



AKILLI BİNALARDA KONFOR FAKTÖRÜ VE OPTİMİZASYONU

Nevin IRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2019

Nevin IRAK tarafından hazırlanan "AKILLI BİNALARDA KONFOR FAKTÖRÜ VE OPTİMİZASYONU" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ
Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Murat YÜCEL
Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. İlhan KOŞALAY
Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 16/09/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Nevin IRAK
16/09/2019

AKILLI BİNALARDA KONFOR FAKTÖRÜ VE OPTİMİZASYONU
(Yüksek Lisans Tezi)

Nevin İRAK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2019

ÖZET

Enerji verimliliği alanındaki çalışmalar hız kesmeden artarken insanların konfor beklentileri de her geçen gün daha fazla yükselmektedir. Bununla birlikte, akıllı binaların sayısı da teknolojik gelişmelere paralel olarak artmaktadır. Günümüzde akıllı binalar hakkında yapılan çalışmalara bakıldığında, enerji verimliliği binalarda birinci öncelik gibi görünse de binaların konforu, kişiler için hem rahat hem de sağlıklı bir yaşam alanı oluşturmak için oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada, konfor faktörünün optimizasyonu ile bina içi konforu maksimum düzeye çıkarmak hedeflenmiştir. Tasarlanan sistemin simülasyonu için Matlab/Simulink programı kullanılmıştır. Sistemin kontrolü için bir bulanık mantık denetleyici dizayn edilmiştir. Tasarlanan bulanık mantık denetleyiciyle; sıcaklık, AC, fan hızı ve havalandırma kontrol edilmiş ve konfor indeksi belirlenmiştir. Yapılan kontrollerle ortam sıcaklığı, bağıl nem, karbondioksit miktarı ve konfor faktörü ayarlanmaya çalışılmıştır. Daha sonra, denetleyiciyi test edebilmek için mevcut bir HVAC (Isıtma, Havalandırma ve Soğutma) sistemi modeli modifiye edilerek simülasyona eklenmiştir.

Bilim Kodu : 90509
Anahtar Kelimeler : Akıllı binalar, Konfor faktörü, Bulanık mantık denetleyici, HVAC sistemleri
Sayfa Adedi : 44
Danışman : Prof. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ

COMFORT FACTOR AT SMART BUILDINGS AND ITS OPTIMIZATION

(M. Sc. Thesis)

Nevin IRAK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2019

ABSTRACT

While the studies in the field of energy efficiency are increasing without slowing down, people's comfort expectations are also rising more each day. At the same time, the number of smart buildings are also increasing in parallel with the technological developments. Today, when we look at the studies about smart buildings, although energy efficiency seems to be the top priority in buildings, the comfort of the buildings is quite important for creating a comfortable and healthy living space for people. Therefore, in this study, it was aimed to maximize the indoor comfort by optimizing the comfort factor. Matlab/ Simulink program was used for the simulation of the designed system. A fuzzy logic controller was designed to control the system. With the designed fuzzy logic controller; temperature, AC, fan speed and ventilation were controlled and comfort index was determined. Ambient temperature, relative humidity, carbon dioxide amount and comfort factor were tried to be adjusted with the controls that was carried out. Then, to able to test the controller, an existing model of HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) system was modified and added to the simulation.

Science Code : 90509
Key Words : Smart buildings, Comfort factor, Fuzzy logic controller, HVAC systems
Page Number : 44
Supervisor : Prof. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ

TEŐEKKÖR

Bu tezi hazırlama sürecinde, başta danışmanım Prof. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ'a ve her zaman yanımda olan ve bana destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KONFOR FAKTÖRÜ	7
2.1. Termal Konfor.....	8
2.2. Nem Oranı.....	9
2.3. Hava Kalitesi.....	10
2.4. Görsel Konfor.....	11
3. SİMÜLASYON ORTAMI.....	13
3.1. MATLAB / Simulink Programı	13
3.2. HVAC Sistemi	14
3.2.1. HVAC sistem modellemesi.....	15
3.3. Bulanık Mantık Denetleyici Tasarımı	18
3.4. Bulanık Mantık Denetleyici Modellemesi	19
3.5. Bulanık Mantık Denetleyiciye Ait Girdi ve Çıktı Değişkenleri.....	20
3.5.1. Mevsim bilgisi.....	21
3.5.2. Bina içi mevcut sıcaklık değeri.....	21
3.5.3. Bina içi mevcut nem oranı	22

Sayfa

3.5.4. Mevcut CO ₂ miktarı.....	23
3.5.5. Mevcut konfor faktörü değeri	23
3.6.1. Yeni konfor faktörü değeri.....	24
3.6.2. Sıcaklık kontrolü	25
3.6.3. AC kontrolü.....	25
3.6.4. Fan hızı kontrolü	26
3.6.5. Havalandırma kontrolü.....	27
3.7. Binanın Termal Modeli	27
3.8. Sıcaklık ve Nem Verilerini Simülasyona Aktarılması	29
3.5. Kontrol Ünitesi.....	30
3.9. Elde Edilen Simülasyon Sonucu	31
4. TARTIŞMA	33
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	43

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Termal konforun çevresel unsurları.....	8
Şekil 2.2. Bağıl nemin etkileri	9
Şekil 2.3. CO ₂ ile hava kalitesi arasındaki ilişki.....	10
Şekil 3.1. Simulink kütüphane tarayıcısı	14
Şekil 3.2. Moist Air Library.....	14
Şekil 3.3. HVAC sistemi modeli.....	15
Şekil 3.4. Bina içi modeli.....	16
Şekil 3.5. Bina içi parametre değerleri.....	17
Şekil 3.6. Bulanık mantık denetleyici.....	20
Şekil 3.7. Mevsim bilgisi	21
Şekil 3.8. Bina içi sıcaklık seviyesi	22
Şekil 3.9. Bina içi nem oranı.....	22
Şekil 3.10. Bina içi CO ₂ seviyesi.....	23
Şekil 3.11. Konfor faktörü (girdi)	24
Şekil 3.12. Konfor faktörü (çıktı).....	24
Şekil 3.13. Sıcaklık kontrolü.....	25
Şekil 3.14. AC kontrolü	26
Şekil 3.15. Fan hızı kontrolü.....	26
Şekil 3.16. Havalandırma kontrolü	27
Şekil 3.17. Binanın termal modeli	28
Şekil 3.18. Ankara ili 2019 yılı Haziran ayına ait sıcaklık ve nem verileri.....	30
Şekil 3.19. Kontrol ünitesi	31

Şekil**Sayfa**

Şekil 3.20. Simülasyon sonucu	32
-------------------------------------	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

BTU	British thermal unit
CO₂	Karbondioksit
g/s	Gram/Saniye
W	Watt

Kısaltmalar

Açıklamalar

AC	Air Conditioning
AI	Artificial Intelligence
ANFIS	Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems
ANN	Yapay sinir ağı (Artificial Neural Network)
ASHRAE	American Society of Heating and Air-Cond. Engineers
CTES	Cool Thermal Energy Storage
FLC	Bulanık mantık denetleyici (Fuzzy logic controller)
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
MATLAB	Matrix Laboratory (Matrix Laboratuvarları)
PI	Proportional Integral
PID	Proportional Integral Derivative
PVM	Parallel Virtual Machine
VRV	Variable Refrigerant Volume

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte akıllı bina kavramı da giderek yaygınlaşmaktadır. Akıllı bina teknolojileri ile HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning – Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistemi, güvenlik sistemleri, aydınlatma ve bunun gibi sistemler otomatik olarak kontrol edilirken tüm bu sistemlerin daha enerji verimli çalışmaları ve bu binalarda yaşayanlar için en iyi ortamın sağlanması hedeflenmektedir. İnsanların, zamanlarının yaklaşık %80'ini binaların içerisinde geçirdiği düşünüldüğünde gerek enerji verimliliğinin gerekse konfor faktörünün ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Akıllı bir sistem, klasik otomasyon sistemlerinin ötesinde, kontrol etmekte olduğu cihazların ya da sistemlerin, hiçbir insan müdahalesine ihtiyaç duymadan, ortamla etkileşim içinde olarak çalışmasını sağlamaktadır. Bu yapılarıyla akıllı sistemler, gerçek zamanlı olaylara, anlık olarak cevap verebilirler. Birçok alanda kullanılmakta olan akıllı sistemler, akıllı binalarda; enerji tüketiminin azaltılması, güvenliğin sağlanması, yaşlı ve hasta bakımı, aydınlatma, HVAC ve diğer cihazların kontrolü için kullanılmaktadır.

Akıllı binalara ilişkin yapılan çalışmalarda enerji verimliliği öncelikli olarak ele alınmaktadır. Diğer taraftan konfor faktörü de giderek ön plana çıkmaktadır. Ancak tüm bu gelişmelere ve bu alanda yapılan birçok çalışmaya rağmen akıllı bina kontrollerinde istenilen seviyeye gelinememiştir. Bu nedenle binaların kontrolünde kullanılmak üzere farklı yöntemler ile akıllı kontrol sistemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bulanık mantık denetleyiciler ise bunların başında gelmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, bulanık mantık denetleyiciler ile gayet olumlu sonuçlar alındığı görülmektedir.

Yan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, daha önce oluşturulan bir bulanık mantık denetleyici gerçek uygulaması için basitleştirilerek iç mekân termal konfor kontrolünde PVM (Parallel Virtual Machine) ile beraber kullanılmış ve yapılan testler sonucunda denetleyicinin, kontrol doğruluğu ve hassasiyet açısından performansının düşmediği tespit edilmiştir. Çalışmada iç ortam sıcaklığı, nemi ve hava akımı hızı, PVM indekste göz önünde bulundurulmuştur [1].

Attia ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, enerji verimliliği ve konforlu bir ortam için binaların klima sistemlerinin, bulanık mantık denetleyici ile kontrolü incelenmiştir. Oda sıcaklığı, bağıl nem ve sistemde dolaşan suyun akış hızı kontrol değeri olarak alınmış. Son olarak sonuçlar PID (Proportional Integral Derivative) kontrol ile kıyaslanmış ve bulanık mantık denetleyicinin daha etkin olduğu tespit edilmiştir [2].

Al-Aifan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, VRV-CTES AC (Variable Refrigerant Volume Cool Thermal Energy Storage Air Conditioning) sisteminin performansı incelenirken bulanık mantık denetleyici, soğutucu akışkanın sıcaklığını belli değerlerde tutmak için kullanılmış ve söz konusu sistemin, enerji verimliliğinden feragat etmeden konforlu soğutma ihtiyacını karşılamada faydalı olabileceği tespit edilmiştir [3].

Liu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, gün ışığı ve kullanıcı konforu göz önünde bulundurularak bir bulanık mantık denetleyicisi tasarlanmış ve bir test ofisine akıllı led aydınlatma sistemi kurularak sistem test edilmiştir [4].

Kang ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, konut binalarında termal konforu sağlamak için bulanık mantığa dayalı gelişmiş bir aç-kapa (on-off) kontrol yöntemi önerilmiştir. Denetleyici tasarımında sıcaklık göz önüne alınmıştır [5].

Motamed ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, görsel konfor göz önüne alınmıştır. Bulanık mantık denetleyici ile bir ofisteki perdeler ve aydınlatma kontrol edilmiştir. Yapılan deney sonucunda tüketilen elektrik miktarı azalırken görsel konfor korunmuştur [6].

Moon tarafından yapılan çalışmada, bina içi sıcaklık koşullarını iyileştirmek ve ısıtmada enerji verimliliğini sağlamak için bir yapay zekâ teorisi geliştirilmiştir. Bunun göre, ANN (Yapay Sinir Ağları - Artificial Neural Network), FLC (Bulanık Mantık Denetleyici – Fuzzy Logic Controler), ANFIS (Adaptif Ağ-tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi – Adaptive Network-based Fuzzy Inference Systems) sistemlerini de içeren bir tane geleneksel kural tabanlı ve dört tane AI (Artificial Intelligence) tabanlı algoritma geliştirilmiştir. Yapılan simülasyonlar sonucunda FLC ve ANFIS'in, termal konfor konusunda ANN'ye göre daha iyi olduğu belirlenirken enerji verimliliğinde ANN'nin daha iyi olduğu tespit edilmiştir [7].

Ghadi ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, bulanık mantık denetleyicilerin, yarı tropik Avustralya'daki akıllı binalarda bulunan HVAC sistemlerinde ve aydınlatma kontrollerinde kullanılması araştırılarak değerlendirilmiştir [8].

Esmailzadeh ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, binalarda optimize enerji tüketim kontrol metodu sağlamak amaçlanmıştır. Bunun için bulanık mantık denetleyici, on-off kontrol sistemi ve bulanık mantık kural seti tarafından ayarlanan PID kontrol algoritmaları, güneş-gaz-elektrikten oluşan hibrit bir termal sisteminde uygulanmıştır. Sonuç olarak, bulanık mantık kontrol sistemi, ortam sıcaklığını daha az hata ile ayarlarken enerji maliyetini düşürmüştür [9].

Yordanova ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, sıcaklık ve nemi kontrol ederken iç ortamda konforu ve enerji verimliliğini garanti etmek üzere iki değişkenli bir PI (Proportional Integral) bulanık denetleyici için model bağımsız bir dizayn metodu geliştirmek hedeflenmiştir [10].

Martirano ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, bulanık mantık denetleyicisine dayalı bir perde, aydınlatma ve HVAC kontrol sistemi üzerine çalışılmıştır. Sonuç olarak, konfor optimize edilirken tüketilen enerji miktarı azalmıştır [11].

Menyhárt ve Kalmár tarafından yapılan çalışmada, belirlenen kişilerin, iç ortam kalitesi ile ilgili olarak tepkileri göz önünde bulundurularak ve bulanık mantık ve MATLAB (Matrix Laboratuvarları – Matrix Laboratory) ile yeni bir konfor indeksi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu indeks, bir iç odayı tanımlamayı veya mevcut bir iç odayı karakterize etmeyi sağlamıştır [12].

Sevil ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, akıllı evlerde bulanık mantık kavramının kullanılması ve böylece otomatik olarak insan konforunun sağlanması hedeflenmiştir [13].

Yau ve Chang tarafından yapılan çalışmada, Malezya'da bulunan bir ofis binasındaki termal konforunu iyileştirmek için yapılan çalışma ve kullanılan kontrol sistemi sunulmuştur. Bu kontrol sistemi, bulanık mantık ile belli periyodlarda termostatın ayarlanması için kullanılmıştır [14].

Grygierek ve Ferdyn-Grygierek tarafından yapılan çalışmada, ortamda bulunan soğuk havanın vantilasyonu ile pasif soğutma kullanılarak çok yüksek sıcaklığın sınırlandırılabilme olasılığı analiz edilmiştir. Hedefi mekanik vantilasyonu kontrol etmek olan bir bulanık mantık denetleyici teklif edilerek optimize edilmiştir [15].

Anastasiadi ve Dounis tarafından yapılan çalışmada, binada yaşayanların konforunu artırırken enerji tüketimini sabit tutmak ya da iyileştirmek üzere HVAC sistemi kontrolünde bulanık mantık kullanımı incelenmiştir [16].

Fayaz ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, üyelik fonksiyonlarının tam şekillerinin seçilebilmesi için "learn to control" (kontrol etmeyi öğren) isminde bir metodoloji sunulmuştur. Buna göre, bu metodoloji, kontrol algoritması ve öğrenme algoritması olmak üzere iki ana bölümden oluşmuştur. Kontrol algoritmasında FLC kullanılırken öğrenme algoritmasında ANN kullanılmıştır. Bu sistem ile, geleneksel yöntemlere göre daha iyi sonuçlar aldığı belirtilmiştir [17].

Hang ve Kim tarafından yapılan çalışmada, kişi konfor endeksini ölçmek ve iç ortamdaki termal konforu optimum düzeyde tutmak için gelişmiş bir MPC (Model-tabanlı Tahmini Kontrol – Model-based Predictive Control) sistemi sunulmuştur. Sunulan çalışmanın en büyük yeniliği, mevsime göre uygun konfor seviyesini korumak için dış ortam koşullarını dikkate alan bulanık denetleyici olmuştur [18].

Abdo-Allah ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, küresel vanaları, fanların hızını ve damper pozisyonlarını, binaya sıcak su ve havanın tam akış hızlarına göre modellenmiş ve bulanık kurallar yüzeyinin modifikasyonu yoluyla, FLC'nin uyarlanması için yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Sunulan bu yeni sistem ile termal konfor seviyelerinde bir iyileşme görülmüştür [19].

Günlük hayatta, bina içi konforu en çok etkileyecek ve fark edilecek olan iklimlendirme sistemleridir. Ancak yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmaların genelinde, HVAC sisteminin bir bütün olarak ele alınmadığı ve çoğunlukla sıcaklık kontrolü üzerinde durulduğu, bir kısmında ise sadece aydınlatma sistemlerinin kontrolünün ele alındığı görülmektedir. Oysaki iç mekânların hem bağıl nem seviyesi hem de hava kalitesi indeksini

belirleyen CO₂ seviyesi, sadece iç mekânların konforunu değil, insan sağlığını direkt olarak etkilemektedir.

Bu nedenle, bu çalışmada sıcaklık, bağıl nem seviyesi ve CO₂ miktarı maksimum konfor seviyesinde tutulmaya çalışılmış ve böylece kişiler için rahat ve sağlıklı bir yaşam alanı oluşturmak hedeflenmiştir.





2. KONFOR FAKTÖRÜ

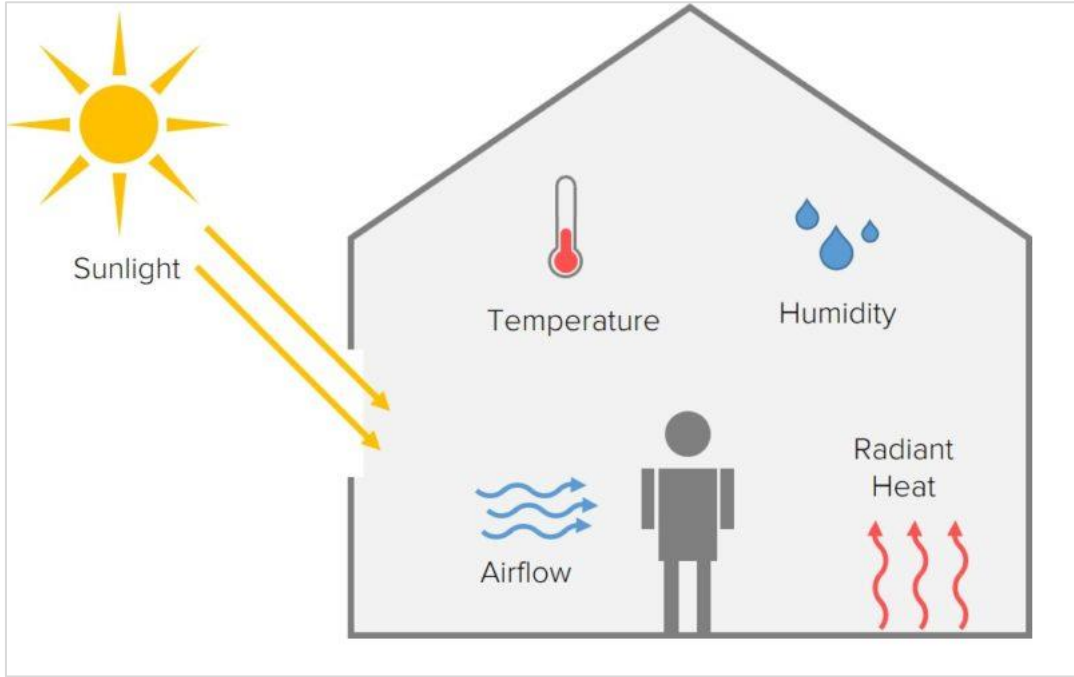
Konfor faktörü, içinde bulunulan ortamın kişi üzerinde yarattığı etkilerin tümü olarak tanımlanabilir. Konfor algısı ise kişisel faktörlere ve kişinin sağlık durumuna bağlı olarak değişebilmektedir.

Bu nedenle, konfor algısının kişiden kişiye ve hatta günden güne değişmesi, konforun, tam olarak tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. Ancak kişisel tercihlerin yanı sıra, bilimsel araştırmalar sonucunda elde edilen ve kişilerin sağlıklı olarak yaşayabilecekleri bir ortam oluşturmak için gerekli görülen aralıklar göz önünde bulundurularak kişiye uygun konfor indeksi belirlenebilecektir.

Bir binada konforlu bir ortam sağlamanın ilk adımı bina dizaynı ile başlar. Bunun için binada, ısı ve ses yalıtımı yapılması, binanın ve pencerelerin güneş ışınlarının geliş açısına göre doğru konumlandırılması ve binanın iç dizaynının kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun şekilde ergonomik olarak tasarlanması gerekir.

Bundan sonraki süreçte ise kişilerin yaşam koşullarının kalitesi, diğer bir deyişle konfor şartları dört temel faktör tarafından belirlenir. Bunlar; termal konfor, nem oranı, hava kalitesi ve görsel konfordur. Sonuç olarak, bu dört temel faktörün kombinasyonu, binalardaki konfor indeksi elde edilir.

2.1. Termal Konfor



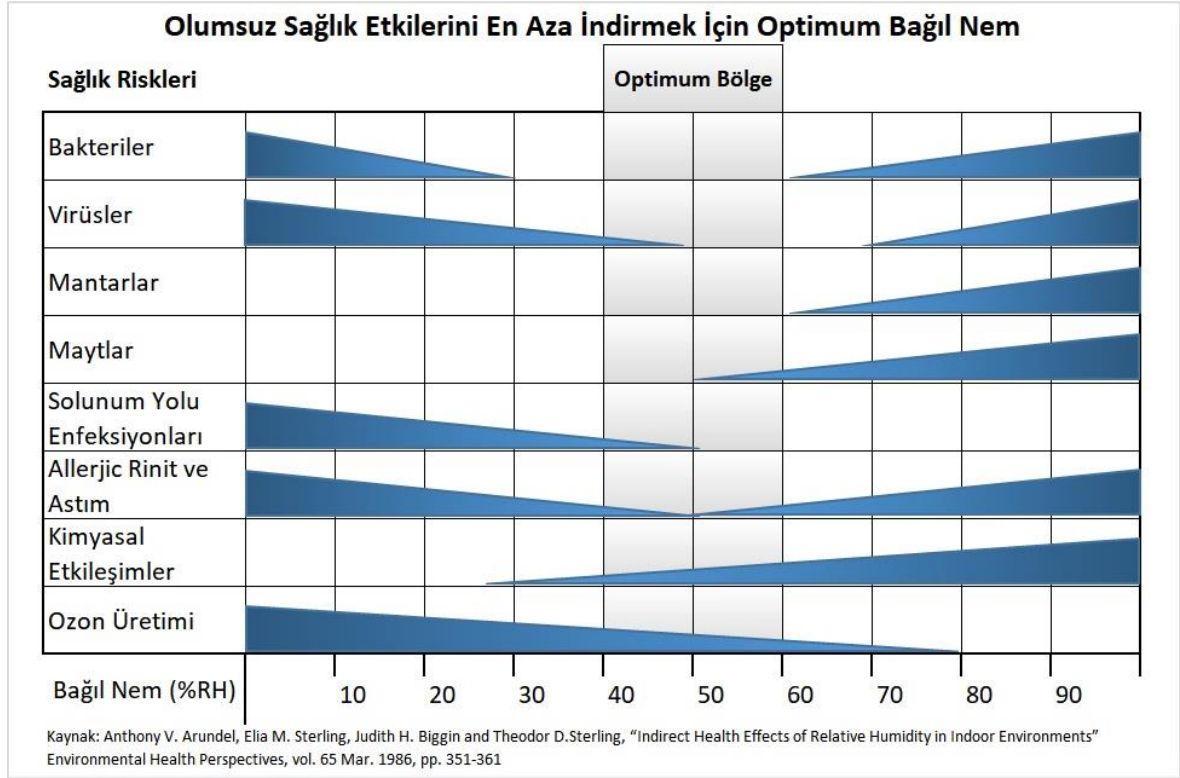
Şekil 2.1. Termal konforun çevresel unsurları

Termal konfor, termal çevre ile ilgili memnuniyeti ifade eden ve öznel değerlendirme ile değerlendirilen zihinsel durumdur [20]. Söz konusu bu algıyı etkileyen etkenler, ikiye ayrılır. Bunlar çevresel ve kişisel faktörlerdir.

Termal konforu etkileyen çevresel faktörler; hava sıcaklığı, nem, hava akımı, güneş ışığı ve ortalama radyant sıcaklıktır (Bkz. Şekil 2.1 [21]). Bu çevresel faktörleri istenilen düzeylerde tutabilmek için ilk olarak bina dizaynı sırasında, söz konusu bu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sayede, bina içerisinde kullanılacak sistemler, hem istenilen değerleri daha kolay sağlayacak hem de enerji tasarrufu çok daha etkin şekilde yapılacaktır.

Kişisel faktörler ise metabolizma hızı, fiziksel aktivite yoğunluğu ve kişilerin kıyafetleri olarak sıralanabilir. Bu çalışmada kişisel faktörler göz ardı edilmiştir. Ancak kişilerin iç ortama yaptıkları etki çalışmaya dâhil edilmiştir.

2.2. Nem Oranı



Şekil 2.2. Bağıl nemin etkileri

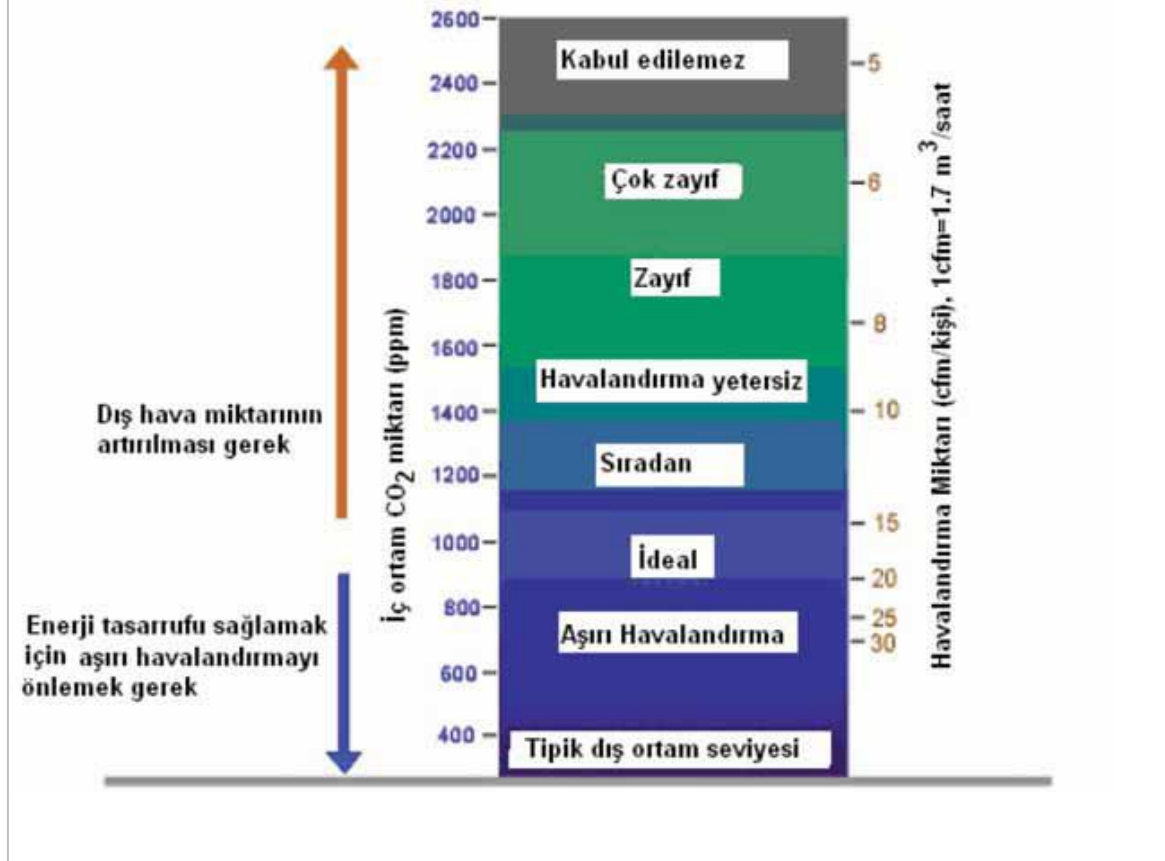
Belli bir sıcaklıkta 1 m^3 havada bulunana nem miktarına mutlak nem adı verilir. Bağıl nem ise; havada bulunan mutlak nemin, aynı sıcaklıktaki havanın taşıyabileceği maksimum nem miktarına oranıdır. Mutlak nem sıcaklıkla doğru orantılı artarken bağıl nem ise sıcaklıkla ters orantılı olarak azalmaktadır.

Ortamdaki nem miktarı hissedilen sıcaklığı etkilemektedir. Bu nedendir ki, insanlar, yaz aylarında, nem oranı düşük olan şehirlerde, aynı sıcaklıkta olmasına rağmen nem oranı yüksek olan şehirlere göre daha rahat ederler. Buna bağlı olarak, havadaki nem oranının, konfor algısı üzerine etkisi oldukça fazladır.

Bunun yanında, nem oranının, sağlık üzerine direkt etkisi bulunmaktadır. Şekil 2.2'de de görüldüğü üzere, bağıl nemin optimum bölge olarak kabul edilen %40 ile %60 oranları arasında tutulması, sağlık sorunlarının büyük ölçüde minimize edilmesini sağlamaktadır [22]. Ayrıca kuru havanın da solunum yolları ve göz gibi organlarda sağlık problemleri

yarattığı bilinmektedir [23]. Hatta bu bilgilerden yola çıkarak bağıl nemin, hava kalitesinin bir parçası olduğu bile söylenebilir.

2.3. Hava Kalitesi



Şekil 2.3. CO₂ ile hava kalitesi arasındaki ilişki

Bilindiği üzere, canlılar, enerji elde etmek üzere O₂ kullanarak aldıkları gıdaları hücre içerisinde parçalarken CO₂ üretirler. Bu durum, solunum yolu ile dış ortama bırakılan CO₂ sonucu, havalandırması bulunmayan kapalı ortamlardaki CO₂ miktarının hızla yükselmesine neden olur. CO₂, her ne kadar toksik bir gaz olarak sınıflandırılmasa da, yüksek oranlarda bulunması durumunda bazı sağlık sorunlarına neden olabilmektedir.

Dünya atmosferindeki CO₂ miktarı 400 ppm'dir. Genel olarak 1000 ppm'in altında kalan CO₂ seviyesi güvenli kabul edilse de (Bkz. Şekil 2.3 [24]) konuyla ilgili olarak yapılan bazı çalışmalara bakıldığında, bu seviyelerin bile yeterli olmadığı görülmektedir.

Buna göre kişilerin zihinsel performansına ilişkin yapılan bir çalışmada 600 ppm baz alınmış, 1000 ppm seviyelerinde performansın %10'dan fazla azaldığı ve 2500 ppm seviyelerine gelindiğinde bu oranın dramatik bir şekilde daha da düştüğü görülmüştür [25].

Gene benzer bir çalışmada, 550 ppm baz alınmış ve 945 ppm seviyesinde %15, 1400 ppm seviyesinde ise %50 zihinsel performans düşüşü tespit edilmiştir [26]. Bu çalışmada, tüm bunlar göz önünde bulundurularak CO₂ seviyesi mümkün olan en düşük noktada tutulmaya çalışılmıştır.

2.4. Görsel Konfor

Bir iç mekânlardaki aydınlatma seviyesi görsel konforu belirler. Bu unsur, hem enerji tüketimini hem de görsel performansı direkt olarak etkilemektedir. Görsel konforu sağlamak içinse, elektrikli aydınlatma sistemleri ve elektrikle kontrol edilebilen perde sistemleri başlıca kullanılan sistemlerdir. Bu çalışmaya, görsel konfor dâhil edilmemiştir.



3. SİMÜLASYON ORTAMI

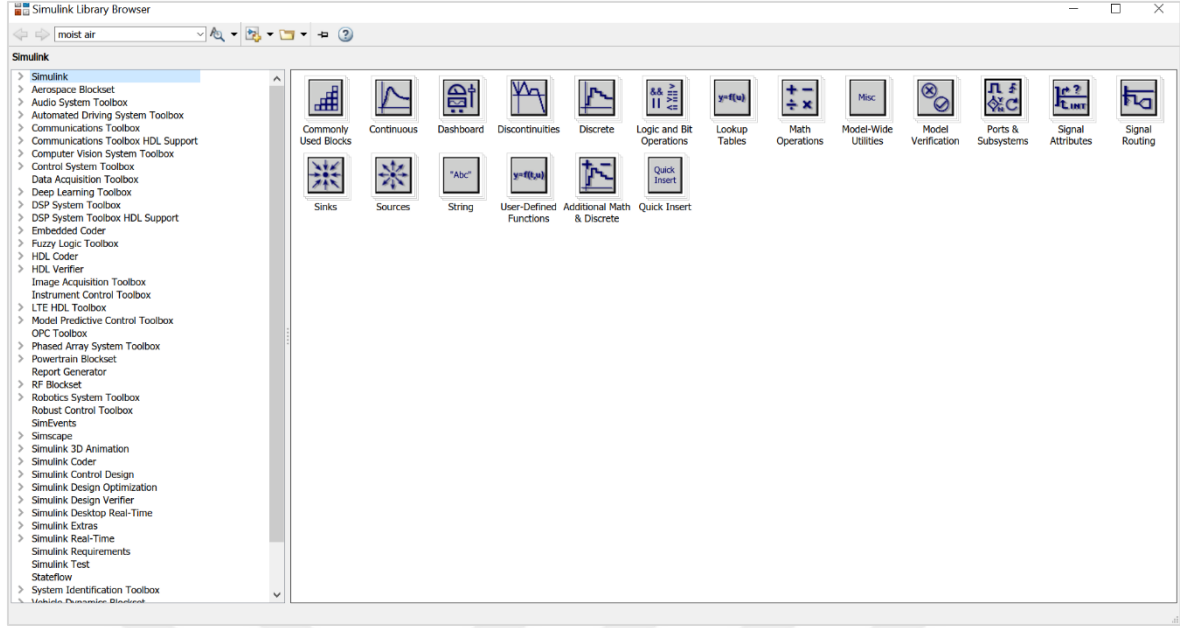
Bu çalışmada, Simülasyon ortamı olarak MATLAB / Simulink programı kullanılmıştır. İlk olarak Simulink örnekleri arasında yer alan mevcut bir HVAC sistemi modifiye edilerek sisteme eklenmiştir. Daha sonra bu sistemin deneneceği binanın termal modeli oluşturulmuştur. En son olarak tasarlanan bulanık mantık denetleyici sisteme eklenerek sistem simüle edilmiştir.

3.1. MATLAB / Simulink Programı

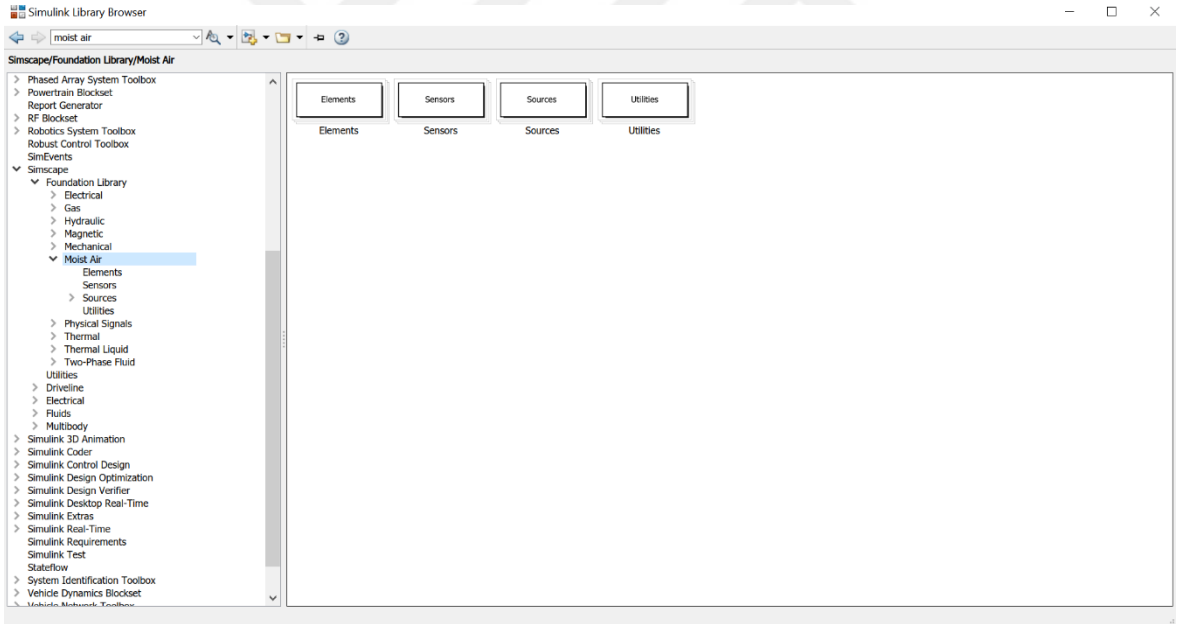
Mathworks tarafından geliştirilen MATLAB (Matrix Laboratory), karmaşık işlemlerin, mühendis ve bilim insanlarınca çok daha kolay yapılmasını sağlayan bir çalışma ortamı ve programlama dilidir. MATLAB, veri analizi yapmak, algoritma geliştirmek ve model ve uygulamalar oluşturmak için endüstriyel ve akademik amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Simulink ise MATLAB bünyesinde, ona entegre olarak çalışan ve dinamik sistemlerin modellenmesi, simülasyonu ve analizi için kullanılan interaktif bir grafik programlama ortamıdır. Modellemelerde kullanılmak üzere önceden tanımlanmış bloklardan oluşan çok kapsamlı bir kütüphaneye sahiptir. Bu kütüphanede bulunan bloklar, oluşturulan Simulink modeline eklendikten sonra aralarındaki matematiksel ilişkiyi oluşturmak için sinyaller ile birbirlerine bağlanır. Simulink kütüphane tarayıcısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Bu çalışmada MATLAB 9.5 R2018b Simulink 9.2 versiyonu kullanılmıştır. Çalışmadaki HVAC sisteminde bulunan ısıtıcı ünite ve evaporatör, Simscape Foundation Moist Air kütüphanesinin özel bileşenleridir. Moist Air Library (Bkz. Şekil 3.2) ise, MATLAB 9.4 R2018a Simulink 9.1 versiyonu ile Simulink’e eklenmiştir.



Şekil 3.1. Simulink kütüphane tarayıcısı



Şekil 3.2. Moist Air Library

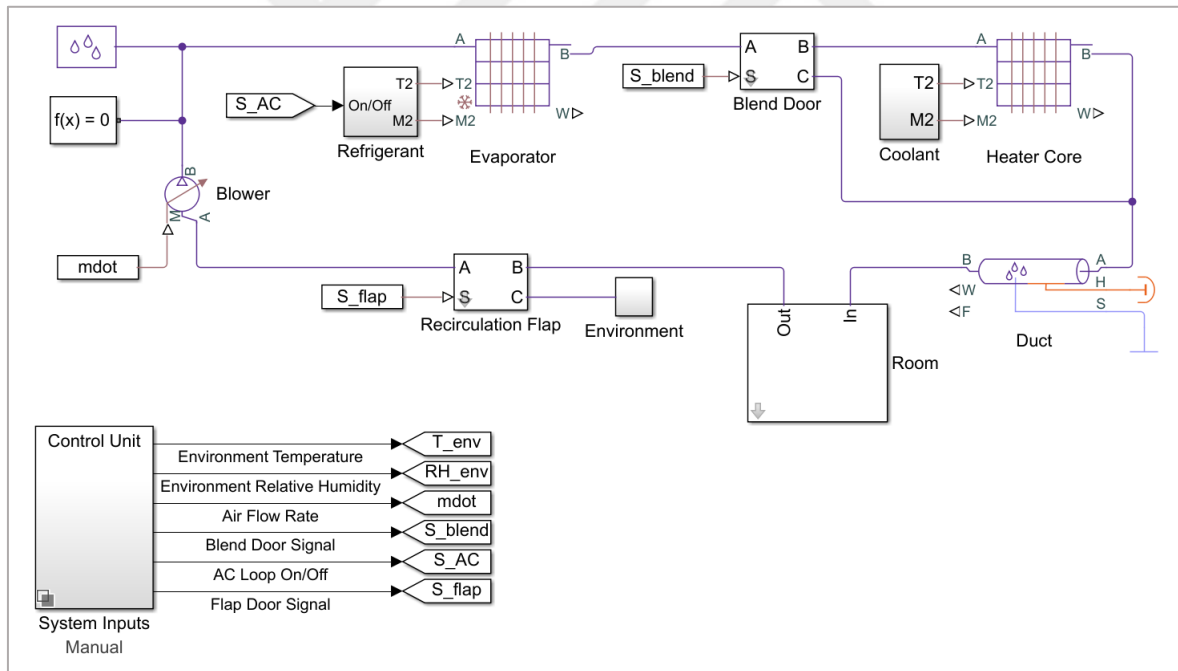
3.2. HVAC Sistemi

HVAC sistemi; ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme ünitelerinin hepsini bir arada içeren ve ortamın sıcaklığını ve hava kalitesini istenilen seviyede tutmak için kullanılan sistemlerdir. Ana HVAC ünitesi bina dışında bulunurken, burada şartlandırılmış olan hava, hava kanalları yoluyla bina içerisinde dağıtılır.

Kurulum, bakım ve işletme giderleri düşünüldüğünde, kullanılacak alanın büyüklüğüne ve ihtiyaçlarına en uygun tipte ve kapasitede HVAC sisteminin belirlenmesi için ciddi hesaplamalar yapmak gerekmektedir.

3.2.1. HVAC sistem modellemesi

Bu çalışmada kullanılan HVAC sistemi, MATLAB 9.4 R2018a Simulink 9.1 veriyonu ile Simulink'e eklenen Vehicle HVAC System örneğinden faydalanılarak oluşturulmuştur. Daha önceki bölümde bahsedildiği üzere, örnekte kullanılan bileşenler, Simscape Foundation Moist Air kütüphanesinden alınmıştır. Bu örnekteki HVAC sistemi, bir araç için dizayn edilmiş olup bu sistem, çalışmada tasarlanan binada kullanılmak üzere modifiye edilmiştir. Modifiye edilen HVAC sistemi ve bina içi modeli, Şekil 3.3'te ve Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. HVAC sistemi modeli

Şekil 3.3'te HVAC sistem modeli incelendiğinde, bulanık mantık denetleyiciden gelen sinyallerinin sistemin kontrolü için kullanılmakta olduğu görülmektedir. Buna göre; S_blend denetleyicinin Heat çıktısı, S_AC denetleyicinin AC çıktısı, m_dot denetleyicinin FanSpeed çıktısı ve son olarak S_flap denetleyicinin Recirculation çıktısıdır (Bkz. Şekil 3.9). Bahsedilen bu sinyaller ve dış ortam verilerini taşıyan sinyaller, kontrol ünitesi, HVAC

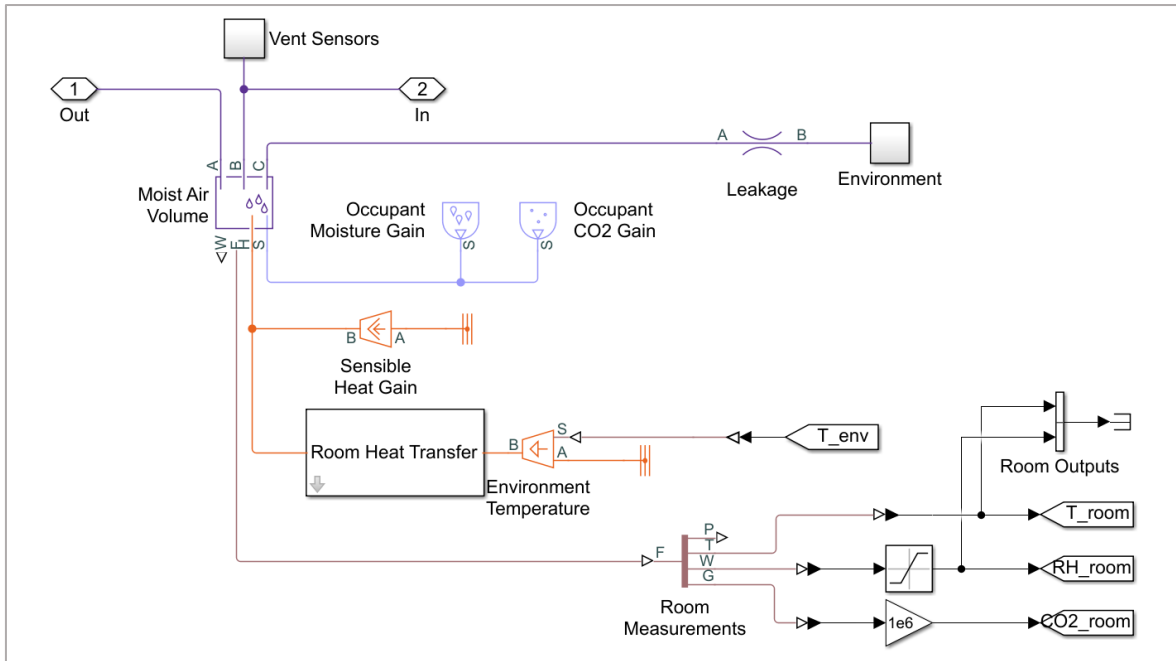
sistemi ve simülasyonun diğer bölümlerinde, bir yerden başka bir yere aktarmak için Simulink'in Goto ve From bloklarından yararlanılmıştır.

S_blend sinyali, sistemin sıcaklık kontrolünü yapmaktadır. Bu sinyalin değerine göre, hava ya daha fazla ısıtılmakta ya da borular yoluyla oda içine gönderilmektedir.

S_AC ise mevimin yaz ya da kış olması durumuna göre soğutma sistemini açıp kapamaktadır. Sinyal, soğutma sistemini başlattığında soğutucu gaz devreye girmektedir.

mdot sinyali ile fanın hızı ayarlanmaktadır. Bu sayede, sistemdeki havanın daha hızlı ya da daha yavaş şekilde dolaşması sağlanır. Eğer fan hızı fazla ise, iç ortam sıcaklığı mevsime göre daha hızlı yükselir ya da düşer. Ancak bu durumda iç ortamdaki nem oranının da hızlı bir şekilde azalacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

S_flap sinyali ile havalandırma gerçekleştirilmektedir. Buna göre, sinyal 1 olduğunda sistemdeki havalandırma kapağı açılmakta ve bu sayede dış ortam ile hava alış verişi gerçekleşmektedir. Kapak kapandığında ise sistemdeki hava, sistem içerisinde dolaşmaya devam etmektedir. Ancak bu durumda iç ortamdaki kişi sayısına bağlı olarak, içerideki CO₂ seviyesi yükselmektedir.



Şekil 3.4. Bina içi modeli

Şekil 3.4'te, bina içi model bulunmaktadır. Söz konusu şekilde görüldüğü üzere, bu bölüm sensörlerin ve bina termal modelinin bulunduğu bölümdür. HVAC sistem modelinde olduğu gibi, bu bölümde de Simscape Foundation Moist Air kütüphanesinden alınan bileşenler bulunmaktadır.

Bu modelde bulunan Occupant Moisture Gain, Occupant CO₂ Gain ve Sensible Heat Gain blokları, ortamda bulunan kişilerin, ortama yaptıkları etkileri sisteme aktarmaktadır. Şekil 3.5'te bina içerisindeki insanların, kişi başına sisteme yaptıkları etkiler, sistem parametresi olarak girilmiş ve bu değerler, söz konusu bloklarla sisteme eklenmiştir.

Parameter	Value
Number of occupants	5
Moisture gain per occupant (g/s)	0.04
CO2 gain per occupant (g/s)	0.01
Exhalation temperature (degC)	30
Sensible heat per occupant (W)	70

Şekil 3.5. Bina içi parametre değerleri

Dış etkenlerin yanı sıra, bir ortamda bulunan kişilerin de; ortamın sıcaklığına, nem ve CO₂ miktarlarına direkt etkileri bulunmaktadır. Bu etki, ortamdaki kişilerin fiziksel aktivite yoğunlukları ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca, burada, kişilerin yaşları, cinsiyetleri ve metabolik hızları da etkileyici unsurlardır. Bu nedenlerle, Şekil 3.5.'te ortalama değerler alınmıştır.

Şekil 3.5'te görüldüğü üzere, bina içerisinde 5 kişi olduğu varsayılmıştır. Buna göre, kişi başına nem kazancı (Moisture gain per occupant), kişi başına CO₂ kazancı (CO₂ gain per

occupant), nefes yoluyla ortam verilen sıcaklık (Exhalation temperature) ve kişi başına düşen hassas ısı kazanımı (Sensible heat gain per occupant), bina içi modelinde bulunan ve daha önce bahsedilen bloklar yolu ile simülasyona aktarılmıştır.

3.3. Bulanık Mantık Denetleyici Tasarımı

Bulanık mantık, ilk olarak 1965 tarihli bir makalesinde, Lotfi A. Zadeh tarafından önerilmiştir. 1980'li yıllardan itibaren, Japonya'da bu alanda birçok çalışma yapılmış ve bulanık mantık denetleyiciler, 1987 yılında devreye alınan, Japonya'daki Sendai Metrosunda kullanılmasından sonra dikkatleri üzerine çekmiştir. Günümüzde ise yapay zekâ alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bulanık mantık, matematiksel modellemelere ve karmaşık işlemlere gerek kalmadan, insan düşünce şeklinin makinelere aktarılmasını sağlamaktadır. Klasik mantıkta sonuçlar 0 ya da 1 iken bulanık mantıkta elde edilen sonuçlar 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir. Ayrıca elde edilen sonuç, oluşturulan kural setine göre tek bir kümeye ait olabileceği gibi iki farklı kümeye de dâhil olabilir.

Bir bulanık mantık denetleyici üç aşamadan oluşur. İlk bölüm girdi (input) bölümüdür. Bu aşamada, gerçek dünyadan alınan değerler üyelik fonksiyonuna atanır. Bu işleme bulanıklaştırma (fuzzification) denilir. İkinci aşama, oluşturulan kural tablosuyla girdi değerlerinin işlendiği bölümdür. Son aşamada ise ikinci aşamada elde edilen sonuç durulaştırılarak (defuzzification) bir çıktı (output) değeri elde edilir.

Her bir girdi ve çıktı değeri için ayrı üyelik fonksiyonları oluşturulur. Oluşturulan bu üyelik fonksiyonlarının farklı tipleri bulunmaktadır. Bu tipler, genel olarak fonksiyonun şekline göre isimlendirilmektedir. Bu fonksiyon tipleri; triangular (üçgen), piecewise linear (parçalı doğrusal), trapezoidal (ikizkenar yamuk), singleton (tek çizgi) ve Gaussian şeklindedir. Üyelik fonksiyonu tipleri arasından seçim yapılırken ve seçilen tiplerin parametre aralıkları belirlenirken eldeki verilerden ve kişisel deneyimlerden faydalanılmaktadır.

Kural tablosu oluşturulurken, girdi ve çıktı değerlerine ait üyelik fonksiyonları kullanılır. Kullanılan girdi değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları için oluşturulan koşullar, çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları için oluşturulan koşullar ile "if... then..." (eğer...

ise o zaman...) kalıbı ile ilişkilendirilir. Bu ilişkilendirme yapılırken, birden fazla girdi değerlerine ilişkin koşul kullanılacaksa kendi aralarında “and” (ve) ya da “or” (veya) işlemleri ile birbirine bağlanırlar.

Kural oluşturulurken girdi bölümünde “and” işleminin kullanılması durumunda, kuralın uygulanabilmesi için aynı anda birden fazla girdi için koşulun sağlanması gerekir. Diğer taraftan “or” işleminin kullanımında, çıktı koşullarının sağlanması için girdi koşullarından herhangi birinin sağlanması yeterlidir.

Bunların dışında ayrıca “not” işlemi kullanılarak oluşturulan koşullarının tersini almak mümkün olmaktadır. Burada yapılan işlem, koşulun belirlenmesi ve belirlenen bu koşulun tamamlayıcısının yani üyelik fonksiyonunun 1’den çıkarılarak elde edilen sonucun alınmasıdır.

Kural tablosu oluşturulurken kullanılan bir diğer fonksiyon ise ağırlık belirlenmesidir. Bu aşamada, oluşturulan her bir kural için ayrı ayrı ağırlık atanabilir. Matlab programında oluşturulan kurallar için varsayılan ağırlık değeri olarak 1 atanmaktadır. Gerekli görüldüğünde bu ağırlıklar değiştirilebilir.

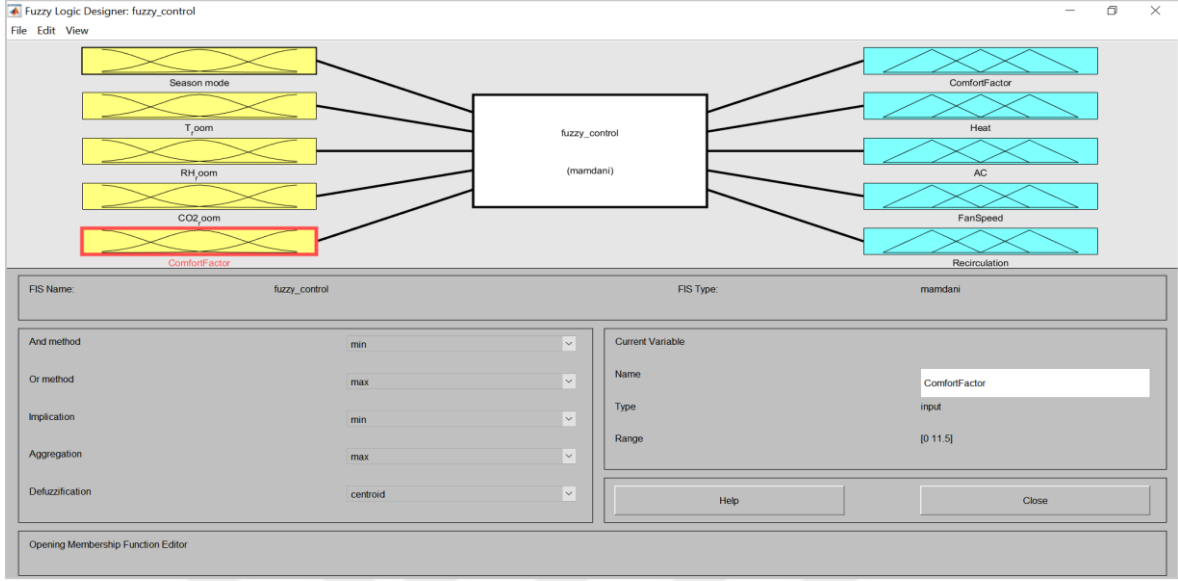
3.4. Bulanık Mantık Denetleyici Modellemesi

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, konfor faktörü üzerine yapılan çalışmalarda, bulanık mantık denetçilerle olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada da HVAC sistemini kontrol etmek ve konfor faktörünü belirlemek için Şekil 3.6’da görülen bulanık mantık denetleyici tasarlanmıştır.

Denetçinin girdileri; mevsim bilgisi, bina içi sıcaklık, bağıl nem oranı, CO₂ seviyesi ve konfor faktörüdür. Bu denetçiyle binadaki sıcaklık, AC, fan hızı ve havalandırma kontrol edilmiştir. Ayrıca giriş değerlerine bağlı olarak konfor faktörü belirlenmiştir.

Bulanık mantık denetleyicinin girdi ve çıktı değişkenleri belirlenirken öncelikle sistemde kontrol etmek istenilen unsurlar belirlenmiştir. Belirlenen bu unsurlar, bulanık mantık denetleyicisinin çıktıları olarak görev yapmaktadır. Daha sonra belirlenen bu çıktıları

kontrol edebilecek ve bu çıktıları değiştirebilecek etkenler sıralanmış ve bu unsurlar denetleyicinin girdileri olarak atanmıştır.



Şekil 3.6. Bulanık mantık denetleyici

Bu aşamadan sonra her bir değişken için ayrı ayrı olarak, kaç tane üyelik fonksiyonuna sahip olacağı, kullanılacak üyelik fonksiyonu tipleri ve üyelik fonksiyonunun parametreleri belirlenmiştir.

Bu çalışma sırasında üyelik fonksiyonu tipleri ve parametre değerleri belirlenirken, konfor faktörü üzerine yapılan çalışmalarda elde edilen verilerden ve gene kişisel deneyimlerden faydalanılmıştır.

En son olarak ise eklenen girdiler ve çıktılar arasında kural tablosu oluşturulmuştur. Bu tablo oluşturulurken, denetleyici tasarımının ilk aşamada girdi ve çıktılar arasında kurulan mantık ilişkisinden faydalanılmıştır.

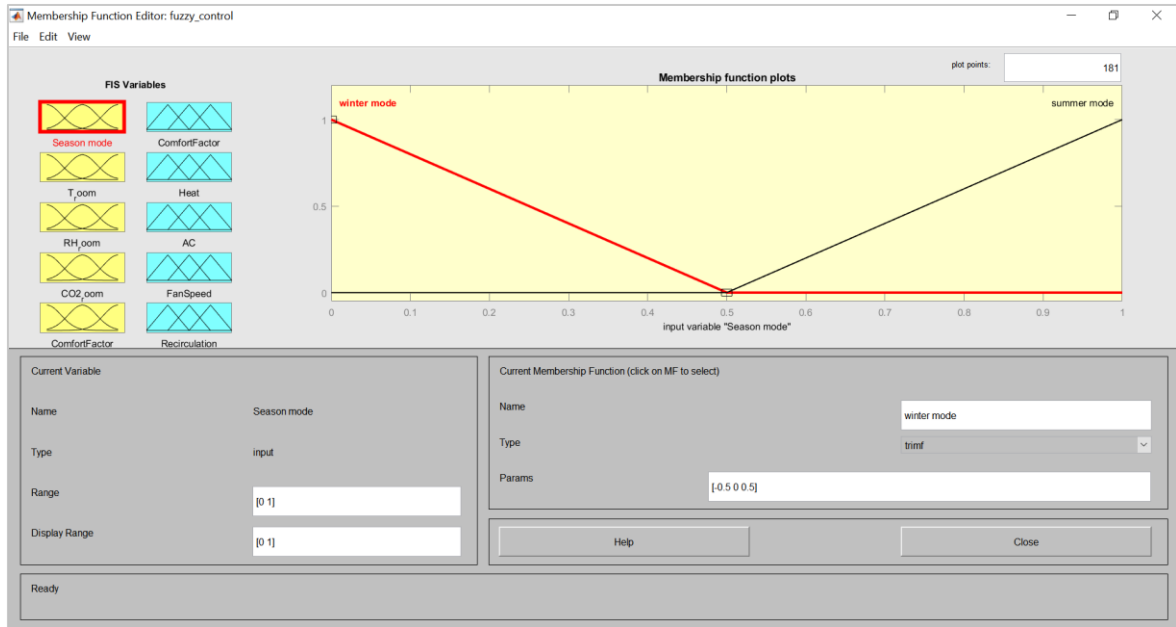
3.5. Bulanık Mantık Denetleyiciye Ait Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Aşağıda detayları verilen üyelik fonksiyonlarına göre kural tablosu oluşturulmuştur. Değer aralıkları belirlenirken, Konfor Faktörü bölümünde de bahsedilen bilgiler ışığında değerler belirlenmiştir.

3.5.1. Mevsim bilgisi

Mevsim bilgisi, simülasyona manuel olarak girilmiştir. Buna göre sistem, mevsime ilişkin veri 0 olduğunda kış modunda, 1 olduğunda ise yaz modunda çalışmıştır. Mevsim bilgisine ait üyelik fonksiyonları, Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

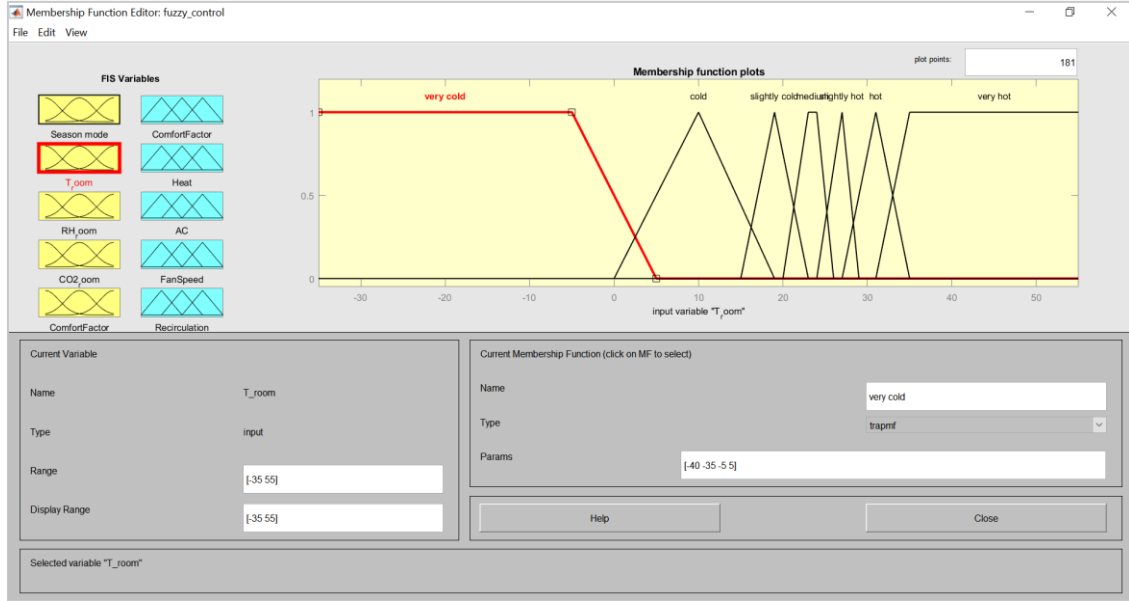
Bu çalışmada, bahar mevsimleri ayrıca düşünülmemiştir. Ancak, belirgin şekilde iklimsel farklılıkların görüldüğü bölgeler için bahar mevsimleri için ayrı bir üyelik fonksiyonu oluşturulması faydalı olacaktır.



Şekil 3.7. Mevsim bilgisi

3.5.2. Bina içi mevcut sıcaklık değeri

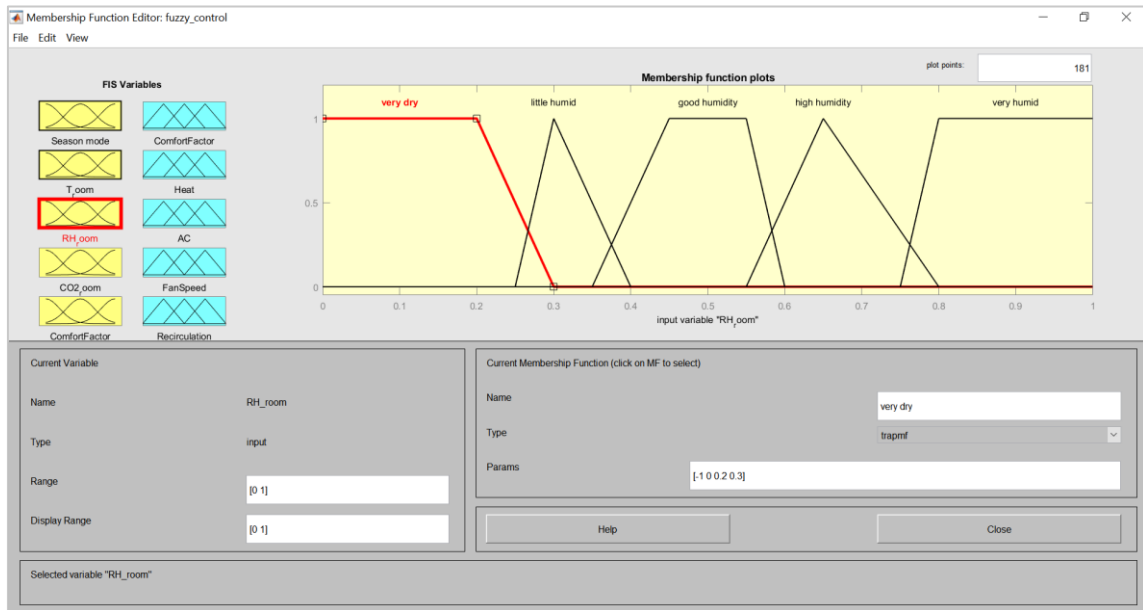
Bina içi sıcaklık seviyesi değerlendirilirken çok soğuk, soğuk, az soğuk, orta, az sıcak, sıcak ve çok sıcak olmak üzere yedi üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Buna göre, orta seviyeye tekabül eden 20-26 °C arası sıcaklık değerleri en konforlu sıcaklık aralığı olarak kabul edilmiştir. Bina içi sıcaklık seviyesine ait üyelik fonksiyonları, Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Bina içi sıcaklık seviyesi

3.5.3. Bina içi mevcut nem oranı

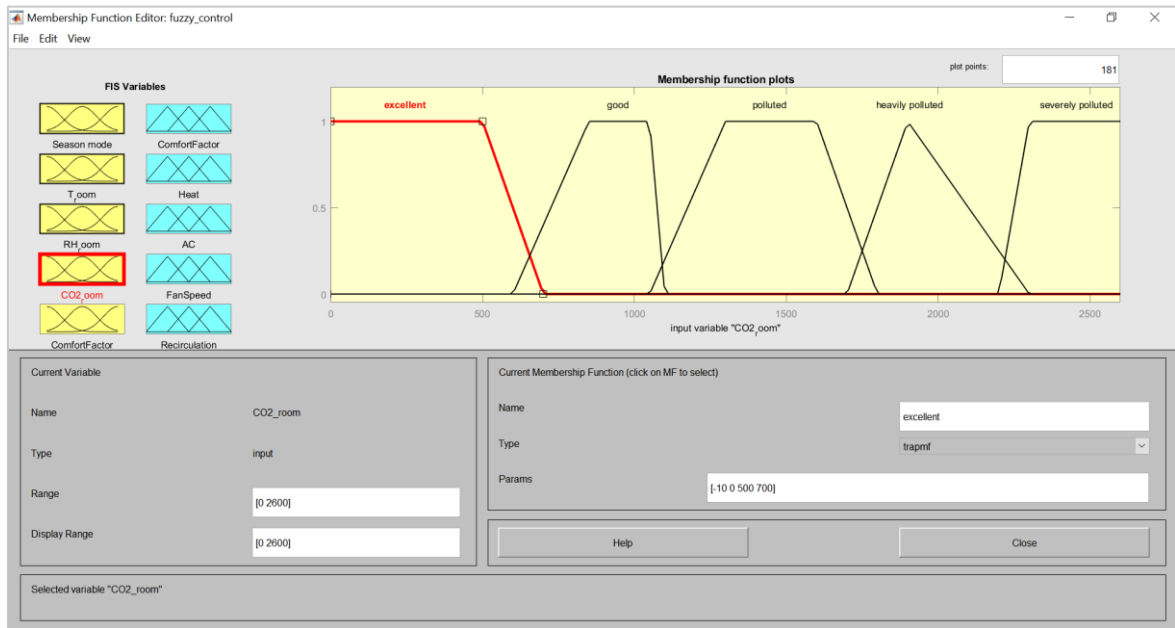
Bina iç nem oranı değerlendirilirken beş üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Bunlar; çok kuru, az nemli, iyi nem seviyesi, yüksek nem seviyesi ve çok nemlidir. İyi nem seviyesi olan %35-%60 nem aralığı, en konforlu nem aralığı olarak kabul edilmiştir. Ayrı bir nem alma ve nemlendirme cihazı kullanılması durumunda bu aralık daraltılabilir. Bina içi nem oranına ait üyelik fonksiyonları, Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Bina içi nem oranı

3.5.4. Mevcut CO₂ miktarı

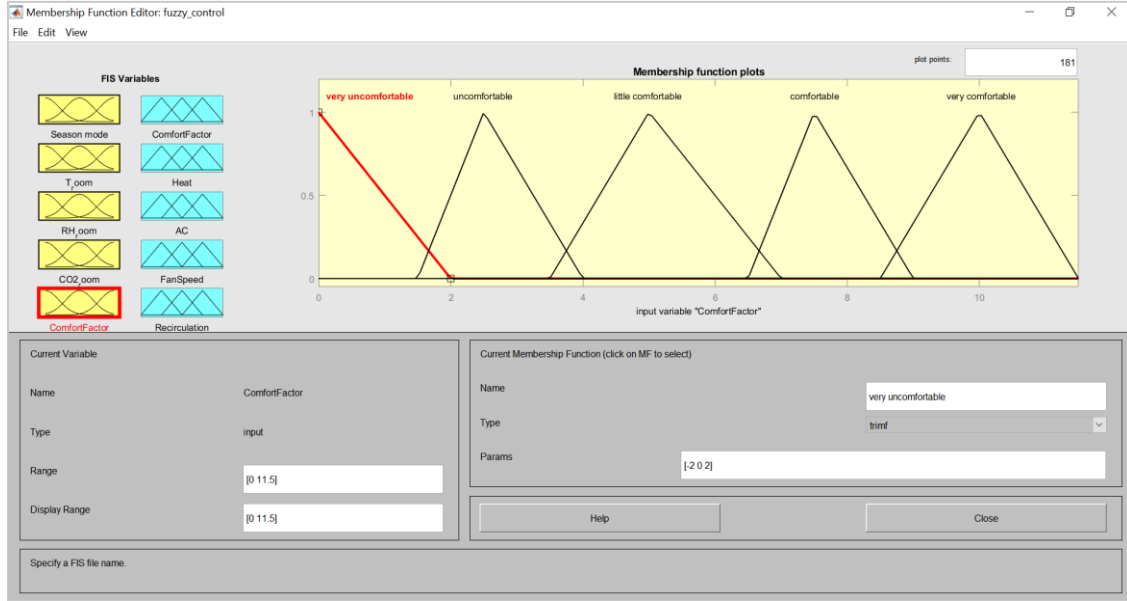
Bina içi CO₂ miktarı değerlendirilirken de benzer şekilde beş üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu üyelik fonksiyonları; mükemmel, iyi, kirli, çok kirli ve aşırı derecede kirli havadır. 700 ppm'in altında kalan alanı kapsayan mükemmel hava seviyesi, en konforlu aralık olarak kabul edilmiştir. Bina içi CO₂ seviyesine ait üyelik fonksiyonları, Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Bina içi CO₂ seviyesi

3.5.5. Mevcut konfor faktörü değeri

Konfor faktörü, denetçinin hem girdisi hem de çıktısı durumundadır. Buna göre, ortam verilerinin değerlendirilmesi ile elde edilen konfor faktörü, sistemin daha etkin kontrol edilmesi ve konforun istenilen düzeye çıkartılabilmesi için denetçiye geri besleme yapılmıştır. Mevcut konfor faktörü üyelik fonksiyonları, Şekil 3.11'de gösterilmiştir.

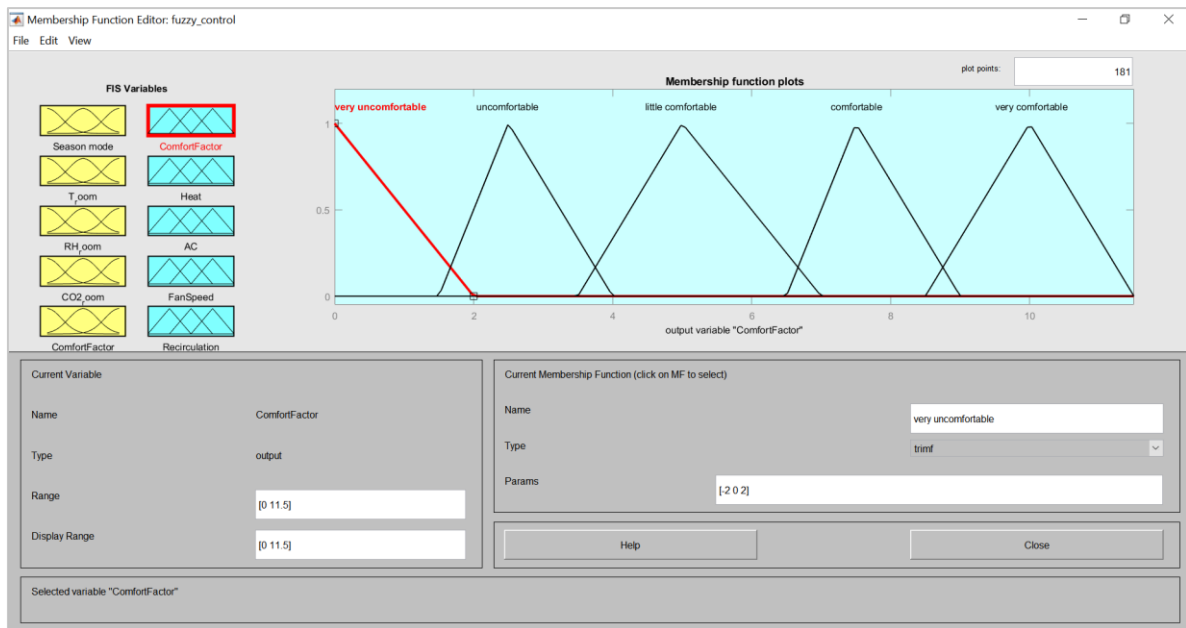


Şekil 3.11. Konfor faktörü (girdi)

3.6. Bulanık Mantık Denetleyiciye Ait Çıktı Değişkenleri

3.6.1. Yeni konfor faktörü değeri

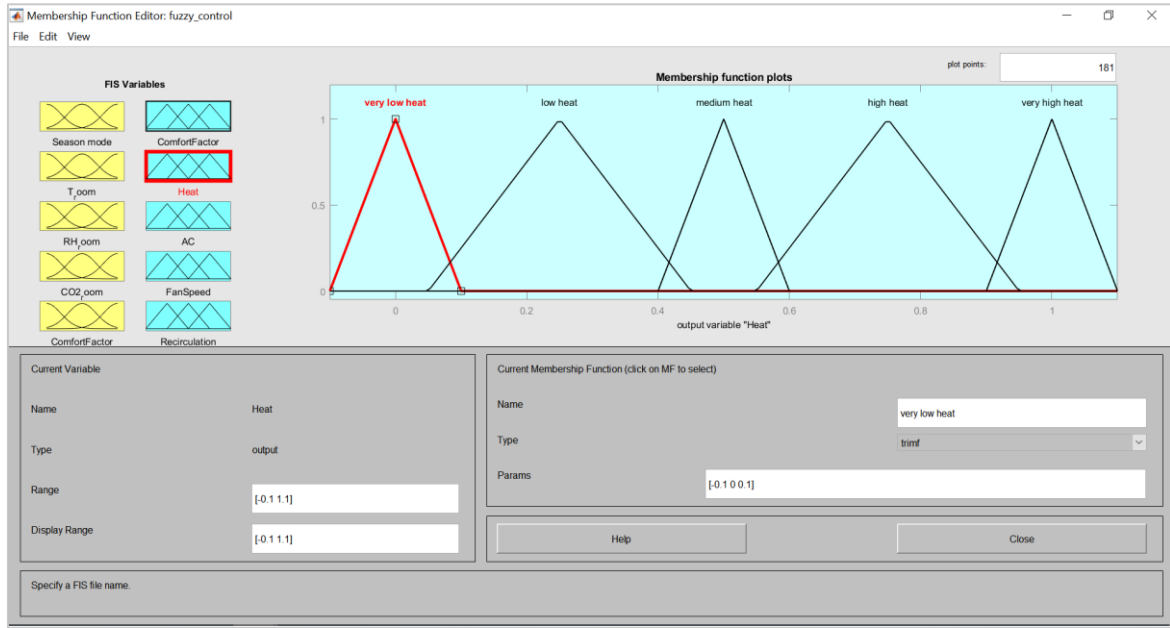
Konfor faktörü; çok konforsuz, konforsuz, az konforlu, konforlu ve çok konforlu olmak üzere beş üyelik fonksiyonundan oluşmuştur. Çalışmada, çok konforlu seviyesi hedeflenmiştir. Yeni konfor faktörü üyelik fonksiyonları, Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Konfor faktörü (çıktı)

3.6.2. Sıcaklık kontrolü

Sıcaklık kontrolünü yapmak üzere beş üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu fonksiyonları 0 ile 1 arasında değerler almıştır. Bu değerlerle, HVAC sisteminden sağlanan sıcaklık, artırılıp azaltılmıştır. Sıcaklık kontrolü üyelik fonksiyonları, Şekil 3.13’de gösterilmiştir.

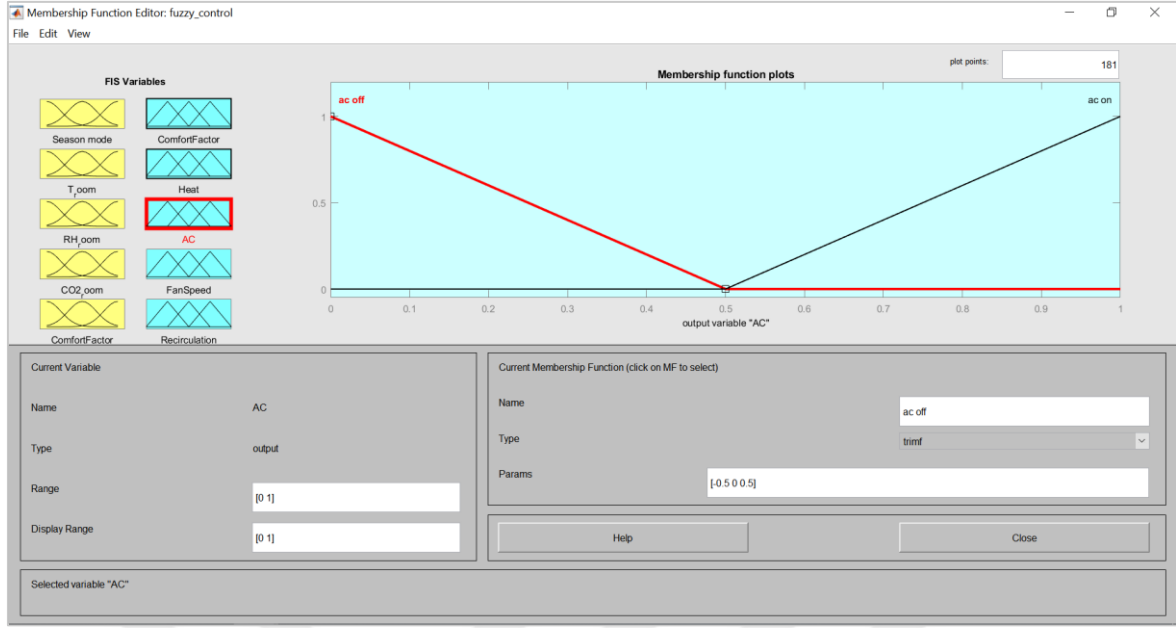


Şekil 3.13. Sıcaklık kontrolü

3.6.3. AC kontrolü

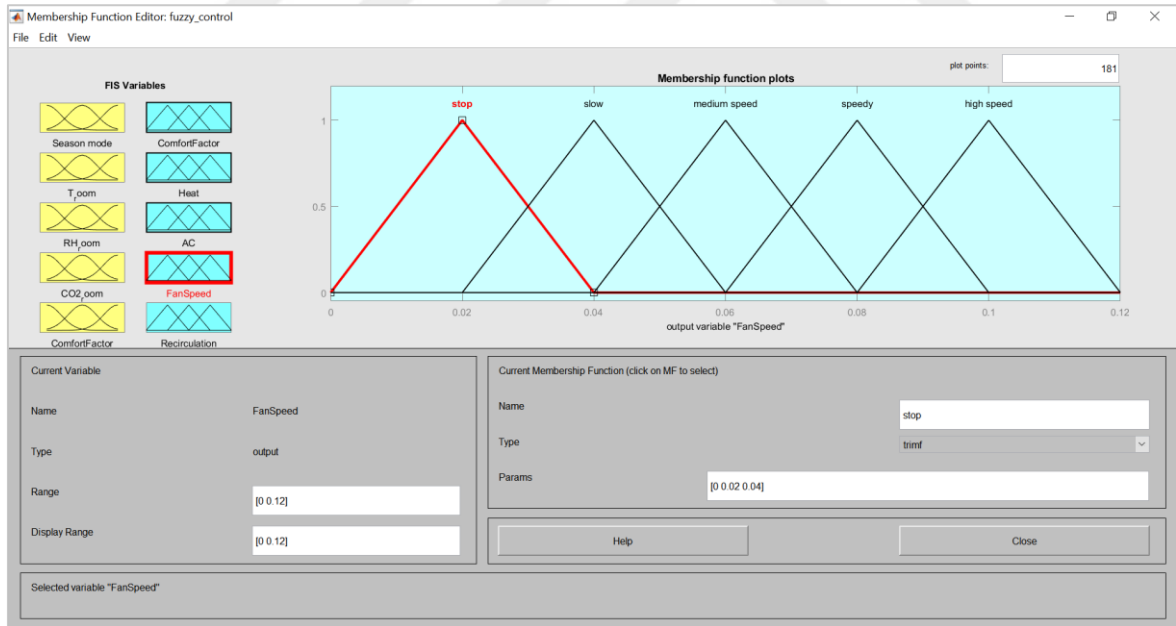
AC kontrolü için oluşturulan iki üyelik fonksiyonu ile AC aç – kapa işlemi yapılmıştır. Buna göre, yaz modunda iken AC çalıştırılmış kış modunda ise durdurulmuştur. AC kontrolüne ait üyelik fonksiyonları, Şekil 3.14’te gösterilmiştir.

Buradan elde edilen sinyal değerleri tam sayı değildir. Bu nedenle alınan çıktı sinyali, Simulink programındaki round bloğu ile tam sayıya dönüştürülmüştür. Bu durumda, “ac on” için çıktı 1 iken “ac off” için çıktı 0 olmaktadır. Böylece HVAC sistemindeki klima modu açılıp kapanmaktadır.



Şekil 3.14. AC kontrolü

3.6.4. Fan hızı kontrolü



Şekil 3.15. Fan hızı kontrolü

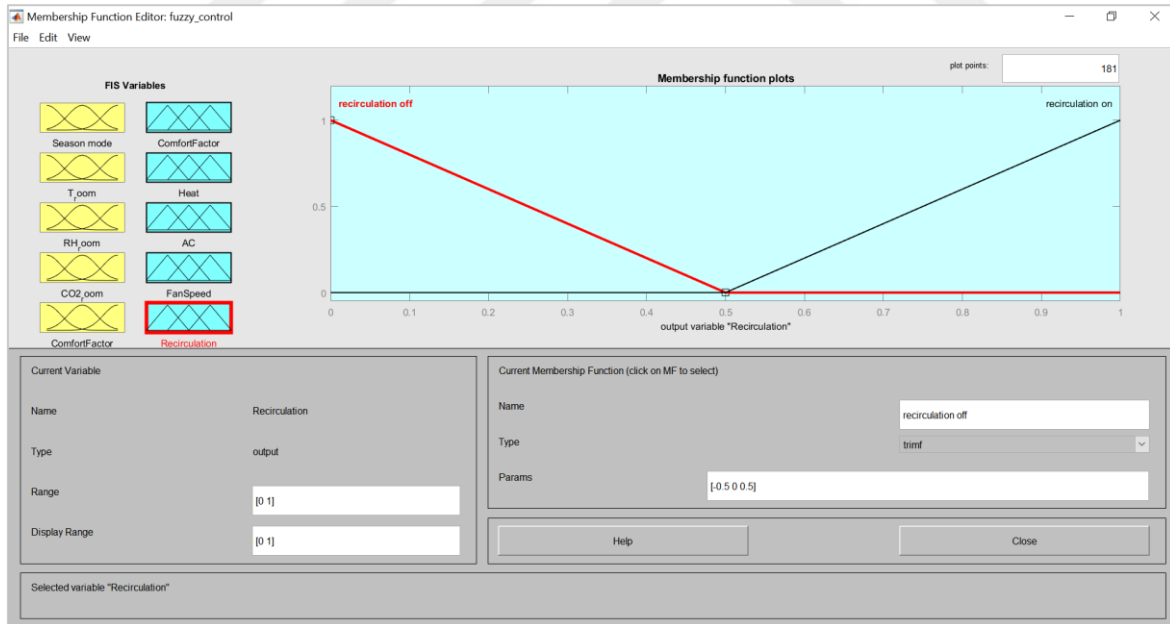
Fan hız kontrolü yapmak üzere beş tane üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur. Kural tablosu ile fonksiyon belirlenirken, ilk önce bina içi sıcaklık değerine bakılmıştır. Sıcaklık değeri çok sıcak ya da çok soğuk olduğu durumlarda, mevsime göre işlem yapılmış ve fan hızı çok yüksek seviyeye ayarlanmış ya da fan durdurulmuştur. Diğer durumlarda ise, fan hızının,

bina içi nem oranını da etkilediği göz önünde bulundurularak, daha az değişiklik yapıp sıcaklık ayarlanmaya çalışılmıştır. Fan hızı kontrolüne ait üyelik fonksiyonları, Şekil 3.15’da gösterilmiştir.

3.6.5. Havalandırma kontrolü

Havalandırma kontrolünde de, AC kontrolünde olduğu gibi aç – kapa kontrolünü yapmak üzere iki üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur. Havalandırma kontrolüne ait üyelik fonksiyonları, Şekil 3.16’da gösterilmiştir.

Buradan elde edilen sinyal değerleri de AC kontrolünde olduğu gibi tam sayı değildir. Bu nedenle aynı işlem, buradan alınan çıktı sinyaline uygulanarak round bloğu ile tam sayıya dönüştürülmüştür. Bu durumda, “recirculation on” için çıktı sinyali 1 iken “recirculation off” için çıktı 0 olmaktadır. Böylece, HVAC sistemindeki havalandırma kapağı açılıp kapanmaktadır.



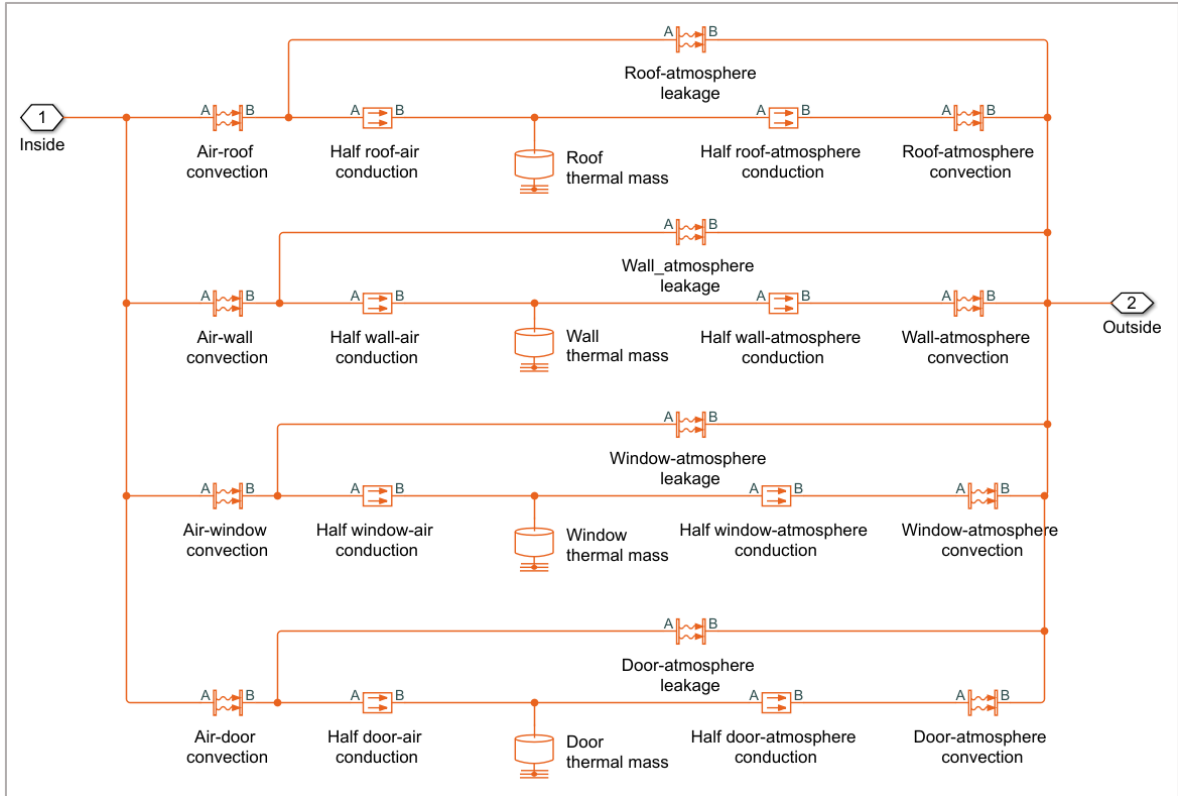
Şekil 3.16. Havalandırma kontrolü

3.7. Binanın Termal Modeli

Günümüzde, başta enerji tüketiminin hesaplanabilmesi için, binaların ve bu binalarda kullanılacak sistemlerin dizaynı sırasında, binalara ait termal modeller hazırlanılarak bu

modeller üzerinde çalışma yapılmaktadır. Bu sayede riskler minimize edilerek binalarda kullanılacak sistemlerin kapasitelerinden binaların güneşe göre konumlandırmasına kadar birçok konuda daha etkin şekilde karar verilir.

Bu çalışmada ise binanın termal modeli oluşturulurken bina, bir pencere ve bir kapılı, tek bir ünite olarak tasarlanmıştır. Tasarlan bu ünite 75 m²'dir. Termal tasarım kullanılan değerler için yine Simulink örneklerinden yararlanılmıştır. Yararlanılan bu örnekte (Thermal Model of a House) bulunan bir oda modeli alınarak bu modele bir kapı eklenmiş ve çalışmaya uygun şekilde modifiye edilmiştir (Bkz. Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Bina termal modeli

Isı, 3 şekilde yayılmaktadır. Bunlar; ışıma (radyasyon) yolu ile, konveksiyon (taşınım) yolu ile, ve iletim (kondüksiyon) yolu ile yayılımdır. Işıma yolu ile ısı yayılımı, ısının dalgalar şeklinde yayılmasına denilir. Güneş ışınlarının dünyamızı ısıtması buna en iyi örnektir.

Konveksiyon yolu ile ısı yayılımı, gaz ya da sıvı olan akışkan maddelerde görülür. Buna göre bu maddeler, sıcaklık farkından dolayı kendi içlerinde hareket ederek ısıyı taşırlar.

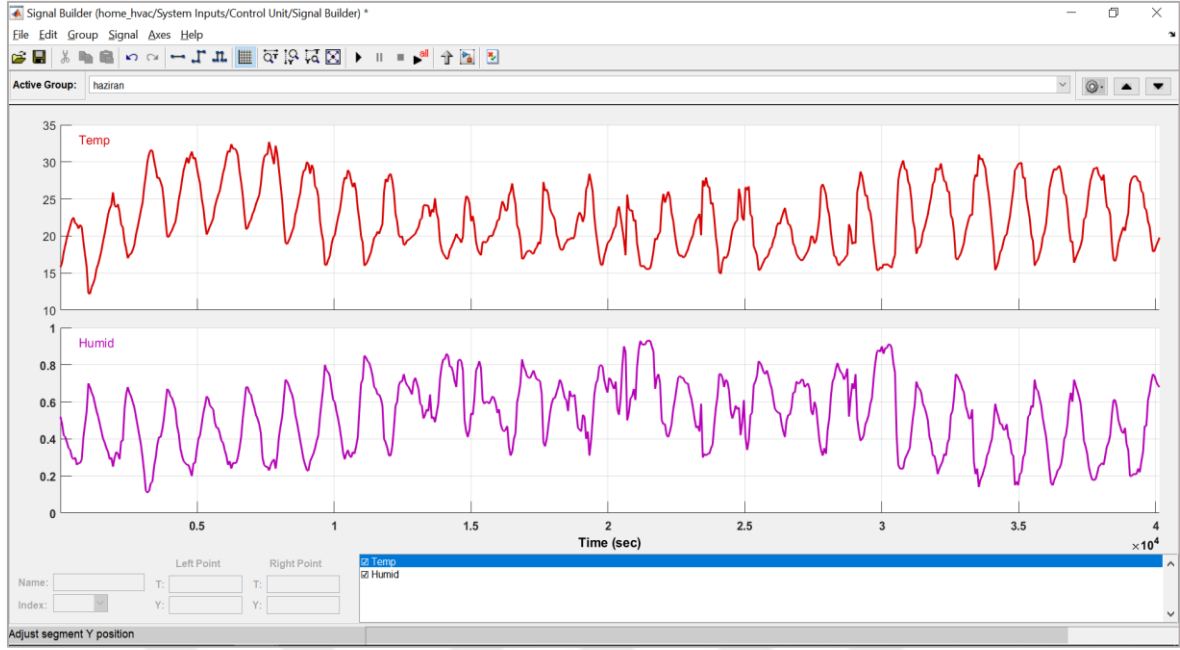
İletim yolu ile yayılmada ise, sıcaklığın madde içinde ya da maddeler arasında titreşim yolu ile aktarılmasıyla gerçekleşir. Ancak bu aktarımın miktarı ve aldığı süre, maddeden maddeye değişmektedir. Bu nedenle, bina inşaatında kullanılan malzemelerin, iklim özelliklerine ve yalıtım ihtiyacına göre uygun seçilmesi oldukça önemlidir.

Şekil 3.17’da bulunan binanın termal modelinde, kullanılan malzemelere bağlı olarak yapısal özelliklerinin farklı olması nedeniyle, kapı, pencere, duvarlar ve çatı için, birbirleriyle bağlantılı ayrı termal modeller oluşturulmuştur. Bu modellerde, bina içi hava – malzeme ve malzeme – dış ortam havası arasındaki konveksiyon ve iletim yolu ile aktarılan ısı ve sızıntı yolu ile iç ortam ve dış ortam arasındaki aktarılan ısı göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca malzemenin dış ortamdan ısı alma ve bunu depolama kapasitesi olan termal kütle (thermal mass) de modellemeye dâhil edilmiştir.

3.8. Sıcaklık ve Nem Verilerini Simülasyona Aktarılması

Bu aşamada, sinyal oluşturucu blok (Signal Builder Block) kullanılmıştır. Bu bloklar, Simulink’te sinyal kaynağı oluşturmayı ve oluşturulan sinyal kaynakları arasında kolaylıkla geçiş yapmayı sağlamaktadır.

Simülasyonda, 2019 yılı, Haziran ayı, Ankara iline ait sıcaklık ve bağıl nem değerleri kullanılmıştır [27]. Bu değerler, saat başı verileri olmakla birlikte bunlar simülasyona aktarılırken saniye olarak ele alınmış ve sinyal oluşturucu ile sisteme anlık veri olarak aktarılmıştır (Bkz. Şekil 3.18). Bu nedenle, simülasyondaki her bir devir, bir güne ait sıcaklık ve bağıl nem verilerine denk gelmektedir.

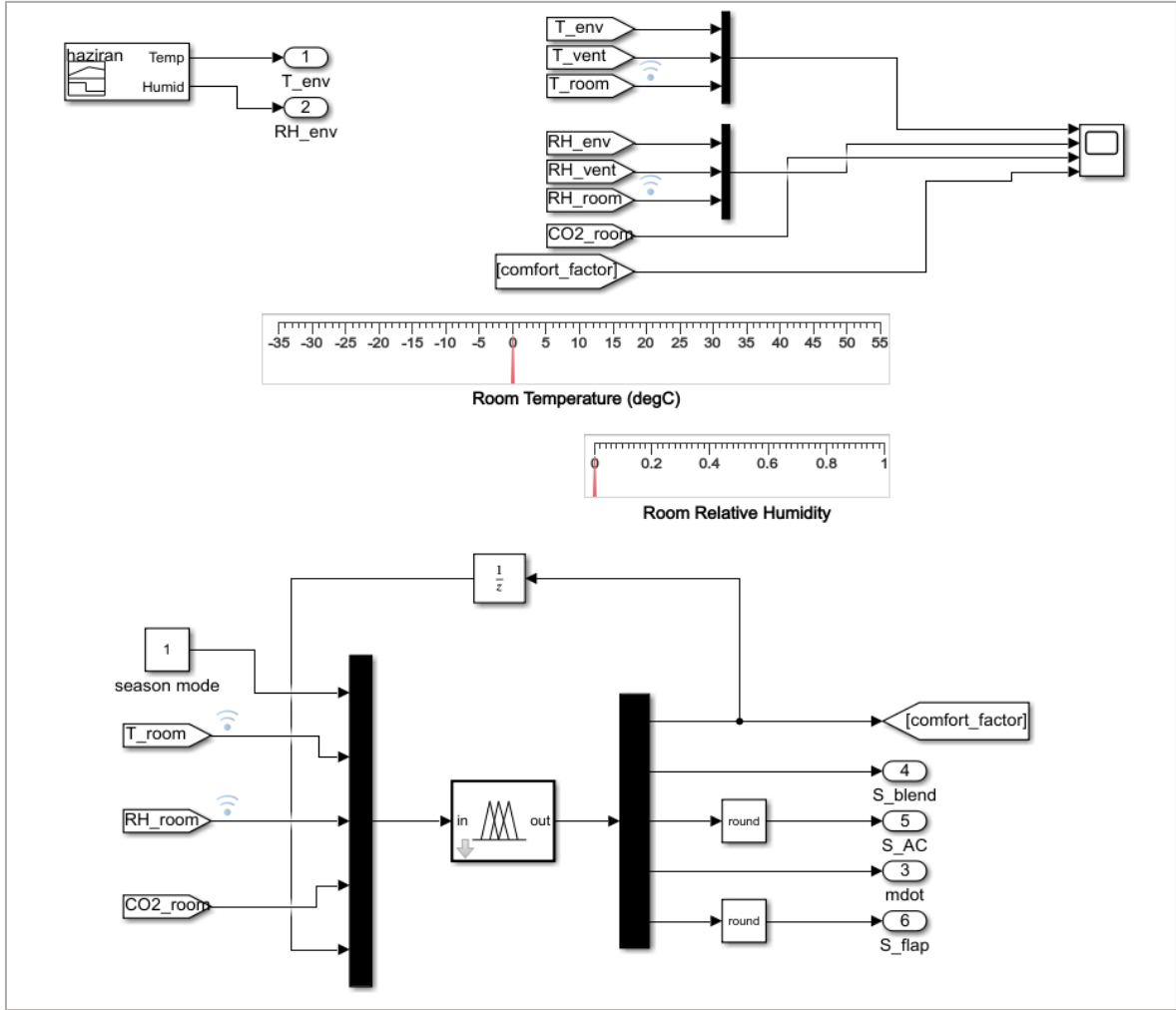


Şekil 3.18. Ankara ili 2019 yılı Haziran ayına ait sıcaklık ve nem verileri

Diğer taraftan, tasarlanan sistem, dış ortama ait sıcaklık ve bağıl nem oranlarının yanı sıra bina içinde bulunan bireylerin ortama verdikleri sıcaklık, nem ve CO₂ miktarlarından da etkilenmektedir. Çalışmada, yapılan simülasyon sırasında bina içerisinde 5 kişi bulunmaktadır. (Bkz. Şekil 3.5)

3.5. Kontrol Ünitesi

Oluşturulan kontrol ünitesi, bulanık mantık denetleyiciyi içermektedir. Burada bina içinde ölçülen değerler, denetleyicinin girdisi durumundadır. Denetleyicinin çıktı değerleri ise HVAC sistemindeki ünitelerin kontrolü için kullanılmaktadır. Söz konusu kontrol ünitesi, Şekil 3.19’de gösterilmiştir.



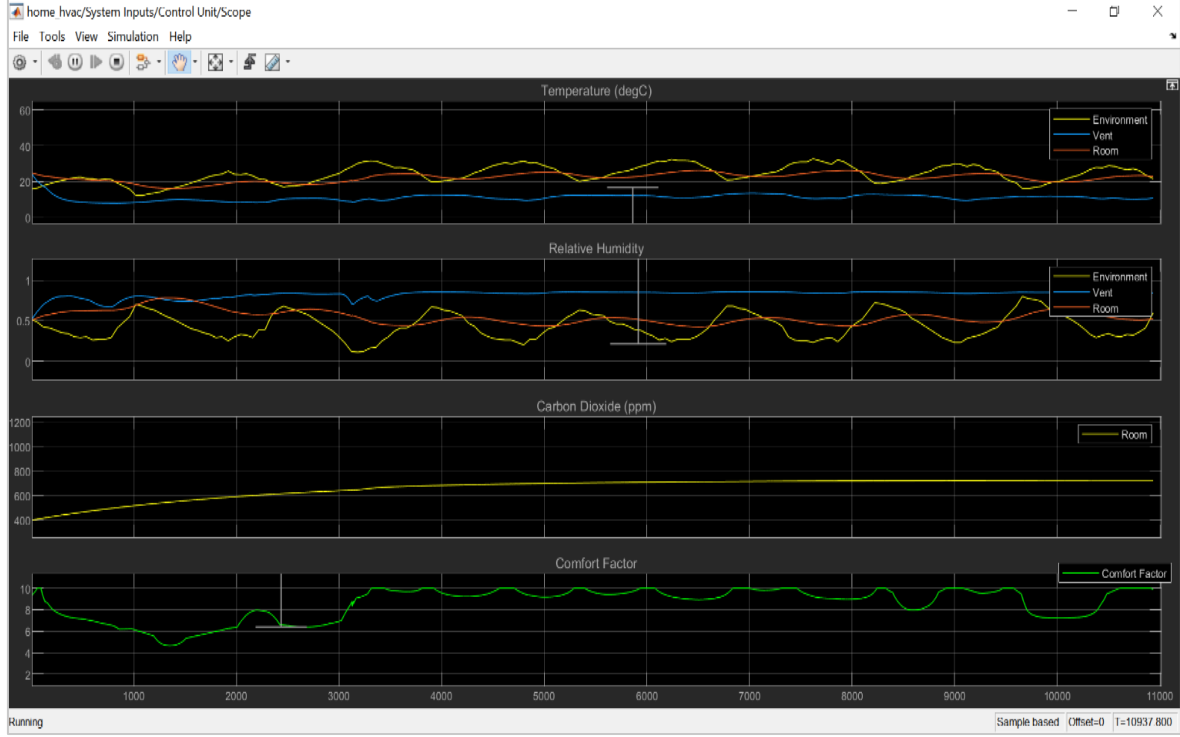
Şekil 3.19. Kontrol ünitesi

3.9. Elde Edilen Simülasyon Sonucu

Kontrol ünitesi bölümde bulunan scope ile sistem simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar incelendiğinde, ilk başlarda konfor faktöründe aşağı yönlü bir dalgalanma görüldü ise de daha sonra konfor faktörü daha kararlı hale gelmiştir (Bkz. Şekil 3.20).

Ancak bu süreçte de ufak dalgalanmalar görülmüştür. Bunun birinci nedeni, bir aylık uzun bir sürece ait verilerin, kısa zaman zarfında sistemi simüle etmek için kullanılması ve sistemin ani değişikliklere tepki verdiği süre zarfında konfor faktöründe yaşanan değişikliklerdir.

Diğer bir neden ise sistemdeki nem miktarının sıcaklık ve fan hızıyla kontrol edilmesi, ayrı bir nem alma ve nem verme cihazının sistemde bulunmamasıdır. Buna rağmen konfor faktörü, simülasyonun ilk aşamasında görülen düşüşten sonra, çok konforlu ve konforlu değerleri arasında seyretmiştir.



Şekil 3.20. Simülasyon sonucu

4. TARTIŞMA

Sistemde, nem verme ve nem alma özellikleri bulunan ayrı bir cihaz tasarlanmamıştır. Mevcut sistemde bağıl nemin kontrolü, fan hızı ve sıcaklık değerleri üzerinden yapılmıştır. Ancak bu durum, bağıl nem kontrolünü zorlaştırmıştır. Böyle bir cihazın ya da cihazların sisteme eklenmesi, hem bağıl nem kontrolünün daha etkin bir şekilde yapılabilmesini hem de konfor faktörünün daha stabil hale getirilerek dalgalanmaların önüne geçilebilmesini ve konfor faktörü değerinin daha da yükseltilmesi sağlanabilecektir.





5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanların sağlıklı ve rahat bir yaşam sürebilmeleri için binalarda konfor faktörü, en az enerji verimliliği kadar önemli taşımaktadır. Bu düşünceyle bu çalışmada, Simulink ortamında bir tek üniteli bir binanın termal modellenmesi yapılmış ve mevcut bir HVAC modeli revize edilerek sisteme eklenmiştir. Söz konusu sistemin kontrolü için bir bulanık mantık denetleyici tasarlanmıştır. Bu denetçi ile tasarlanan binaya ait sıcaklık, bağıl nem oranı, CO₂ miktarı ve geri besleme yolu ile denetleyiciye geri gelen konfor faktörü verileri değerlendirilmiştir.

Değerlendirme sonucunda, sıcaklık, AC, fan hızı ve havalandırma kontrolü yapılmış ve konfor faktörünün yeni değeri belirlenmiştir. Tasarlanan bu sistemde, sıcaklık ve bağıl nem değerleri, belirli sınırlar arasında tutulabilmiş ve CO₂ miktarı yaklaşık 700 ppm'de denge seviyesine gelmiştir. Ayrıca konfor faktörü, çok konforlu ve konforlu kabul edilen aralıklarda seyretmiştir. Ancak dış ortama ait sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde görülen dalgalanmalar nedeniyle konfor faktöründe de dalgalanmalar meydana gelmiştir. Burada dalgalanma yaşanmasındaki en önemli etken sistemde ayrı bir nem alıcı ya da nemlendirici ünitelerin bulunmamasıdır. Sonuç olarak yapılan çalışmada, bina içi konfor faktörü, yüksek seviyelerde tutulabilmiştir.

Konfor faktörü denildiğinde akla ilk olarak kişilere konforlu bir yaşam alanı oluşturma çabası olarak gelmektedir. Ancak yapılan bu çalışma sonucunda, konfor faktörünün belli seviyelerde tutulmasının, akıllı binalarda bir tercihten öte bir ihtiyaç hatta bir zorunluluk olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise binalarda konfor faktörünün en azından kabul edilebilir seviyelerde sağlanamaması durumunda, o binada yaşamakta olan kişilerin sağlık yönünden oldukça olumsuz etkilenebilecek olmasıdır. Bunun yanında, özellikle ofis olarak kullanılan binalarında, kişilerin performanslarında ciddi düşüşler yaşanacaktır. Günümüzde giderek sayısı artan akıllı binalarda bu faktörlerin göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Bir binada, hedeflenen konfor faktörünün en optimum seviyede sağlanabilmesi için ilk olarak binanın projelendirme safhasında konfor faktörüne ilişkin çalışmalara başlanılmalıdır. Bu aşamada birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörler için örnek verilecek olursa; binanın inşa edileceği yerin ikliminin göz önünde bulundurulması,

buna uygun binanın izolasyonu ve havalandırması dizaynının yapılması, binanın güneş ışınlarına göre konumlandırılması, başta HVAC sistem olmak üzere binada kullanılacak sistemlerin ihtiyaca uygun ve doğru kapasitede seçilmesi gibi pek çok şey sıralanabilir. Bu unsurlar gözetilerek ve detaylı bir şekilde düşünülerek projelendirilmiş bir binada, konfor faktörünün istenilen düzeylere çıkarılması çok daha kolaydır.

Bina ve bina içindeki kullanılacak sistemlerin dizaynından sonra, konfor faktörüne seviyeye atlatacak olan ise yapay zekâ teknikleridir. Günümüzde, akıllı binalardaki sistemlerin kontrolünde, birçok farklı yapay zekâ tekniği denenmekte ve bunlar arasından en etkin olanı bulunmaya çalışılmaktadır. Konfor faktörü alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde ise bulanık mantık denetleyicilerle oldukça olumlu sonuçlar alındığı görülmektedir. Çünkü bulanık mantık denetçilerle, matematiksel modellemeler ve karmaşık işlemler yapmadan, insan düşünce şeklinin denetçiye aktarımı ile sistemlerin kontrolü kolayca yapılabilmektedir.

Bu çalışmada tasarlanan bulanık mantık denetleyici ise var olan bir HVAC sistem modeli için oluşturulmuştur. Bu nedenle HVAC sistemi, yukarıda bahsedilenin aksine, iklimsel faktörler de göz önünde bulundurularak ihtiyaçlar doğrultusunda seçilememiştir. Konfor faktöründeki dalgalanmalarda, bunun etkisi bulunmaktadır. Ancak, tüm bunlara rağmen konfor faktörü yüksek düzeylerde tutulabilmiştir. Buradan yola çıkarak, tasarlanan bulanık mantık denetleyiciyle, mevcut bir sistemin kontrol edilebileceği ve konfor seviyesinde iyileşme sağlanabileceği sonucuna varılabilir.

Bundan sonraki aşamalarda yapılacak çalışmalarda, akıllı binalardaki konfor faktörü, bir adım öteye götürülerek, kişisel bazda konfor faktörünü sağlamak üzerine yoğunlaşılmalıdır. Bu çalışma sırasında, herkes için optimum olabilecek konfor değerleri esas alınmıştır. Ancak, daha önce bahsedildiği gibi, konfor değerleri kişilerin; yaşına, cinsiyetine, metabolizma hızına, sağlık durumuna ve hatta giydiği kıyafetlere göre değişmektedir. Örneğin 30 yaşındaki sağlıklı bir bireyle, birkaç aylık bir bebeğin ya da 80 yaşındaki kronik rahatsızlıkları bulunan birinin, sağlık açısından konfor ihtiyaçları bir olmayacaktır. Bu nedenle, hem kişiye özel konfor faktörü sağlayan hem de farklı ihtiyaçlara sahip kişiler aynı ortamı paylaştığında hepsi için ortak bir çözüm üretebilen bir sistem üzerinde çalışılmalıdır. Böylece kişilerin günlük hayatlarının büyük çoğunluğunu geçirdiği iç mekânlar bir taraftan

akıllı yapılar haline dönerken diğer taraftan insanlara standart bir konfor düzeyi sunan ve insanlar için daha sağlıklı olan alanlar haline gelecektir.





KAYNAKLAR

1. Yan, H., Pan, Y., Li, Z., and Deng, S. (2018). Further development of a thermal comfort based fuzzy logic controller for a direct expansion air conditioning system. *Applied Energy*, 219, 312-324.
2. Attia, A. H., Rezek, S. F., and Saleh, A. M. (2017). Fuzzy logic control of air-conditioning system in residential buildings. *Alexandria Engineering Journal*, 54(3), 395-403.
3. Al-Aifan, B., Parameshwaran, R., Mehta, K., and Karunakaran, R. (2017). Performance evaluation of a combined variable and cool thermal energy storage system for air conditioning applications. *International Journal of Refrigeration*, 76, 271-295.
4. Liu, J., Zhang, W., Chu, X., and Liu, Y. (2016). Fuzzy logic controller for energy savings in a smart LED lighting system considering lighting comfort and daylight. *Energy and Buildings*, 127, 95-104.
5. Kang, C. S., Hyun, C. H., and Park, M. (2015). Fuzzy logic-based advanced on-off control for thermal comfort in residential buildings. *Applied Energy*, 155, 270-283.
6. Motamed, A., Deschamps, L., and Scartezzini, J. L. (2017). On-site monitoring and subjective comfort assessment of a sun shadings and electric lighting controller based on novel High Dynamic Range vision sensors. *Energy and Buildings*, 149, 58-72.
7. Moon, J. W. (2015). Comparative performance analysis of the artificial-intelligence-based thermal control algorithms for the double-skin building. *Applied Thermal Engineering*, 91, 334-344.
8. Ghadi, Y. Y., Rasul, M. G., and Khan, M. M. K. (2016). Design and development of advanced fuzzy logic controllers in smart buildings for institutional buildings in subtropical Queensland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 738-744.
9. Esmaeilzadeh, A., Zakerzadeh, M. R., and Koma, A. Y. (2018). The comparison of some advanced control methods for energy optimization and comfort management in buildings. *Sustainable Cities and Society*, 43, 601-623.
10. Yordanova, S., Merazchiev, D., and Jain, L. (2015). A Two-Variable Fuzzy Control Design with Application to an Air-Conditioning System. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23(2).

11. Martirano, L., Parise, G., Parise, L., and Manganelli, M. (2016). Optimizing the level of energy performance and comfort in an office space by taking advantage of building automation systems and solar energy. *IEEE Industry Applications Magazine*, 22(2), 10-17.
12. Menyhárt, J., and Kalmár, F. (2019). Investigation of Thermal Comfort Responses with Fuzzy Logic. *Energies*, 12(9), 1-13.
13. Sevil, M., Elalmış, N., Görgün, H., and Aydın, N. (2015). Control of Air Conditioning With Fuzzy Logic Controller Design For Smart Home Systems. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 33(3), 439-463.
14. Yau, Y. H., and Chang, C. P. (2016). The fieldwork and control engineering studies on thermal comfort of occupants in a conventional office building in the tropics. *Building Services Engineering Research and Technology*, 37(3), 355–373.
15. Grygierek, K., and Ferdyn-Grygierek, J. (2018). Multi-Objectives Optimization of Ventilation Controllers for Passive Cooling in Residential Buildings. *Sensors*, 18(4).
16. Anastasiadi, C., and Dounis, A. I. (2017). Co-simulation of fuzzy control in buildings and the HVAC system using BCVTB. *Advances in Building Energy Research*, 12(2), 195-216.
17. Fayaz, M., Ullah, I., and Kim, D. H. (2019). An Optimized Fuzzy Logic Control Model Based on a Strategy for the Learning of Membership Functions in an Indoor Environment. *Electronics*, 8(2).
18. Hang, L., and Kim, D. H. (2018). Enhanced Model-Based Predictive Control System Based on Fuzzy Logic for Maintaining Thermal Comfort in IoT Smart Space. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(7).
19. Abdo-Allah, A., Iqbal, T., and Pope, K. (2018). Modeling, Analysis, and Design of a Fuzzy Logic Controller for an AHU in the S.J. Carew Building at Memorial University. *Journal of Energy*, 2018.
20. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (2017). *ANSI/ASHRAE Standard 55-2017*.
21. İnternet: Quick Guide: Overheating and Thermal Comfort. URL: <https://ggbec.co.uk/quick-guide-overheating-thermal-comfort>, Son Erişim Tarihi: 24.08.2019.
22. Arundel, A. V., Sterling, E. M., Biggin, J. H., and Sterling, T. D. (1986). Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments. *Environmental Health Perspectives*, 65, 351-361.
23. Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(3), 376-390.

24. Bulut, H. (2012). Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO₂ Miktarının Analizi. *Tesisat Mühendisliği*, 128, 61-70.
25. Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., and Fisk, W. J. (2012). Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671-1677.
26. Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., and Spengler, J. D. (2016). Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 805-812.
27. İnternet: Hava durumu portalı Ankara ili haziran ayı hava durumu verileri. URL: https://rp5.ru/Ankara_kentine_ait_hava_durumu_ar%C5%9Fivi, Son Erişim Tarihi: 02.07.2019.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : IRAK, Nevin
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri: 30.05.1982, Eskişehir
 Medeni hali : Bekâr
 e-mail : nevinirak@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Elektrik Elektronik Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Çukurova Üniversitesi/Elektrik Elektronik Mühendisliği	2005
Lise	Polatlı Süper Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Uzman Yardımcısı
2014-2017	MKEK	Mühendis
2012-2014	TCDD	Mühendis
2010-2012	ESK	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

Irak, N., and Yılmaz, E. N. (2019). Comfort Factor at Smart Buildings and Its Optimization. *SETSCI*, 4(5), 136-141.

Hobiler

Film izlemek, kitap okumak





GAZİ GELECEKTİR..