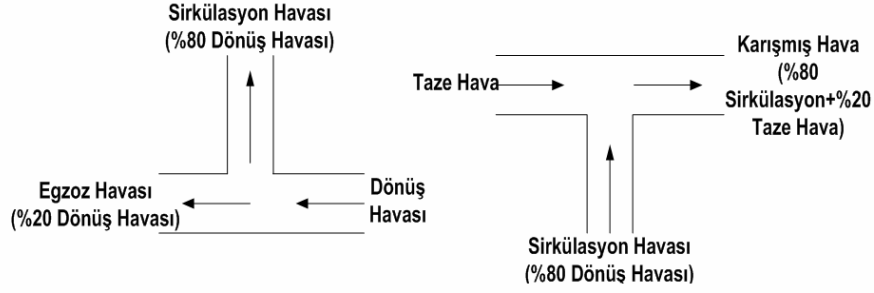
2.7 Karışım Hücresi Modeli

Şekil 4’ de görülmekte olan karışım hücresi, mahalden dönen havanın belli bir miktarıyla, dışarıdan alınan belli orandaki taze havanın karıştırıldığı kanal kısmıdır. Bu kısımda, konfor şartlarının gerektirdiği taze hava miktarı belirlenir.

Karışım hücresinin modellemesinde yapılan kabuller ise;

1. Sistem adyabatiktir.
2. Sistemdeki basınç kayıpları ihmal edilmiştir.

Bu kabuller altında elde edilen sistemin matematik modeli Tablo 1 de sunulmuştur.



Şekil 4. Karışım Hücresinin Şematik Gösterimi

3. DEĞİŞKEN HAVA DEBİLİ İKLİMLENDİRME SİSTEMİ SİMULASYONU

Benzetimi yapılmak üzere, 45 derece Kuzey enleminde (İstanbul ili) bulunan 300 m³ hacminde bir ofis binası seçilmiştir. Konfor şartlarının devamlı olarak sağlanabilmesi için, iklimlendirme sistemleri en kötü hal ilkesine göre tasarlanır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında ele alınan sistemin benzetimi, duyulur ve gizli soğutma yüklerinin maksimum olduğu 21 Temmuz gününün koşullarına göre yapılmıştır. Mahale ait soğutma yüklerinin zonlara bağlı anlık değerleri "Geçiş Fonksiyonu Yöntemi" ile hesaplanmasını sağlayan bilgisayar programından elde edilmiştir[2].

3.1 DHDS SİSTEMİNİN BİLGİSAYAR ORTAMINA AKTARILMASI

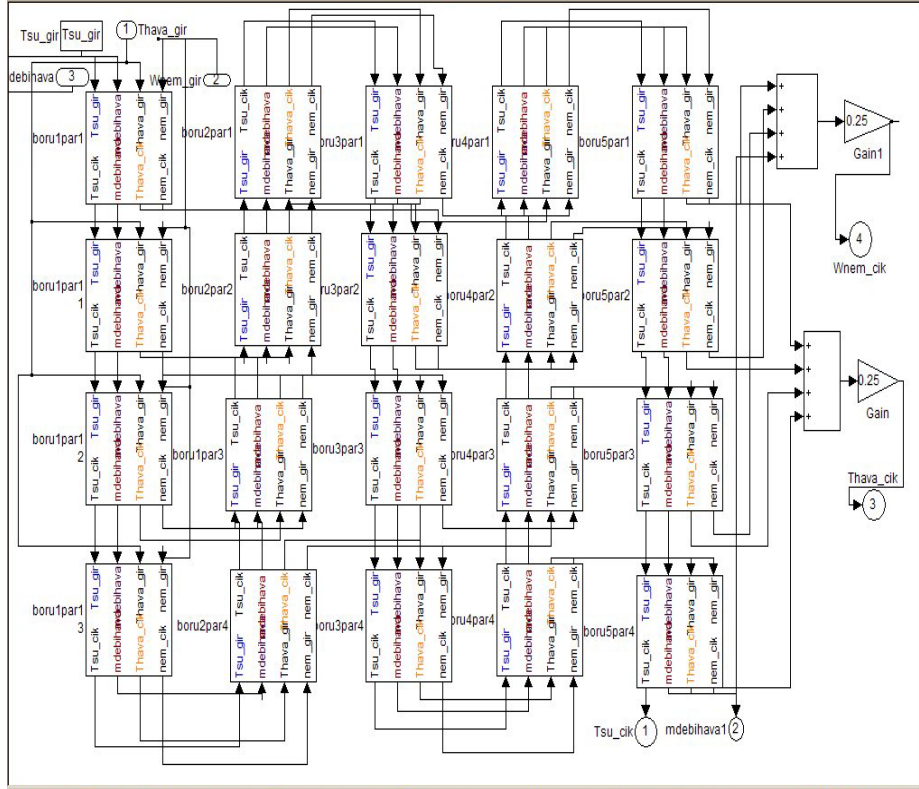
Bir ofis binası için matematik modellemesi yapılan değişken hava debili iklimlendirme sisteminin simülasyonunun yapılabilmesi için, sistem bilgisayar ortamına hazırlanan bir program vasıtasıyla aktarılmıştır. Her bir matematik model için Matlab\Simulink programlama diliyle blok diyagramları oluşturulmuş ve bu denklemler alt sistemler olarak kaydedilmiştir. Her bir alt sistemin birbiri ile ilişkilendirilmesiyle, değişken hava debili iklimlendirme sistemini oluşturan zonların ve sistem cihazlarının bilgisayar ortamındaki modelleri elde edilmiştir. Bu modellerin de birbirleriyle ilişkilendirilmesiyle, tüm sisteme ait model bilgisayar ortamında elde edilmiştir. Örnek olarak, Şekil 5'te serpantin hücrelerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ile oluşan serpantin modeli gösterilmiştir.

Oluşturulan her bir sistem bileşenine ve zonlara ait modellerin bilgisayar ortamında oluşturulan modelleri oldukça esnekler. İklimlendirme sistemi giriş verileri ve kontrol şartları, her bir iklimlendirme sistemi bileşenine ait bilgisayar modeli üzerinde oluşturulan bir ara yüz üzerinden değiştirilebilir. Çapraz akışlı dairesel kanatlı serpantin için oluşturulan arayüz Şekil 5'te örnek olarak gösterilmiştir

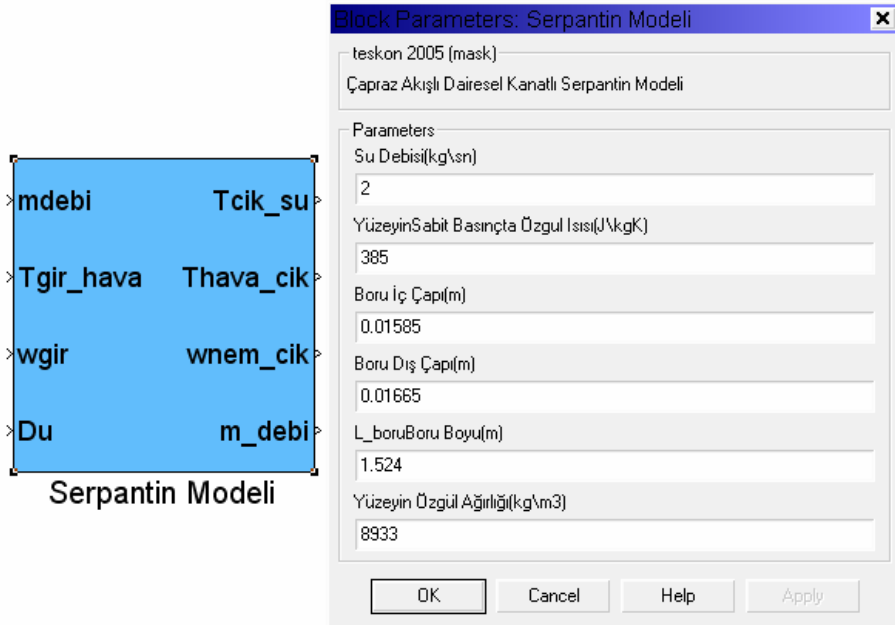
3.2 DHDS SİSTEMİNİN KONTROLÜ

Otomatik kontrol sisteminin amacı; mahal havası sıcaklığının ve özgül nem değerinin, istenilen referans değerini sağlayacak ölçüde kararlı yapıya oturmasıdır. İklimlendirme sistemlerinde istenen referans değerleri, Ashrae tarafından belirlenen konfor şartlarıdır. Ele alınan mahal için konfor şartları 25 °C sıcaklık ve % 60 bağıl nem olarak belirlenmiştir. Sisteme % 20 oranında taze hava alınmıştır. Gerekli konfor şartları, DHDS sistemlerinde, zonlara girişteki damperler vasıtasıyla hava debisi değiştirilerek yapılır. Damper aralığı bir kontrol organıyla istenilen referans değerlerine ulaşmak için artar ya da azalır. Modellenen sisteme denetim organı eklenerek kapalı döngü denetim uygulanmıştır. Bir kapalı-döngü denetim sistemi içinde denetim organının görevi, ölçme elemanı üzerinden geri beslenen çıkış büyüklüğünü, referans değerleriyle karşılaştırmak ve karşılaştırmadan ortaya çıkabilecek hata değerinin yapısına ve denetim etkisine bağlı olarak uygun bir kumanda ve denetim sinyali üretmektir. Bu çalışma kapsamında modellenen sistemde, DHDS sistemlerinde en sık kullanılan kontrol organı olması nedeniyle PI tipi kontrol organı seçilmiştir[3]. Tek kontrol değişkeniyle, sıcaklık ve nem olmak üzere iki referans değerine ulaşmak oldukça güçtür. Bu nedenle, kontrol organını katsayıları hassas olarak ayarlanmalıdır.

Bir sisteme otomatik kontrol uygulamadan önce sistemin koşulları ve gereksinimleri çok iyi analiz edilmelidir. Çalışma kapsamında ele alınan sistem iki zondur. Birinci zon yani dış zon, ofis çalışanlarının bulunduğu zondur. İkinci zon olarak adlandırılan iç zon ise, tuvaletler, kiler gibi sürekli kullanım alanı olarak kullanılmayan yerlerdir. Bu nedenle öncelikli olarak dış zon koşullarının belirlenen referans değerlerine ulaşması amaçlanmıştır. Kontrol sistemi tasarımı da bu bilgi göz önüne alınarak yapılmıştır.



Şekil 5. Matlab\Simulink Programlama Dilinde Oluşturulan Serpantin Modeli



Şekil 6. Serpantin Modeli için Oluşturulan Arayüz

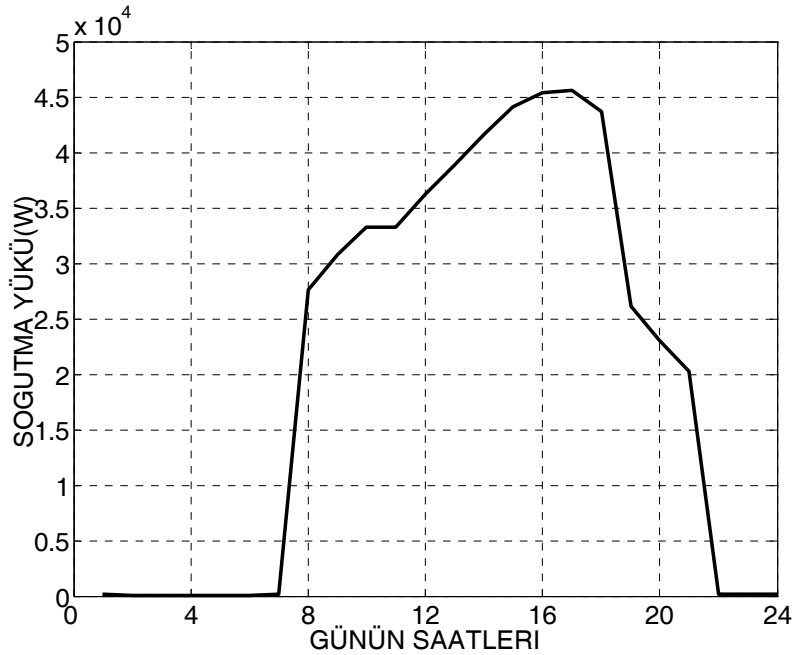
Kontrol edilen bir başka değer ise, serpantinde koşullandırılan ve odaya üflenen havanın sıcaklığıdır. Mahale çok düşük sıcaklıklarda hava vermek insan sağlığı açısından sakıncalıdır. Yüksek sıcaklıklarda hava verilmesi ise istenilen konfor şartlarının sağlanmasını güçleştirir. Bu nedenle, mahalle üflenen hava sıcaklığının 13 °C olması amaçlanmış ve bu değer soğutma ünitesine verilen enerjinin PI kontrol organı tarafından değiştirilmesi vasıtasıyla serpantine verilen su sıcaklığının değiştirilmesi ile gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Saatlik olarak hesaplanan dış hava sıcaklık ve nem değerleri, duyulur ve gizli soğutma yükleri, interpolasyon yapılarak sisteme saniyelik değerler olarak girilmiştir. Sistemin başlangıç koşulları 27 °C hava sıcaklığı ve 0,0115 kgsb\kgkh özgül nem olarak alınmıştır. Sistem çalışma saatleri olan 8.00 ve 18.00 saatleri arasında 10 saatlik bir süre içinde çalıştırılmış ve PI tipi kontrol organlarının P, I katsayıları, istenilen çıkış değerlerinin değişimine göre deneysel olarak belirlenmiştir. PI tipi kontrol organlarının katsayılarının da ayarlanmasıyla birlikte, sistem yeniden çalıştırılarak, sistemin zamana bağlı anlık çözümleri elde edilmiştir. Sistemin istenen referans değerlerinde, kararlı yapıya oturmasıyla birlikte, bir otomatik kontrol sistemi tasarlanmış olmaktadır.

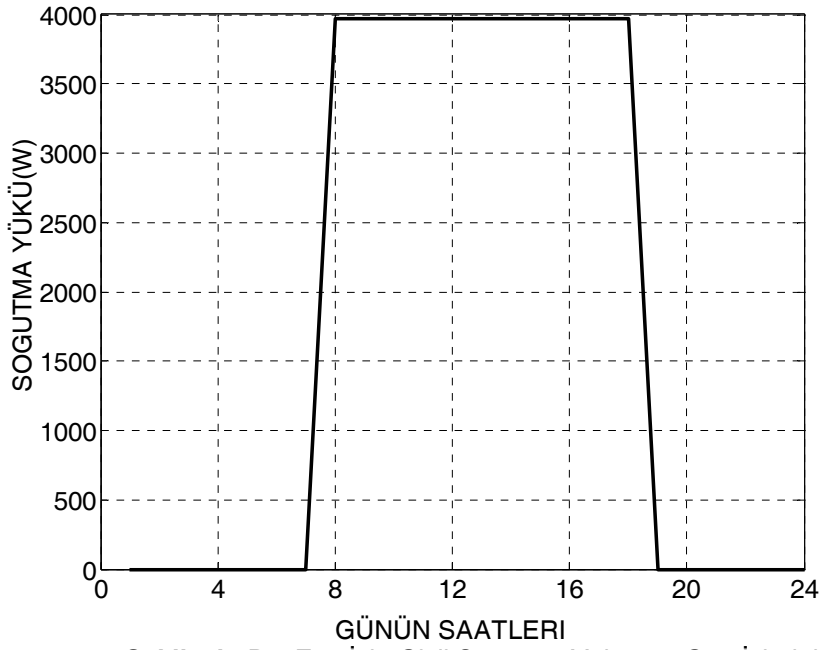
Oluşturulan program seçilen her zaman adımı değeri için çözüm yapabilmekle beraber, sonuçlar bir saniye aralıkla yazdırılmıştır. Ancak daha büyük zaman aralıklarıyla da çalışmak mümkündür. Fakat büyük zaman adımlarında, kontrol organının performansı düşmektedir[4]. Simülasyon sonucunda sistemde her noktada ve her zaman adımında sıcaklık, nem değerleri, enerji miktarları, hava ve su debileri ve zonların gerekli damper açıklıkları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde sunulmaktadır.

4. SONUÇLAR

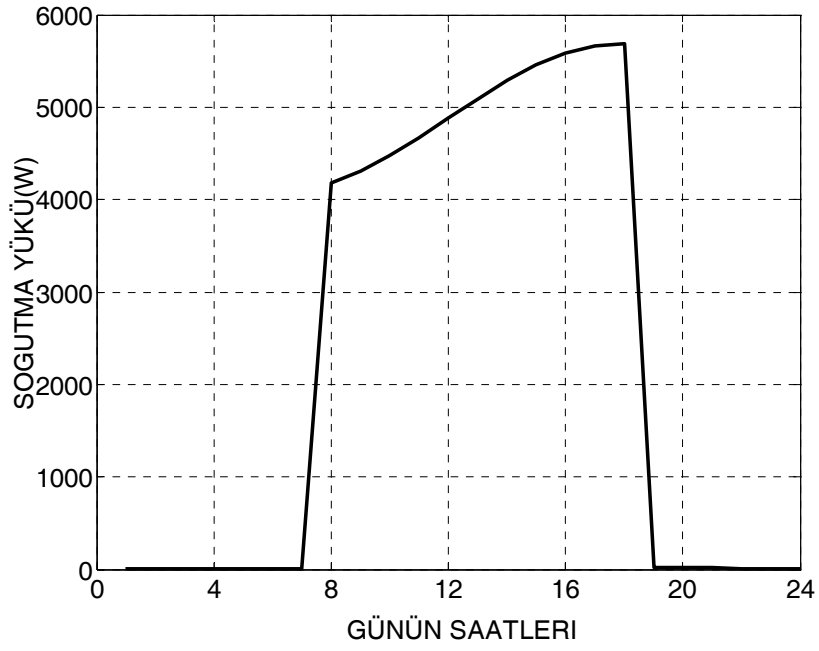
Matlab\Simulink programlama dilinde bilgisayar ortamına aktarılan sistemim saat 8.00 ve 18.00 saatleri arasında gerçekleştirilen simülasyonu sonucunda zonlara ait sıcaklık ve nem değerleri, damper açıklık oranları, serpantine ait giren su ve çıkan hava sıcaklık değerleri ve soğutma ünitesine verilen enerjinin değişimi anlık olarak hesaplanmış ve sonuçlar zonlara ait soğutma yükleriyle birlikte, grafikler halinde verilmiştir.



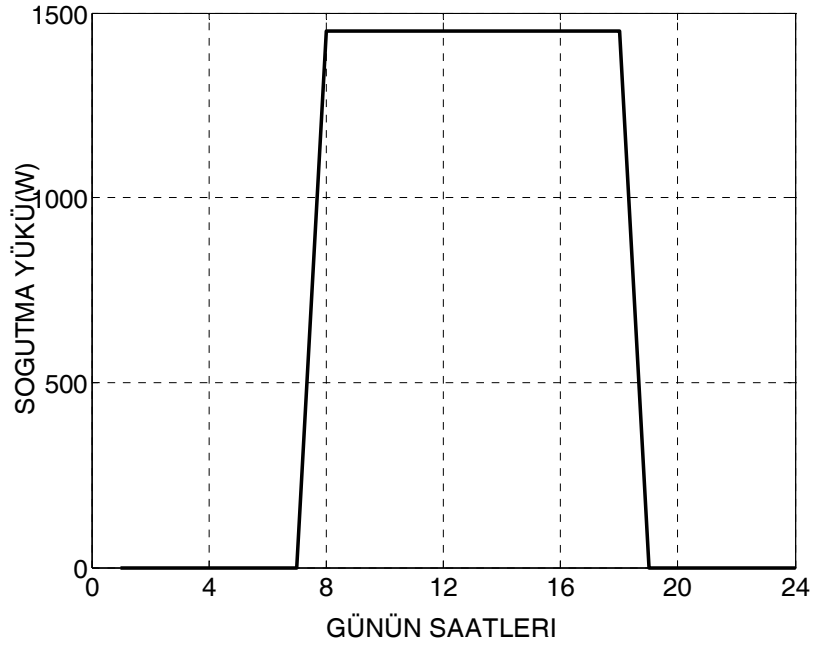
Şekil 7 a. Dış Zon İçin Duyulur Soğutma Yükünün Gün İçindeki Dağılımı



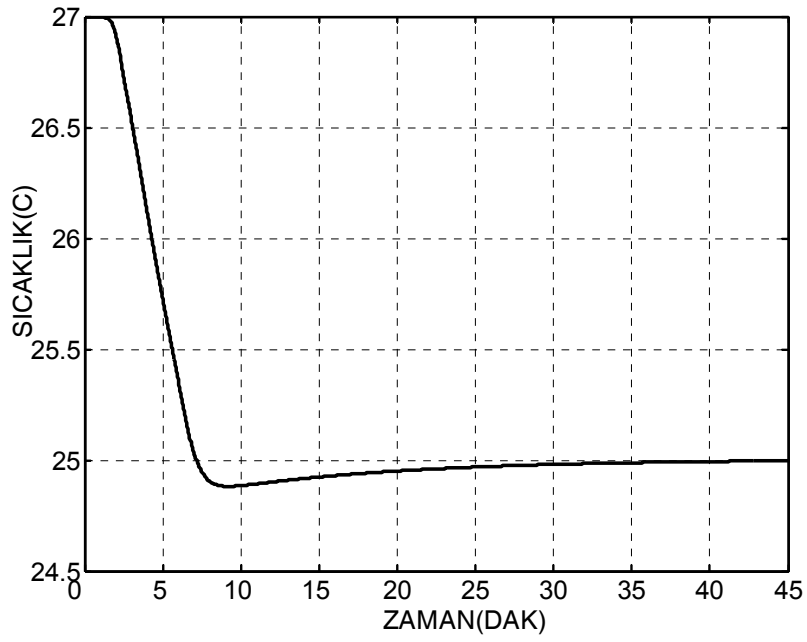
Şekil 7 b. Dış Zon İçin Gizli Soğutma Yükünün Gün İçindeki Dağılımı



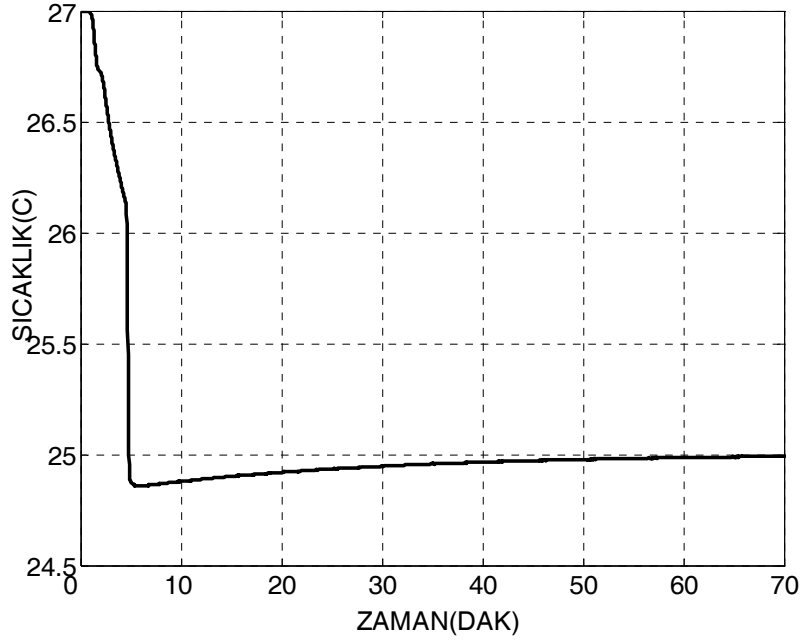
Şekil 7 c. İç Zon İçin Duyulur Soğutma Yüklerinin Gün İçindeki Dağılımı



Şekil 7.d İç Zon İçin Gizli Soğutma Yüklerinin Gün İçindeki Dağılımı

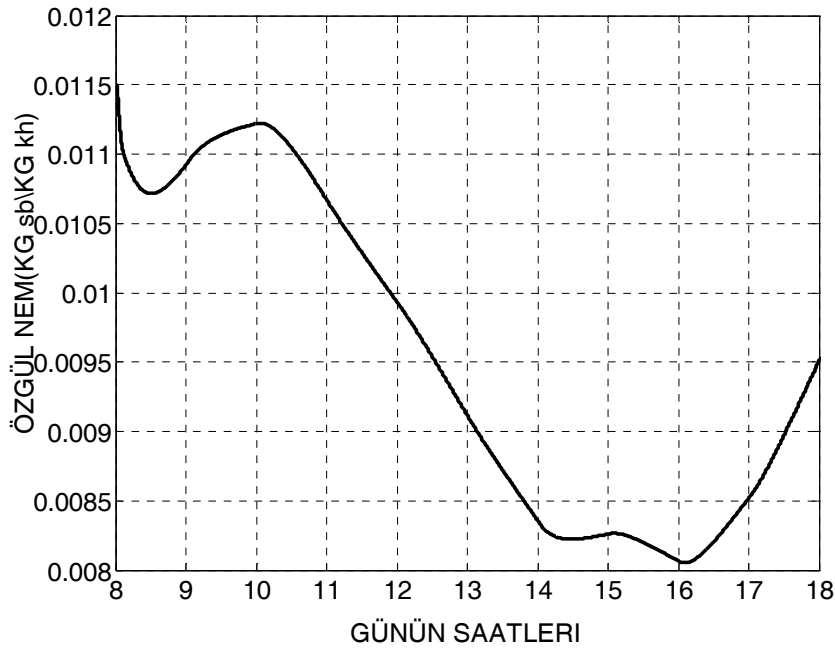


Şekil 7.e Dış Zon Sıcaklık Değerlerinin Değişimi

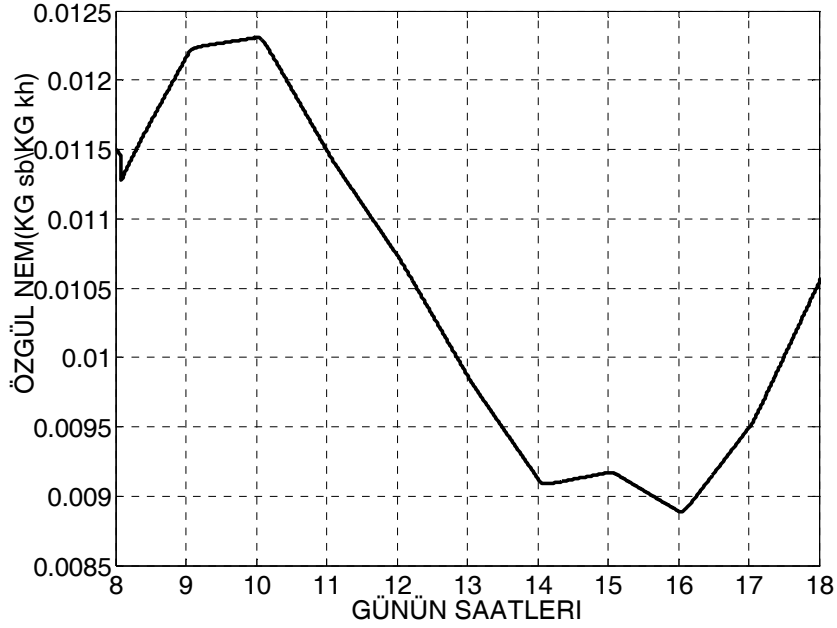


Şekil 7.f İç Zon Sıcaklık Değerlerinin Değişimi

Şekil 7.e'de görüldüğü gibi dış zon sıcaklığı, konfor şartı olan 25°C' de kararlı yapıya yaklaşık 30 dakika sonra oturmaktadır. Aşım değerinin yaklaşık 24,8 °C' olduğu ve aşım zamanının 8. dakikada gerçekleştiği görülmektedir. İç zon sıcaklığı ise, Şekil 7.f de görüldüğü gibi konfor şartı olan 25°C' de kararlı yapıya yaklaşık 50 dakika sonra oturmaktadır. Aşım değerinin yaklaşık 24,8 °C olduğu ve aşım zamanının 8. dakikada gerçekleştiği görülmektedir. Her iki zon sıcaklık değerleri için, gerek aşım değerinin düşük olması, gerekse sistemin istenilen referans değerinde kararlı yapıya kısa bir süre içinde oturması, sisteme başarılı bir kontrol uygulandığını gösterir[5].

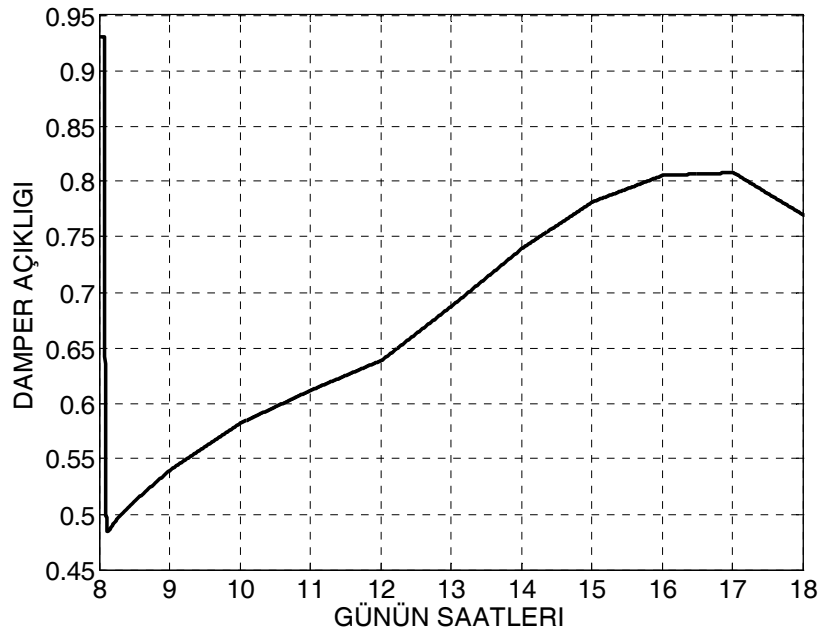


Şekil 7.g Dış Zon Nem Değerlerinin Değişimi

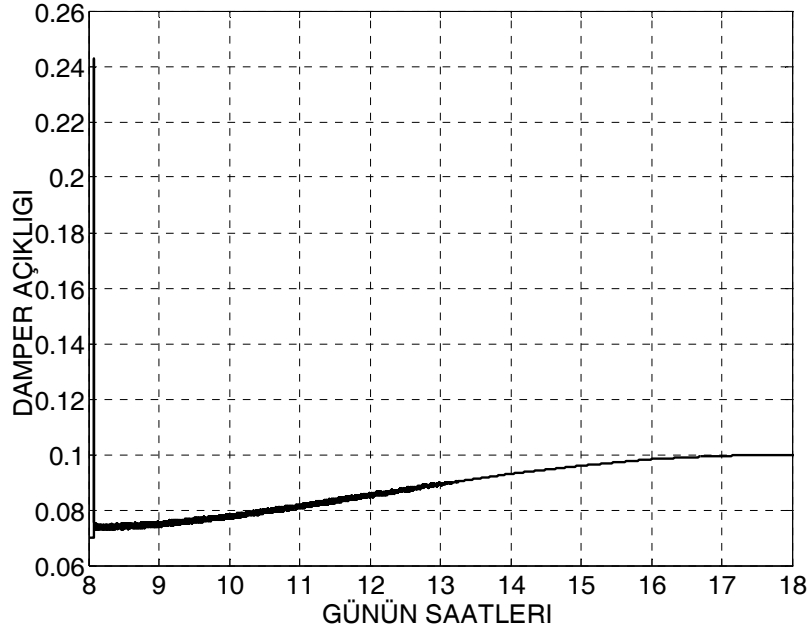


Şekil 7.h İç Zon Nem Değerlerinin Değişimi

Sistemde, kontrol organına geri beslenen değişken sıcaklıktır. Bu nedenle sistemden beklenen, değerlerinin bir referans değerinde kararlı yapıya oturması değildir. Nem değerlerinin %40 - % 60 bağıl nem değeri arasında olması, konfor için yeterlidir[6]. Şekil 7.g'de dış zon için nem değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi dış zon nem değerlerinin, % 40-% 60 bağıl nem değerleri arasında kalması sağlanmıştır. İç zon için ise nem değerleri ise Şekil 7.h' de verilmiştir. Görüldüğü gibi iç zon nem değerleri, saat 9.00- 10.00 arası, %, 60 bağıl nem değerinden, % 2 daha fazladır. Fakat sürekli kullanım alanı olmayan iç zon için bu değer kabul edilebilir düzeydedir.

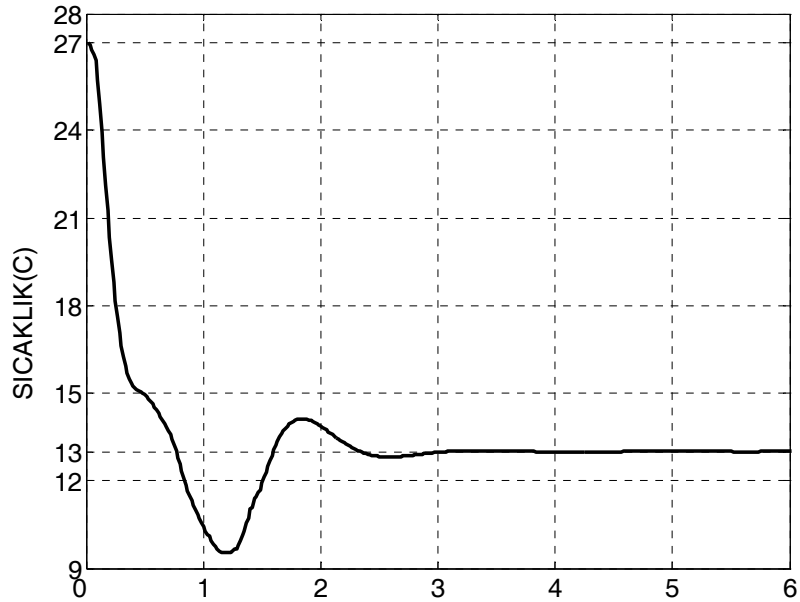


Şekil 8.a Dış Zon Damper Açıklık Değişimi

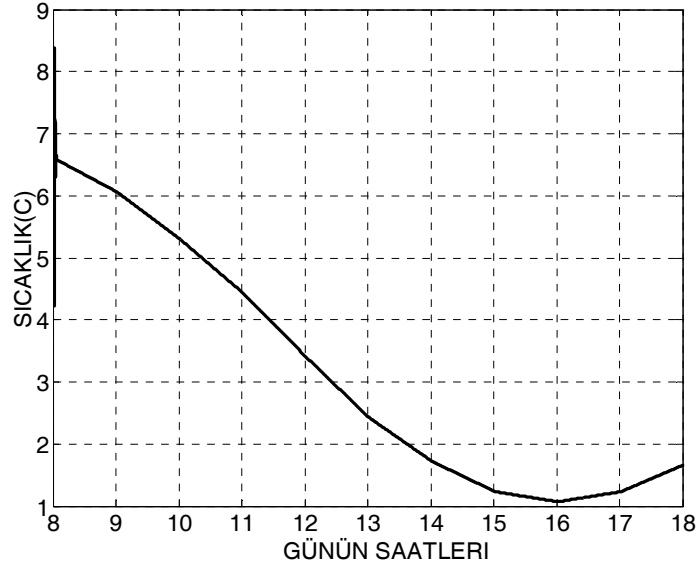


Şekil 8.b İç Zon Damper Açıklık Oranının Değişimi

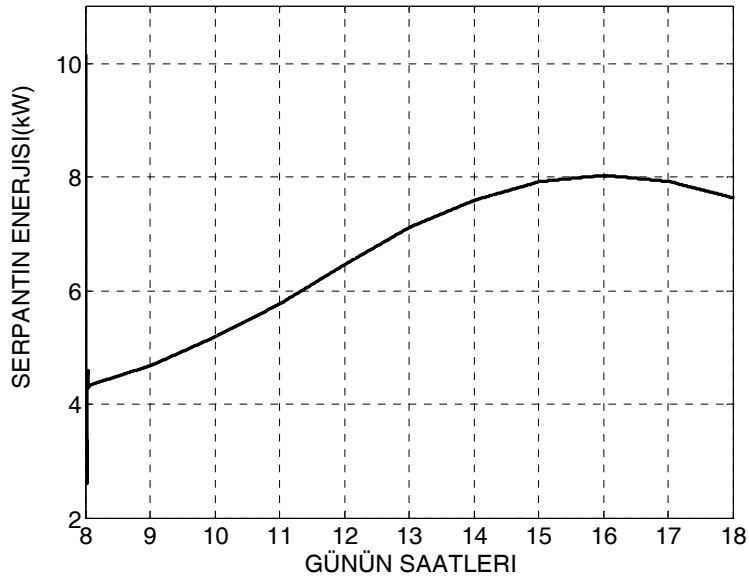
İstenilen konfor şartlarına ulaşmak için, sistemde kontrol edilen değişkenler damper açıklıklarıdır. Damperler, soğutma yüklerini karşılamak amacıyla, PI kontrol organı tarafından kontrol edilirler. Bu nedenle, Şekil 10 ve 11’de görüldüğü gibi, soğutma yükleri eğrileriyle, damper açıklığı eğrileri, aynı eğilimdedir. Soğutma yükünün maksimum değere ulaştığı saat 16.00 ve 17.00 arasında, damper açıklıkları da maksimum değerine ulaşır.



Şekil 9. Serpantinden Çıkan Hava Sıcaklığının Değişimi



Şekil 10. Serpantine Giren Su Sıcaklığının Değişimi



Şekil 11. Serpantin Enerjisinin Değişimi

Serpantinde koşullandırılan ve zonlara üflenen hava sıcaklığı grafiği Şekil 9'daki gibidir. Serpantinden çıkan hava sıcaklığı, 13°C de kararlı yapıya 3 dakika sonra oturmuştur. Değişen soğutma yüklerine ve dış hava koşullarına karşı, bu değer 13°C' de sabit tutulabilmesini PI tipi kontrol organı, soğutma ünitesine verilen enerjinin değiştirilmesi vasıtasıyla, serpantine giren suyun sıcaklığını değiştirerek yapar. Bu nedenle, Şekil 10'da görüldü gibi, dış hava sıcaklığının ve soğutma yüklerinin maksimum olduğu saatlerde, serpantine giren suyun sıcaklığı minimum, soğutma ünitesine verilen enerji ise maksimumdur. Görüldüğü gibi soğutma yükleri eğrileriyle, serpantine verilen enerji eğrileri, aynı eğilimdedir.

Geliştirilen model ve simülasyon programı ile bir binanın işletme ve bina verileri ve konfor şartları verildiği takdirde serpantin yükünün, debilerin, sistem cihazların giriş ve çıkış değerlerinin zamana bağlı değişimlerin elde edilmesi ve sistemin verimliliğinin irdelenmesi mümkün olmaktadır. Sistem parametrelerinin, konfor şartları ve enerji tüketimi üzerindeki etkisinin incelenmesiyle, daha verimli, daha az enerjiye gereksinim duyan sistemler tasarlanabilir. Ayrıca, simülasyonun sağladığı öngörü ile, ilk yatırım, deneme ve geliştirme maliyetleri de azalacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] ZHENG, G.R. A and ZAHEER-UDDIN,M., "Optimization Of Thermal Processes in A Variable Air Volume HVAC System", ENERGY 1996, Vol 21, Iss 5, pp 407-420
- [2] ESKİN. N. Ve TÜRKMEN, H. İ., "Konut Dışı Binaların Soğutma Yüklerinin Transfer Fonksiyonu Yöntemi İle Hesaplanması", TESKON 2003
- [3] OGATA, K., "Modern Control Engineering"., Prentice- Hall, Englewood Cliffs, 1990
- [4] <http://www.ashrae.org/journal/pgart6.htm>, (HITTLE, D."Dynamic Response and Tuning", ASHRAE Journal)
- [5] ÇENGEL, Y., "Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer", The McGraw-Hill Co., Inc.
- [6] SARI, E., "Bir Isıtma ve Havalandırma Sistemin Bulanık Mantık Kontrolü", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2001

ÖZGEÇMİŞLER

Sami YILMAZ

1981 İzmir doğumludur. 1999 yılında İzmir 60. Yıl Anadolu Lisesinden mezun olmuştur. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde lisans çalışmalarına başlayarak, 2005 yılında öğrenimini tamamlamıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sistem Dinamiği ve Kontrol Ana Bilim Dalında yüksek lisans çalışmalarına devam etmektedir.

Afşin GÜNGÖR

1974 yılı Niğde doğumludur. 1995 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesinden mezun olmuştur. 1997 yılında Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden yüksek mühendis unvanını almıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde araştırma görevlisi olarak görev yapmakta ve doktora eğitimine devam etmektedir.

Şeniz F. ERTUĞRUL

1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliğinden mezun olmuştur. Yüksek mühendis unvanını, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden 1991 yılında almıştır. Doktora eğitimini 1996 yılında Wichita State University(Kansas USA) Makine Mühendisliği Bölümünde tamamladıktan bu yana İ.T.Ü. Makine Fakültesinde Yardımcı Doçent olarak görev yapmaktadır. Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Akıllı Kontrol Sistemleri konularında çalışmaktadır.

Nurdil ESKİN

Boğaziçi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden önce lisans daha sonra da yüksek lisans diplomalarını alarak 1981 yılında mezun olmuştur. 1982-1990 yılları arasında Parsons-Brinkerhoff TSB şirketinde çeşitli projelerde özellikle metro ve raylı taşıma sistemlerinde havalandırma, iklimlendirme, drenaj ve yangın güvenliği konularında çalışmıştır. Bilim doktoru derecesini İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği programında 1990 yılında almıştır. 1990-1992 yılları arasında öğretim görevlisi, 1992-1997 yılları arasında Yardımcı Doçent ve 1997 yılında Doçent, 2004 yılından itibaren de Profesör olarak İ.T.Ü. Makine Fakültesinde görev yapmaktadır. İki-Fazlı Akışlar ve Uygulamaları, Isı Tekniği Uygulamaları, Dizel Motorlarda Yanma ve Soğutma, Akışkan Yataklı Kazanlar konularında çalışmaktadır.