KASET TİPİ KLİMALARDA TERMOSTAT YERLEŞİMİNİN ORTAM İÇERİSİNDEKİ HIZ, SICAKLIK VE PARTİKÜL DAĞILIMINA OLAN ETKİSİNİN SAYISAL ARAŞTIRILMASI

Numerical Investigation of Effects of the Thermostat Position on Velocity, Temperature and Particle Distribution in Cassette Type Air Conditioners

Mustafa MUTLU
Emre ÇALIŞKAN

ÖZET

Klima ile konfor ortamı oluşturulan mahallerde minimum seviyede sıcaklık farklılıkları oluşması sağlanmalıdır. Kullanıcının klima kumandası üzerinden set etmiş olduğu sıcaklık değerinin hacmin tamamında aynı derecenin oluşması istenmektedir. Bunun yapılabilmesi için klima kumandasının koyulacağı yer büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, soğutma uygulamalarında yaygın olarak kullanılan kaset tipi iç ünitenin kullanılması durumunda termostatın yerleşim yerinin oda içerisindeki hız, sıcaklık ve oda içerisindeki solunabilir partikül (10 μm) miktarına olan etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Termostat konumunun etkisini incelemek amacıyla yedi farklı noktaya yerleştirildiği kabul edilen cihaz kontrol kumandası, bulunduğu pozisyonun sıcaklık değerine bağlı olarak iç ünitenin üfleme sıcaklığı ve üfleme hızı ayarlanmaktadır. 2 boyutlu yapılan bu çalışmada PPD değerleri hesaplanmış ve konforsuzluk bölgeleri belirlenmiştir. Bununla birlikte, oda içerisindeki partiküllerin Eulerian-Langrangian modeli kullanılarak takibi yapılmış ve termostat yerleşimin partikül dağılımına olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, termostat yerleşiminin yalnızca konfor üzerine veya oda içerisindeki sıcaklık dağılımlarını etkilemediği aynı zamanda enerji tüketimini de önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Termostat yerleşimi, Isıl konfor, Partikül dağılımı, HAD

ABSTRACT

Minimum temperature differences should be provided by air conditioners where comfort conditions are obtained. It is desired that temperature reached to set temperature that adjusted from control panel, in entire control volume. Thus control panel position is crucial to obtain this homogenous temperature distribution. In this study, the effect of thermostat position, which is often used in case of preferring cassette type cooling devices, on room temperature, velocity distributions and respirable particle concentrations was investigated numerically. Blowing temperature and velocity of the cassette type air conditions were adjusted by temperature of the position in where thermostat was placed. In 2D cases PPD were calculated and discomfort zones were determined. Moreover, particles placed in the room randomly, were tracked by Eulerian-Langrangian model and effect of thermostat position were determined. It is found that, thermostat position not only highly influences temperature distribution in a room but also affects concentrations and depositions of particles.

Key Words: Thermostat position, Thermal Comfort, Particle distribution, CFD

1. GİRİŞ

İnsanların kaliteli bir yaşam sürdürebilmeleri için yaşadıkları ve çalıştıkları ortamların hijyen, termal ve iç hava kalitesi açılarından konfor şartlarını sağlamaları gerekmektedir. Günümüz şehir insanının çalışma ve yaşam alışkanlıkları göz önünde bulundurulduğunda kapalı ortamların iklimlendirilmesi sağlık ve konfor açısından çok önemlidir. Konfor için binalarda tesis edilen HVAC ve benzeri tesisat sistem düzenlerinden meydana gelen insan rahatsızlıklarının giderilmesi olayı önem kazanmıştır. Bina için uygun iklimlendirme sistem tasarımı hastalıklı bina sendromu oluşmasına neden olmaması için önemli bir hal almıştır. Son yıllarda merkezi iklimlendirme sistemlerinde ısı pompalarının kullanımı artmıştır. Isı pompası sistemlerinin tasarım, üretim ve otomasyonundaki gelişmeler ile birlikte bu sistemlerin ısıtma ve soğutma performansları her geçen yıl artmaktadır. Performans ve verimlilik açısında günümüz iklimlendirme cihazları merkezi sistem olarak projelendirilmekte ve iç ortam da kaset tipi ünite kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu tarz sistemlerin ortam içerisindeki sıcaklık ve hız dağılımı dolayısıyla ısıl konfora olan etkisi üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Aynuır ve ark. VRV sisteminin kontrol metotlarını deneysel olarak incelemişler ve VAV sistem ile karşılaştırmışlardır [1]. VRV sisteminin bireysel kontrol modunda soğutma performans faktörünün master kontrol moduna göre %3 ila %15 arasında daha yüksek olduğunu tespit etmişler ve tek bir termostat ile sıcaklık kontrolünün yapılması ile her bölgelerdeki termal konforun sağlanmasının mümkün olmadığını belirtmişlerdir. VRV sistemi, ısı pompası prensibi ile çalışan bir kurutucu ile entegre edilerek enerji tüketimin düşürülebileceği deneysel olarak gösterilmiştir [2]. Noh ve ark. kaset tipi iç ünitenin kullanıldığı bir sınıfta termal konfor ve CO2 ölçümleri yaparak iç ünitenin hava üfleme açılarını ve debisinin etkisini belirlemeye çalışmışlardır [3]. Hava üfleme açısının artmasıyla termal konforun az da olsa kötüleştiği buna karşın CO2 konsantrasyonun çok fazla değişmediğini bulmuşlardır. Hava debisinin 800 m3/h değerinden yüksek olması durumunda CO2 konsantrasyonunun kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığını göstermişlerdir. CFD metodu kullanılarak, kaset tipi iç ünitelerin performansını ve kullanıldıkları ortamlarda oluşturdukları sıcaklık ve hız dağılımlarını ortaya çıkarılmakta ve bu veriler kullanılarak termal konforsuzluk bölgeleri rahatlıkla belirlenebilmektedir [4]. Bamodu ve ark., sayısal çalışma ile kaset tipi iç ünitenin duvar tipi split klimalara göre havayı daha iyi dağıttığını belirlemişler ve kaset tipi iç ünitenin enerji tasarrufu potansiyelini vurgulamışlardır [5]. Bununla birlikte kaset tipi klimanın üfleme hızının ve sıcaklığının kontrol edilmesi ile ortam içerisindeki termal konforun iyileştirmenin mümkün olduğu belirtilmiştir [6]. Noh ve ark. deneysel ve sayısal olarak karışık havalandırma (mixing ventilation) sisteminin kullanıldığı bir sınıfta kaset tipi bir klimanın hava üfleme miktarının etkisini incelemişlerdir [7]. Karışık havalandırmanın kullanıldığı ortamlarda kaset tipi klima gibi bir momentum kaynağının olması, ortam içerisindeki havalandırma performansını iyileştiği sonucuna varmışlardır.

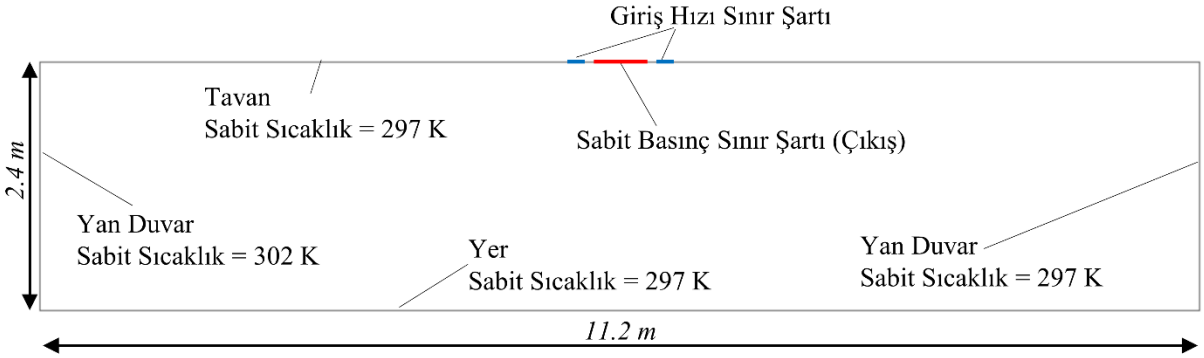
Enerji tasarrufu açısından kullanılan oda termostatları, iç ünitenin hava üfleme hızını ve sıcaklığını değiştirebilmesi nedeniyle bu cihazların konumlandırılması ortamdaki konfor açısından önemlidir. Oda içerisinde diğer bölgelerden daha sıcak olan bir noktaya veya direk güneş ışınımına maruz kalan bir bölgeye termostat yerleştirilmesi durumunda cihaz ortamı olduğundan daha sıcak algılayarak üfleme hızını arttıracak veya üfleme sıcaklığını düşürecektir. Bu durum, konforsuz bölgelerin oluşmasına neden olabilir. En uygun termostat konumunun belirlenmesi amacıyla Tian ve ark. bir simülasyonlardan faydalanan bir optimizasyon metodu geliştirmişlerdir [8]. Benzer bir çalışma da bir HAD programı ile Building Energy Simulation programlarını eş simülasyon ile birlikte kullanarak optimum termostat yerleşimini belirleyen Du ve ark. tarafından gerçekleştirilmiştir [9].

Termostat yerleşiminin ısıl konfor üzerindeki etkisi ile ilgili kısıtlı çalışma bulunmakla birlikte termostatların ortam içerisindeki partiküllerin davranışı üzerindeki etkisi ile alakalı çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmadaki sonuçlar literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır. Literatürde farklı ısıtma sistemlerinin partikül davranışına ve partikül dağılımlarına olan etkisi ile ilgili çalışmalar bulunabilir [11 - 15].

Bu çalışmada, kaset tipi klima kullanıldığı bir ortamda termostat yerleşiminin, ortamdaki hız sıcaklık dağılımına olan etkisi CFD kullanılarak incelenmiştir. 2–boyutlu bir modelin kullanıldığı çalışmada yedi farklı konuma yerleştirilen ve üfleme hızı ile sıcaklığın kontrol edilebilen termostatın oda içerisindeki PPD değerlerine ve partikül dağılımına olan etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada kullanılan model, doğrulama ve sonuçların karşılaştırılması amacıyla Noh ve ark. [3] tarafından ölçüm alınan sınıfın boyutları kullanılarak oluşturulmuştur. Sınıfın tam ortasındaki düzlem baz alınarak oluşturulan 2 boyutlu model Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan odanın boyutları ve sınır şartları

İç ortam ile temasta bulunan duvarlar iç ortam sıcaklığında 297 K olarak alınırken, dış ortam ile temasta bulunan duvarların ise 302 K olduğu kabul edilmiştir. Kaset tipi klimanın boyutları 0.90 m × 0.90 m ve hava üfleme kanallarının genişliğinin 0.05 m olduğu kabul edilmiştir [3]. Havanın giriş açısı 30° olacak şekilde hesaplamalar yapılmış olup hızı ve sıcaklığı termostattan alınan bilgilere göre değişmektedir. Termostattaki ayar sıcaklığı ile termostat konumundaki sıcaklık farkı yükseldikçe üflenen havanın sıcaklığı düşmekte ve debisi artmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Üfleme sıcaklığının ve hızının kontrol parametreleri

ΔT (Tset – Tmeas)	Üfleme Debisi [m3/h]	Üfleme Sıcaklığı [°C]
0 – 2.49	744	$T = -0.833\,\Delta T + 294.67$
2.5 – 7.49	1170	
7.5 – 12.49	1590	
>12.5	1590	

Analizlerde Standart k-ε türbülans modeli kullanılmış ve ortamdaki ışınım ayrık koordinatlar (DO) metodu ile çözülmüştür. Havanın yoğunluğu sıkıştırılamayan ideal gaz kabulü ile çözülmüş olup diğer özellikleri sabit kabul edilmiştir (Tablo 2).

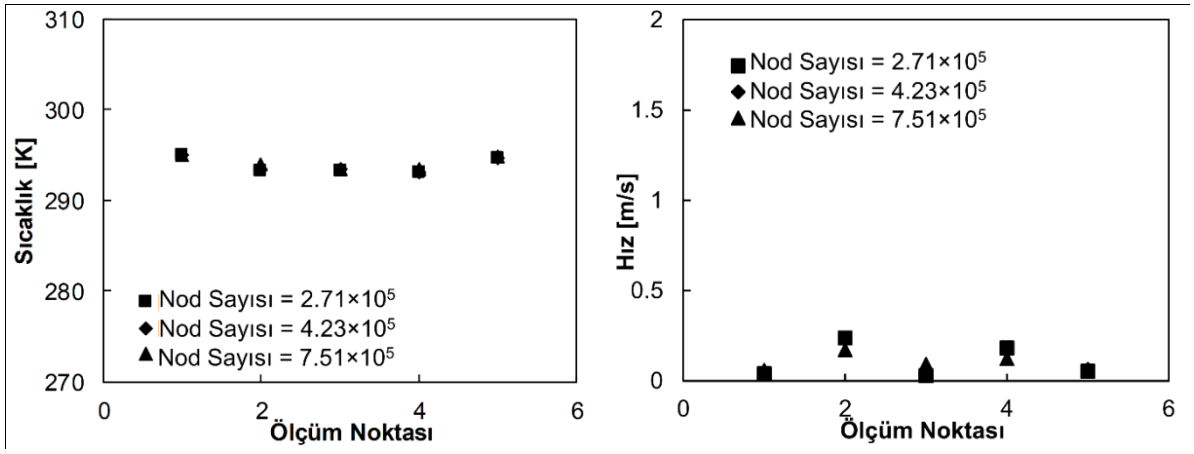
Tablo 2. Havanın özellikleri

Özgül Isı	1006.43 J/kgK
İletkenlik	0.0242 W/mK
Viskozite	1.7894×10^{-5}
Moleküler Ağırlık	28.966 kg/kmol

Basınç-Hız ilişkisi için SIMPLE algoritması, basınç ayrıklaştırılması için PRESTO metodu, diğer büyüklükler için ikinci derece ayrıklaştırılma uygulanmıştır. Enerji dışındaki diğer parametrlerin yakınsama kriteri olarak 10^{-4}, enerji için 10^{-8} seçilmiştir.

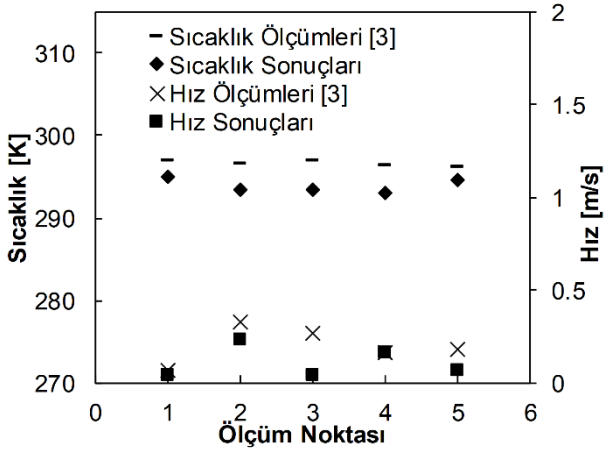
3. DOĞRULAMA

Ağdan bağımsızlık için üç farklı nod sayısına sahip ağ yapısının çözümleri yapılmış ve elde edilen verilen çok fazla değişmediği gözlenmiştir (Şekil 2). Sonuçların nod sayısı ile anlamlı olarak değişmemesinden dolayı bu çalışmada, hesaplama zamanı ve bilgisayar kapasitesi göz önünde bulundurularak 4.23×10^{5} nod sayısına sahip ağ yapısı tercih edilmiştir.



Şekil 2. Ağdan bağımsızlık

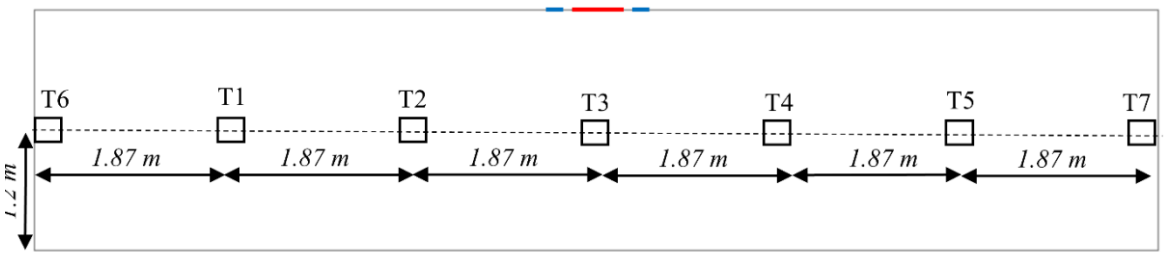
Kaset tipi klimaların kullanılması durumunda ortam içerisinde oluşan hız ve sıcaklık dağılımı ile ilgili detaylı deneysel sonuçlar açısından kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, elde edilen veriler, Noh ve ark. [3] tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Sayısal sonuçların literatürdeki deneysel veriler ile karşılaştırılması

4. TERMOSTAT YERLEŞİMİ VE PPD DEĞERLERİ

Termostat yerleşimin oda içerisindeki konforsuzluk bölgeleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yedi farklı nokta termostat yerleşim bölgesi olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Her iterasyon adımının sonunda, bu noktalardaki sıcaklıklar kullanıcı tanımlı bir fonksiyon yardımı ile hesaplanmakta ve kaset tipi klimanın hava giriş hızı ve sıcaklığı Tablo 1'deki değerlere göre değiştirilmektedir. Oda içerisindeki PPD değerleri ISO 7730 standardına göre hesaplanmıştır [10]. Buradaki hız, sıcaklık ve ışınım sıcaklığı değerleri analiz sonuçlarından elde edilmiş olup metabolik aktivite 60 W/m^2 giysi yalıtımı ise 1 clo olarak alınmıştır.



Şekil 4. Termostatların konumları

5. PARTİKÜL DAĞILIMI

Partiküllerin başlangıçta oda içerisinde bulunduğu kabul edilmiş ve dağılımlarını temsil edecek 3×10^4 adet parçacık başlangıçtaki konumları kontrol hacmi içerisinde rastgele olacak şekilde tanımlanmıştır. Bu partiküllerin üzerine kaldırma, sürüklenme, termoforetik ve Brownian kuvvetlerinin etkilediği kabul edilmiştir. Bir parçacık üzerindeki kuvvet dengesi Eş. 1 ile ifade edilebilir.

$$\frac{du_p}{dt} = F_D(u-u_p) + \frac{g(\rho_p-\rho)}{\rho_p} + F_x \tag{1}$$

Bu eşitlikte, u akışkan hızını, u_p parçacık hızını, ρ akışkan yoğunluğunu, ρ_p parçacık yoğunluğunu, $F_D(u-u_p)$ birim parçacık başına sürüklenme kuvvetini, g yerçekimi ivmesini, F_x birim parça kütlesi başına gelen ekstra kuvvetleri göstermektedir. Bu çalışmada sürüklenme kuvvetinin (F_D) hesaplanmasında Stokes' sürüklenme kanunu [21] kullanılarak şu şekilde tanımlanmıştır:

$$F_D = \frac{18\mu}{d_p^2\rho_p C_c} \tag{2}$$

C_c, Cunningham düzeltme faktörünü göstermekte ve λ ortalama moleküler serbest yolu göstermek üzere şu şekilde hesaplanabilmektedir:

$$C_c = 1 + \frac{2\lambda}{d_p}(1.257 + 0.4e^{-(1.1d_p/2\lambda)}) \tag{3}$$

Termoforetik kuvvetlerin parçacıklar üzerindeki Talbot [22] tarafından önerilen ifade ile hesaplanmıştır (Eş. 4).

$$F_x = -\frac{6\pi d_p\mu^2 C_s(K + C_t Kn)}{\rho(1+3C_m Kn)(1+2K+2C_t Kn)}\frac{1}{m_p T}\frac{\partial T}{\partial x} \tag{4}$$

Bu eşitlikte, K akışkanın ısı iletim katsayısının parçacık ısı iletim katsayısına oranını (k/k_p), m_p parçacık kütlesini, T akışkan sıcaklığını, μ akışkan viskozitesini göstermektedir. C_s, C_t ve C_m katsayıları sırasıyla 1.17, 2.18 ve 1.14 olarak alınmıştır.
Brownian kuvveti ise Eş. 5 ile şu şekilde hesaplanmıştır: [23]

$$F_b = \zeta\sqrt{\frac{216\upsilon k_B T}{\pi\rho d_p^5(\frac{\rho_p}{\rho})^2 C_c \Delta t}} \tag{5}$$

Bu eşitlikte, ζ sıfır ortalamalı Gaussian rastgele sayılarını, v kinematik viskoziteyi, k_B boltzman sabitini göstermektedir. Gerilmelerden kaynaklı oluşan Saffman kaldırma kuvveti Eş. 6 ile hesaplanmıştır [24].

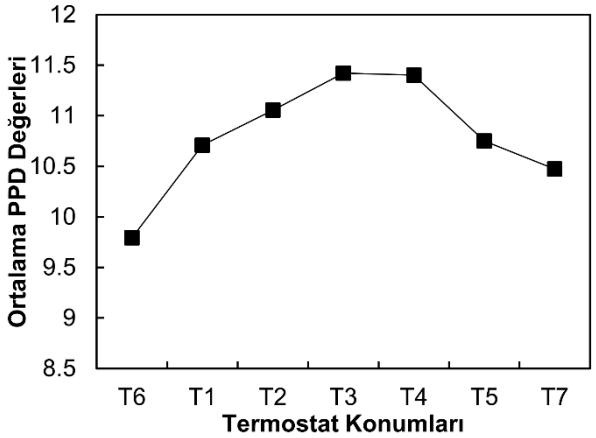
$$F = \frac{2Ku^{1/2}\rho d_{ij}}{\rho_p d_p (d_{lk}d_{kl})^{1/4}}(u-u_p) \tag{6}$$

Burada K 2.594 ve d_{ij} deformasyon tensörüdür.

6. ODA İÇERİSİNDEKİ HIZ VE SICAKLIK DEĞERLERİ

T_{set} değerinin 19 °C olması durumdaki termostatların PPD değerleri Şekil 5'te görülmektedir. PPD değerleri termostat konumuna göre değişmekte ve T3 konumunda maksimum değerini almaktadır. Buradan oda içerisindeki termal konforun termostat konumu ile yakından ilgili olduğu ve % 10'dan daha fazla etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte termostatı odanın ortasına yerleştirmek yerine duvarlara yakın yerleştirilerek ısıl konfor da iyileşmeler sağlanabilir. T3 noktasındaki termostatın diğer konumlardaki termostatlardan ayrışmasının en büyük nedeni kaset tipi klima cihazının

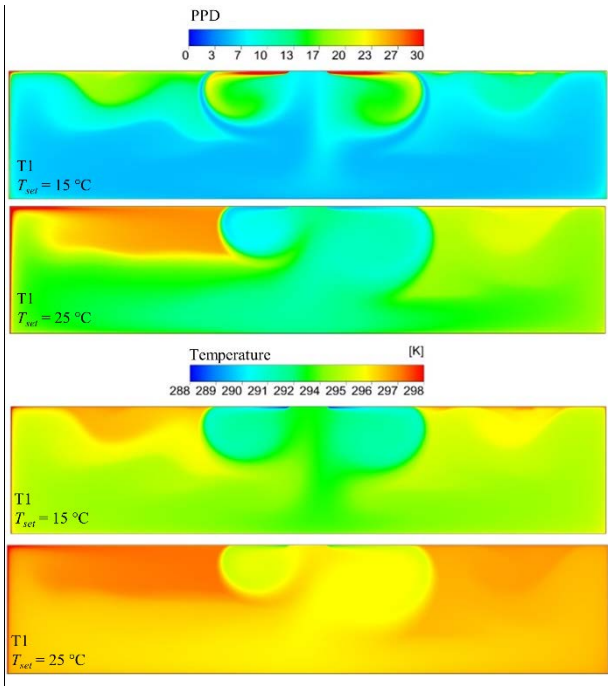
bulunduğu aynı konumda olmasıdır. T3 noktasındaki termostat, odanın diğer bölgelerindeki havaya göre daha düşük sıcaklığa sahip emiş havasının sıcaklığını algılamakta ve kontrol sistemi, ortamı olduğundan daha düşük sıcaklıkta olduğunu kabul etmektedir. Buna bağlı olarak ta üfleme sıcaklığı Tablo 1'deki değerlere göre yükselmekte ve soğutma yüklerini karşılamakta zorlanmaktadır. Dolayısıyla ortamdaki konforsuzluk düzeyi artmaktadır. Alt kademede çalıştığı için elektrik tüketimi azalmıştır. Cihazın verimi ve konfor alanında kabul edilebilir noktada tutulması için sistem otomasyonunun iyi tasarlanması gerekmektedir.



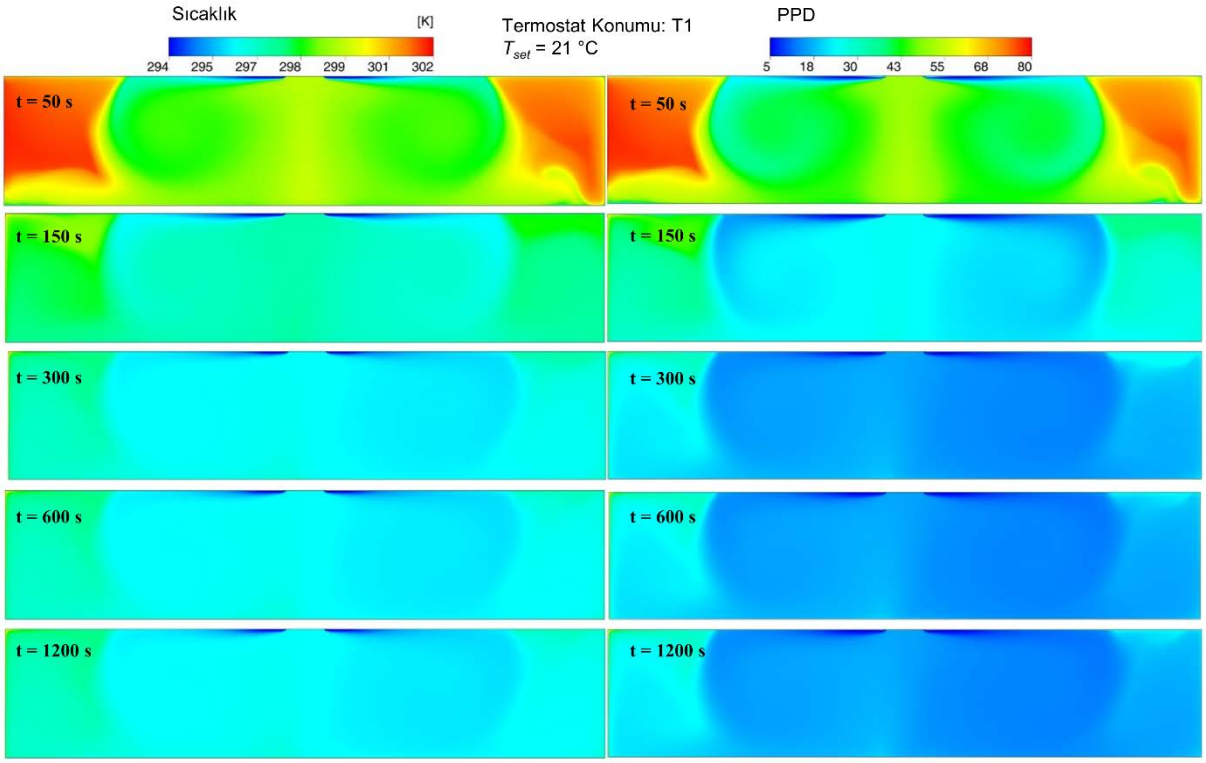
Şekil 5. Ortalama PPD değerlerinin termostat konumuna göre değişimi

Sürekli rejimde kaset tipi tavanda bulunan klimanın T_{set}=15°C olduğunda PPD analizinde klimanın üfleme ağzında ve paralel tavan bölgesinde PPD'nin 30 değerinde olduğu buna karşın odanın diğer bölgelerin de çok fazla değişkenlik göstermediği görülmüştür. Üfleme ağzında oluşan PPD değerinin nedeni üfleme sıcaklığının 15 °C olmasıdır. Odanın zeminden 150 cm yükseklik mesafesinin altında kalan kısımlar PPD 7-9 aralığında neredeyse rijit bir dağılım göstermektedir. PPD değerinin 0'ya yaklaşmasının nedeni ise Sıcaklık dağılımına bakıldığında 21°C - 22°C sıcaklığın bu bölgede homojen dağılım göstermesidir. Zeminden 150 cm yükseklik mesafesinin üstünde kalan kısımlarda ise üfleme ağzı hariç en fazla PPD değeri 23 olarak okunmuştur. Bu bölgede klimanın PPD değerinin alt kısma oranla yüksek olmasının nedeni ısınan havanın yükselerek klimanın üfleme havası ile çarpışması olarak söylenebilir. Sürekli rejimde kaset tipi tavanda bulunan klimanın T_{set}=25°C olduğunda PPD analizinde sıcak olan duvar ile tavanın kesiştiği belli bir alanda PPD'nin 30 değerinde olduğu buna karşın odanın diğer bölgelerin de PPD'nin 0'a yaklaşmadığı görülmüştür. Sıcaklık kaynağından dolayı o bölgede PPD değeri 30 olmuştur. 25°C'lik üfleme havası ile o kısımda soğutma işlemi de gerçekleştirilememiştir. Odanın zeminden 150 cm yükseklik mesafesinin altında kalan kısımlar PPD 12 - 19 aralığında neredeyse rijit bir dağılım göstermektedir. Sürekli rejimde yapılan çalışmada T_{set}=15°C ve T_{set}=25°C durumda görülmüştür ki termostat mesafesi zeminden en fazla 150 cm yukarıya konmalıdır.

Klimanın üfleme hızları ve sıcaklıkları, Tablo 1'deki değerlere göre ayarlanması nedeniyle sürekli rejim durumunda ortam sıcaklıkları istenen değerler arasında olmakta ve farklı termostat pozisyonları için aynı üfleme sıcaklık ve hızları hesaplanmıştır. Buradan kontrol yaklaşımının önemi ve kullanılan algoritmaların oda içerisindeki konforsuzluk bölgelerine önemli etkisi olduğu sonucuna varılabilir. Bu çalışmada Tablo 1'de verilen değerlerin değişimini incelemek amacıyla oda içerisindeki sıcaklık ve hız dağılımlarının zaman göre değişimleri de araştırılmıştır. Oda içerisindeki başlangıç sıcaklığı 302 K ve T_{set} değeri 21 °C alınarak sürekli rejimde çözümler gerçekleştirilmiştir. Buna göre oda içerisindeki sıcaklıklar yaklaşık 300 s içerisinde konfor değerlerine geldiği söylenebilir (Şekil 7). Oda içerisinde klimanın emiş tarafının sıcaklığının odanın diğer bölgelerine göre daha hızlı istenen değere geldiği ve konfor açısından incelendiğinde ise PPD değerlerinin diğer bölgelere kıyasla düşük hesaplandığı söylenebilir. Hesaplamanın başlangıç zamanında sıcaklık farklarının yüksek olmasından dolayı üfleme sıcaklığı düşük, üfleme hızı ise yüksek olmaktadır.



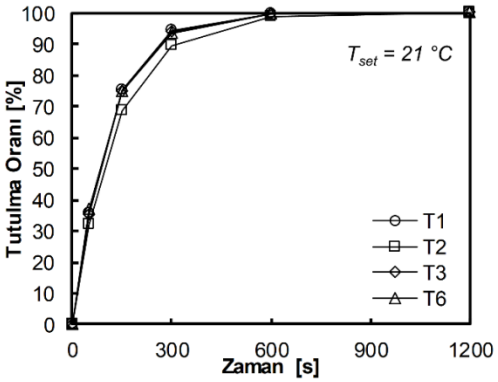
Şekil 6. Sürekli rejimde oda içerisindeki sıcaklık ve PPD dağılımı



Şekil 7. Geçici rejimde oda içerisindeki sıcaklık ve PPD dağılımı

6. PARTİKÜL KONSANTRASYONLARI

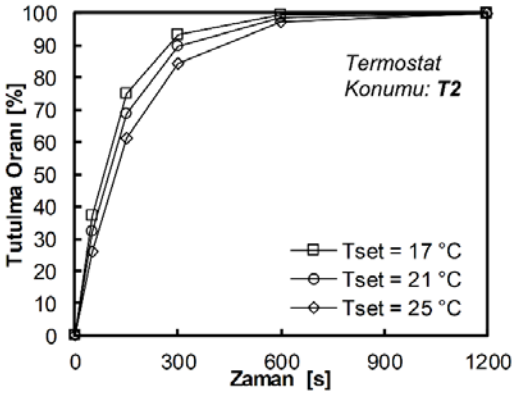
Oda içerisindeki partikül dağılımları, ayar sıcaklığının 17 °C, 21 °C ve 25 °C değerleri için Şekil 4'te verilen termostat konumlarından T1, T2, T3 ve T6 pozisyonlarında incelenmiştir. Ayar sıcaklığı üfleme hızlarını ve sıcaklıklarını yakından ilgilendirmesi sebebiyle ortam içerisindeki partiküllerin hareketleri üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Ayar sıcaklığı ile termostat konumunun sıcaklıkları arasındaki farkın yüksek olması durumundan üfleme sıcaklığı da yüksek olacak buna bağlı olarak ortamdaki partiküller de hızlanacaktır. Partiküllerin üzerine etki eden kuvvetler yalnızca hızlara bağlı olarak değişmemekte sıcaklık ve ortamdaki sıcaklık değişimlerinin de bu kuvvetlerin üzerinde dolayısıyla partiküllerin hareketi üzerinde etkisi bulunmaktadır. Şekil 8'de farklı termostat konumlarının ortamdaki partiküllerin tutulma oranlarının zamana göre değişimi verilmiştir. T1, T3 ve T6 konumları için hesaplanan değerler birbirine yakın iken T2 konumu, diğer termostat konumlarından daha düşük bir partikül tutma performansı göstermiştir. Partiküllerin tutulma oranındaki bu değerler, T2 konumunda %13'e kadar bir farklılık gösterebilmektedir. Bu durum da termostat yerleşimin yalnız ortam içerisindeki hız ve sıcaklık değerlerini etkilemediği aynı zamanda partikül dağılımlarını ve partiküllerin ortamdan uzaklaştırma performansını etkilediğini göstermiştir.



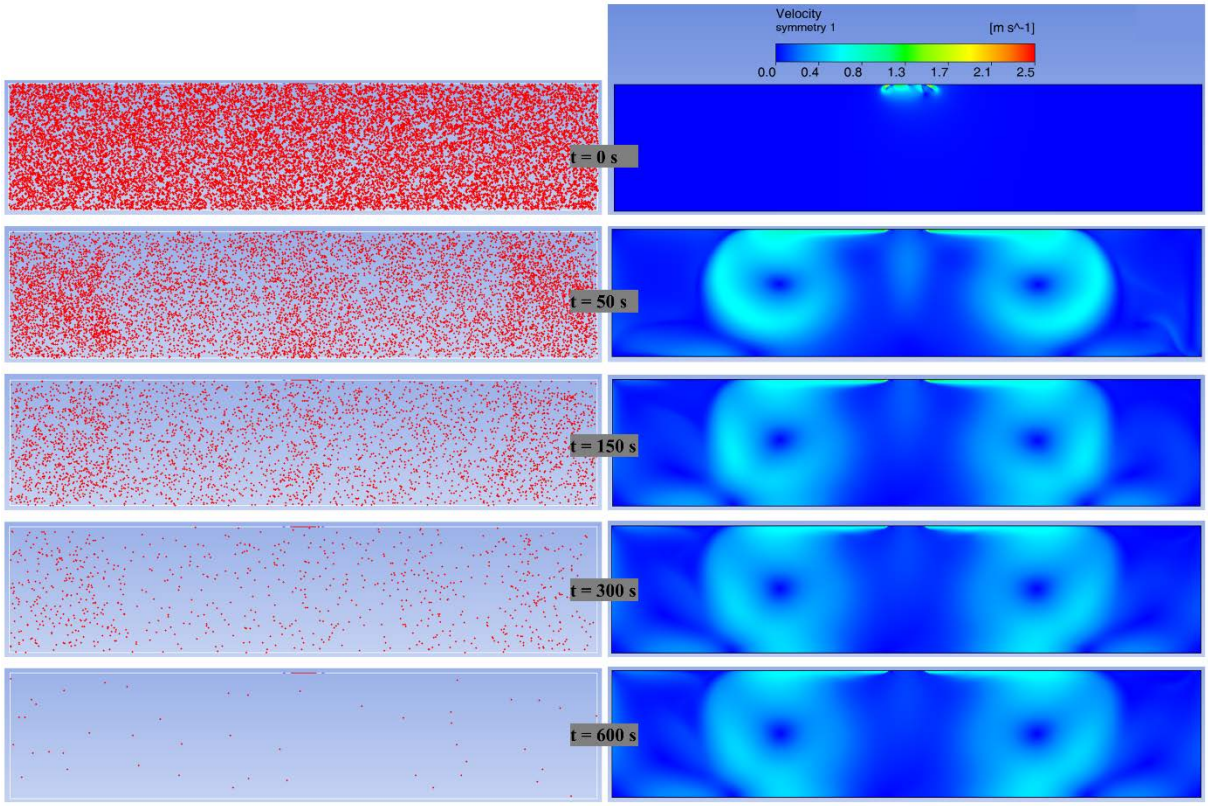
Şekil 8. Farklı termostat konumlarında partikül tutulma oranlarının zamanla değişimi

Oda içerisindeki hız ve sıcaklık profilleri ayar sıcaklığı ile belirlendiği için partikül dağılımına da etkisi bulunmaktadır. Termostatın düşük sıcaklıklara ayarlanması durumunda klima odayı istenen değerlere getirebilmek için üfleme sıcaklığını düşürecek ve hızı arttıracaktır. Dolayısıyla ortamdaki partiküller üzerine etkileyen kuvvetler artacaktır. Sonuç olarak klimanın termostatını düşük sıcaklıklara ayarlamak ortam içindeki partiküllerin tutulumu hızlandıracaktır (Şekil 9). Termostat sıcaklığını 25 °C yerine 17 °C'ye ayarlayarak partiküllerin tutulumunu %44'e kadar arttırmak mümkün olmaktadır.

Partiküllerin oda içerisindeki konumları incelendiğinde hız dağılımı ile yakından ilişki olduğu görülmektedir. Özellikle klimanın hava üfleme alanı ve havayı emiş kısmındaki partiküller diğer konumdakilerine göre daha hareketli olmaktadır. Klimanın emiş kısmına gelen partiküllerin tutulduğu kabulü yapılmış, yani klimanın bütün partiküller filtre ettiği varsayılmıştır. Bu nedenle klimanın altında kalan bölgedeki partiküller ortamdan daha hızlı bir şekilde uzaklaştırılmıştır (Şekil 10).



Şekil 9. Farklı ayar sıcaklıkları (T_{set}) için partikül tutulma oranlarının zamanla değişimi



Şekil 10. Oda içerisindeki partiküllerin konumu ve oluşan hız dağılımı

7. SONUÇ

Bu çalışmada, bir odanın kaset tipi klima ile soğutulmasının iki boyutlu sayısal incelemesi yapılmış ve oda termostatın konumunun predicted percentage dissatisfied (PPD) değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Termostat yerleşiminin oda içerisindeki hız ve sıcaklık dağılımını etkilediği ve aynı ayar şartlarında klimanın üfleme hızını ve sıcaklığının değişebileceği görülmüştür. Klima cihazının kontrol algoritmasının oda içerisindeki konforsuzluk bölgeleri üzerindeki etkisi en az termostat yerleşimi kadar önemli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Klimanın bir alt fan kademesi ve üfleme sıcaklığında çalışması durumunda PPD değerleri yaklaşık iki katına çıkarken soğutma yükünün ise üçte birine düştüğü hesaplanmıştır.
- Oda içerisindeki sıcaklık ve PPD değerleri incelendiğinde, termostat pozisyonunun yerden en fazla 150 cm yükseklikte konumlandırılması, oda içerisindeki konfor açısından önemli olduğu görülmüştür.
- Termostat yerleşimi, zamanla değişen dış ve iç ortam şartlarına klimanın verdiği reaksiyon üzerinde daha etkili olduğu ve oda içerisindeki konforsuzluk seviyelerinin termostat yerleşimi ile ilişkili olduğu söylenebilir.
- Termostat yerleşimin yalnız ortam içerisindeki hız ve sıcaklık değerlerini etkilemediği aynı zamanda partikül dağılımlarını ve partiküllerin ortamdan uzaklaştırma performansını etkilediğini göstermiştir. Termostatı farklı konuma yerleştirerek partiküllerin tutulumunu %13'e kadar arttırmak mümkün olmaktadır.
- Klimanın termostatını düşük sıcaklıklara ayarlamak ortam içindeki partiküllerin tutulumu hızlandırmaktadır. Termostat sıcaklığını 25 °C yerine 17 °C'ye ayarlayarak partiküllerin tutulumunu %44'e kadar arttırmak mümkün olmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 118M222 no.lu proje kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür eder.

KAYNAKLAR

[1] AYNUR, T. N., HWANG, Y., RADERMACHER, R., "Field performance measurements of a VRV AC/HP system", International Refrigeration and Air Conditioning Conference, 17-20, 2006.
[2] AYNUR, T. N., HWANG, Y., RADERMACHER, R., "Integration of variable refrigerant flow and heat pump desiccant systems for the cooling season", Applied Thermal Engineering, 30(8-9), 917-927, 2010.
[3] NOH, K. C., JANG, J. S., OH, M. D., "Thermal comfort and indoor air quality in the lecture room with 4-way cassette air-conditioner and mixing ventilation system", Building and Environment, 42(2), 689-698, 2007.
[4] SEONG, M., LİM, C., KİM, D., KİM, S., PARK, J., "A Study on the Status and Thermal Environment Improvement of Ceiling-Embedded Indoor Cooling and Heating Unit", Preprints, 2016080067, 2016.
[5] BAMODU, O., XİA, L., TANG, L., "A numerical simulation of air distribution in an office room ventilated by 4-way cassette air-conditioner", Energy Procedia, 105, 2506-2511, 2017.
[6] BAMODU, O., YANG, T., HALİM, D., "Numerical investigation of thermal comfort in an office room with 4-way cassette air-conditioner", In Proceedings of the 8th Conf. Int. Forum Urban, 2015.
[7] NOH, K. C., HAN, C. W., OH, M. D., "Effect of the airflow rate of a ceiling type air-conditioner on ventilation effectiveness in a lecture room" International Journal of Refrigeration, 31(2), 180-188, 2008.
[8] TİAN, W., FU, Y., WANG, Q., SEVİLLA, T. A., & ZUO, W., "Optimization on Thermostat Location in an Office Room Using the Coupled Simulation Platform in Modelica Buildings Library: A Pilot Study" In 2018 COBEE Conference, 2018.
[9] DU, Z., XU, P., JİN, X., LİU, Q., "Temperature Sensor Placement Optimization for VAV Control Using CFD–BES Co-Simulation Strategy" Building and Environment, 85, 104, 2015.
[10] ISO 7730:2005, Ergonomics of The Thermal Environment -- Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of The PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria, 2005.
[11] GOLKARFARD, V., & TALEBIZADEH, P., "Numerical Comparison of Airborne Particles Deposition and Dispersion in Radiator and Floor Heating Systems", Advanced powder technology, 25(1), 389-397, 2014.
[12] GAGYTE, L., JURELIONIS, A., MARTUZEVICIUS, D., & PRASAUSKAS, T., "Experimental Study of Personal Exposure to Pollutants Released at Floor Level: Floor Heating Vs Air Heating", 14th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium, 3 – 8 July 2016.
[13] JURELIONIS, A., GAGYTE, L., SEDUIKYTE, L., PRASAUSKAS, T., CIUZAS, D., & MARTUZEVICIUS, D., "Combined Air Heating and Ventilation Increases Risk of Personal Exposure to Airborne Pollutants Released at The Floor Level", Energy and Buildings, 116, 263-273, 2016.
[14] ZHOU, Y., DENG, Y., WU, P., & CAO, S. J., "The Effects of Ventilation and Floor Heating Systems on The Dispersion and Deposition of Fine Particles in an Enclosed Environment", Building and Environment, 125, 192-205, 2017.
[15] DEHGHAN, M. H., & ABDOLZADEH, M., "Comparison Study on Air Flow and Particle Dispersion an A Typical Room with Floor, Skirt Boarding, and Radiator Heating Systems", Building and Environment, 133, 161-177, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa MUTLU

1984 yılı Bulgaristan doğumludur. 2007 yılında UÜ. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2009 yılında Yüksek Lisans eğitimini tamamlamış ve aynı Anabilim Dalında 2015 yılında Doktora derecesi almıştır. 2009 – 2015 yılları arasında UÜ Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalı'nda Araş. Gör. olarak görev yapmıştır. 2015 – 2017 yılları arasında Ermetal Otomotiv ve Eşya Sanayi Tic. A.Ş.'de Ar-Ge Mühendisi olarak görev yapan Mustafa MUTLU, 2017 yılından beri Yenişehir İbrahim Orhan Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Isı Transferi, Enerji Sistemleri, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ve Isıl Sistemlerin Sayısal Modellenmesi konusunda çalışmalarına devam etmektedir.

Emre ÇALIŞKAN

1984 yılı Eskişehir doğumludur. 2007 yılında UÜ. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2007 – 2014 yılları arasında TMMOB Makine Mühendisleri Odası Bursa Şubesi'nde Teknik Görevli olarak çalışmıştır. Mekanik tesisat proje kontrollerini gerçekleştirmiştir. Bursa Akademik Odalar Birliği Yerleşkesi Mekanik Tesisat Uygulama ve Denetleme Kurulunda yer almıştır. Aynı zamanda satına alma komisyonunda görev yapmıştır. Halen DAIKIN Isıtma Soğutma Sistemleri A.Ş.'de Teknik Müdür olarak görev yapan Emre ÇALIŞKAN, Isı Transferi, Enerji Sistemleri, Enerji Verimliliği konularında çalışmalarına devam etmektedir.