
Araştırma Makalesi / Research Article

Kabin Tipi Bir Ofisin Kış İklimlendirmesinde Hız ve Sıcaklık Dağılımının Sayısal İncelenmesi

Muhammed Yasin YAVUZ¹, Cengiz YILDIZ¹, Gülşah ÇAKMAK^{1*}

¹*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye*
(ORCID: 0000-0001-6868-1082)(ORCID: 0000-0003-4361-2472)(ORCID: 0000-0001-6809-2421)

Öz

Çalışma ofisi ortamlarında, gerekli konfor koşulları sağlanarak insanların rahat olabilmesi insanların sağlık ve iş performansı bakımından önem arz etmektedir. Uygulamada bu şartların en verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından iklimlendirme sistemlerinin uygun tasarlanması zorunlu olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, kış ayları için istenilen hava hızları ve sıcaklık dağılımları için menfezlerin en verimli konumu ANSYS-FLUENT programı ile simüle edilerek araştırılmış ve sonuçlar gözlemlenmiştir. Bu amaçla kabin tipi ofis için üfleme ve egzoz menfezi yerleşimleri için dört farklı model oluşturulmuştur. Her model için iklimlendirilmiş havanın ofise giriş hızları 0.5 m/s, 1 m/s, ve 2 m/s alınarak belirlenen dış hava ortalama sıcaklıklarına göre analizler yapılmıştır. Analizde her model için sıcaklık ve hız dağılımları belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda kabin tipi ofisler için en uygun iklimlendirmenin tavandan üfleme ve yan duvarlarda egzoz menfezlerinin olduğu tasarım olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: İklimlendirme, Hız dağılımı, Sıcaklık Dağılımı, Sayısal analiz.

Numerical Analysis of Velocity and Temperature Distributions in Winter Air Conditioning of Cabin Type Offices

Abstract

It is important for people to be comfortable by providing necessary comfort conditions in working office environments in terms of health and work performance of people. In practice, it is necessary to design air conditioning systems properly in order to realize these conditions in the most efficient way. For this reason, in this study, the most efficient location of the grilles for the desired air velocities and temperature distributions for winter months was investigated by simulating with ANSYS-FLUENT program and the results were observed. For this purpose, four different models have been created for the blowing and suction vent layouts for the cabinet type office. For each model, the velocities of the conditioned air entering the office were taken as 0.5 m/s, 1 m/s and 2 m/s, and analyzes were made according to the determined average outside air temperatures. Temperature and velocity contours were determined for each model in the analysis. As a result of the study, it was seen that the most suitable air conditioning for cabin-type offices was the design with ceiling blowing and suction vents on the side walls.

Keywords Air conditioning, Velocity distribution, Temperature Distribution, Numerical analysis.

1. Giriş

Çağımızda çalışma ofislerinin konforunun, ofiste faaliyet gösteren çalışanların iş performanslarını kayda değer bir şekilde etkilediği gözlemlenmektedir. Bu sebepten ötürü çalışma ofisi yapılarında ortam şartlarının denetimi ve iklimlendirme tesisine bağlı araştırmalar günümüzde oldukça büyük bir değer kazanmıştır. Çalışma ofisi amacıyla faaliyet gösteren binalarda kullanım şekline bağlı olarak, ortamların iklimlendirme koşullarında büyük farklılıklar gözlemlenebilir. Bilgisayar sistemlerindeki ilerlemeler ve bu doğrultuda sistem analiz programlarının ileri düzeylere gelmesi iklimlendirme sistemlerinin

*Sorumlu yazar: gulcakmak@firat.edu.tr

Geliş Tarihi: 30/12/2020, Kabul Tarihi: 06/06/2021

bilgisayarlara taşınmasına imkân tanımıştır. İklimlendirme sistemlerinin analiz edilmesinde, test edilmesinde ve geliştirilmesinde, biçimlendirme ve benzetme metotlarının kullanılması, tasarım masraflarını düşüreceği gibi, tasarım zamanını da kayda değer biçimde kısaltacaktır. Ayrıca benzetimi yapılan sistemlerin düzenlenmesi ve veriminin de arttırılması daha rahat olacaktır. Enerji tüketiminin azaltılması amacıyla değişken hava debili iklimlendirme sistemleri önem arz etmektedir. Özellikle, mühendislik alanlarında bilgisayar kullanımının yüksek seviyelere ulaşması ile birlikte, değişken hava debili iklimlendirme sistemlerinin bilgisayar sistemlerinde analizine yönelik uygulamalar fazlalaşmıştır. Bu tarz uygulamaların sanal ortamında modelinin oluşturulması, simüle edilmesi, çözümlenmesi ve modernleştirme çalışmaları, ilk yatırım ve işletme masraflarının sınırlandırılmasına, gözlemleme, test etme ve geliştirme aşamalarının azaltılmasına ve bu şekilde daha verimli sistemler modellenmesine ve kullanılmasına yol açacaktır.

Sempey ve arkadaşları depolama alanlarının, hastanelerin, ofislerin veya hassas alanların tasarlanmasındaki hedeflenen sıcaklık ve nem dağılımını istenilen değerlerinde sağlamak amacıyla sayısal olarak bir çalışma yapılmıştır. Klimalı odalarda düzgün sıcaklık dağılımı için bir metodoloji geliştirmişlerdir [1]. Kılıç ve arkadaşları bir klima sistemi üzerindeki türbülanslı akışın sayısal çalışmasını yapmışlardır. Üfleyicileri odanın farklı noktalara yerleştirerek, odada oturan kişiler için daha iyi bir konfor elde edebilmek için akışı analiz etmişlerdir [2].

Myhren Jonn ve arkadaşları ısı konfor açısından farklı ısıtma sistemlerinin kış koşullarında bir ofisin iç mekan iklimi üzerindeki etkisini belirlemek için hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) ile inceleyerek sıcaklık gradyanlarındaki farklılıkları, hava hızı değişimini ve enerji tüketimini belirlemişlerdir [3]. Gürbüz ve arkadaşları otobüs iç başlangıç sıcaklığının üniform bir sıcaklıkla kademeli olarak 20 °C değerine düşürülmesi için gereken sürenin belirlenmesini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Sürücü dahil 49 yolcu bulunan otobüste klima sistemi ile sağlanan basınç ve hız dağılımına bağlı termal konfor parametreleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir [4].

Karyono Tri Harso ve arkadaşları tavandan üfleli klimalı bir odada duran bir kişi için termal konfor analizi yapmışlardır. Fandan gelen hava hızı arttıkça termal konfor için istenilen ısı yükünün arttığı görülmüştür [5]. Yasuhiro Shimazaki ve arkadaşları Endonezya'da termal konfor konusunda bir saha çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada kullanılan çok katlı bir ofis binasında toplamda 596 ofis çalışanı bulunmaktadır. İnsan konfor sıcaklığına odaklanılan ve insan termal indeksi hesaplanan bu çalışmada insan termal yük indeksini kullanılarak belirlenen uygun termal ortam için yapılacak kontroller insan konforu açısından değerlendirilmiştir [6].

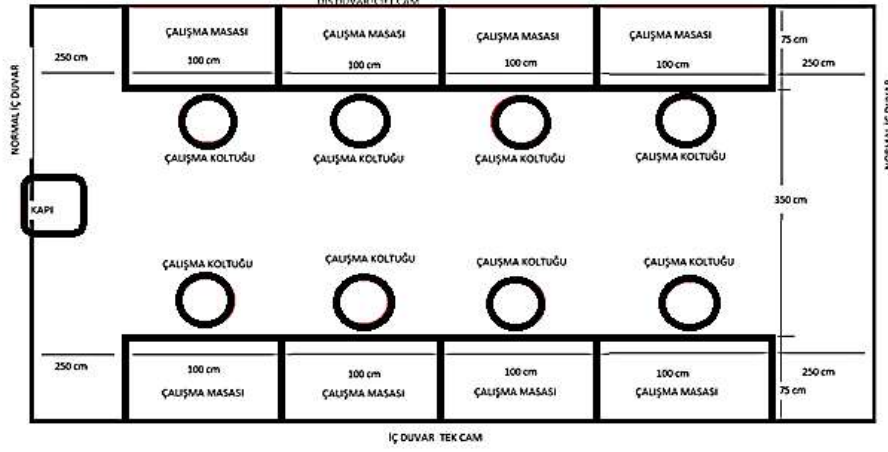
Tso ve arkadaşları ise yan duvarlarından birinde birden çok ısı kaynağı bulunan dikdörtgen prizma şeklindeki kapalı hacimde farklı akışkanların olduğunu kabul ederek doğal konveksiyonla soğutma işlemini sayısal olarak çözmüşlerdir [7]. Lin ve Armfield hem dikey silindirik şeklindeki hem de dikdörtgen şeklindeki kapalı hacimlerde geçici rejimde ısı transferini ve akışkan hareketini sayısal olarak incelemiştir. Aynı akış özellikleri dikkate alındığında dikdörtgen şeklindeki kapalı hacim için ısı sınır tabaka kalınlığının değişmediği ancak silindirik hacimde bu tabakanın silindirin üst tarafına gidildikçe kalınlaştığı gözlemlenmiştir [8]. Tric ve arkadaşları küp şeklinde ve duvarları farklı sıcaklıklarda olan kapalı hacimde doğal konveksiyondan dolayı oluşan akışkan hareketini sayısal olarak incelemişlerdir [9].

Yüce ve Pulat alttan ısıtmalı bir ofis odasında, nefes alıp verme özelliğine sahip bir termal manken modeli yardımı ile ofis odasındaki; hava dağılımını, karbondioksit bağı iç hava kalitesini ve ısı konforu sayısal olarak araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada; ofis odası geometrisi için Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi ofislerinden birinin ölçüleri kullanmışlardır. Oda içerisindeki akış üç boyutlu, zamana bağı, türbülanslı, çok fazlı (Mixture) ve sıkıştırılabilir (ideal gaz yaklaşımı) olarak kabul etmişlerdir. Çözüm için standart k-e türbülans modeli kullanılmıştır. Ofis odasının tanımlanan sınır şartlarına göre ısı konforu ve iç hava kalitesini incelemişlerdir [10].

Bu çalışmada kabin tipi ofislerin iklimlendirilmesinde sıcaklık, hız ve basınç dağılımlarının sayısal olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak uygulamada kullanılan kabin tipi ofis seçilmiştir. Seçilen ofiste iç parametreler ve dış parametreler belirlenmiş ve buna göre farklı hava hızlarında ve farklı giriş ve çıkış menfezleri modelleri ile akış ve sıcaklık dağılımları sayısal olarak incelenmiştir. Kabin tipi ofisin modelinin simülasyonlarında FLUENT paket programı kullanılmıştır. Sonuçlar ofisin belirlenen kesitlerde hız vektörleri ve sıcaklık konturları elde edilerek yorumlanmıştır.

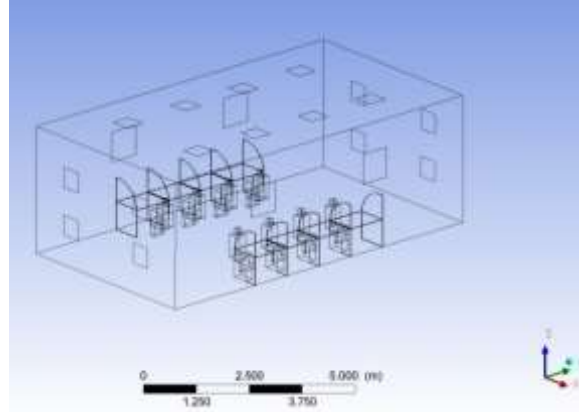
2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada birçok iş merkezlerinde, kütüphanelerde, bilgisayar odalarında kullanılan kabin tipi ofis model olarak ele alınmıştır. Ele alınan ofisin boyutları 900 cm x 500 cm x 320 cm olup genel şematik görünümü Şekil 1’ de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan kabin tipi ofis şematik görünümü

Kabin tipi ofisin iç ortam bileşenleri olarak 8’er adet personel, çalışma masası, bilgisayar ve aydınlatma lambası bulunmaktadır. Belirtilen özelliklere göre ofisin yerleşim planı ise Şekil 2 ile verilmiştir.

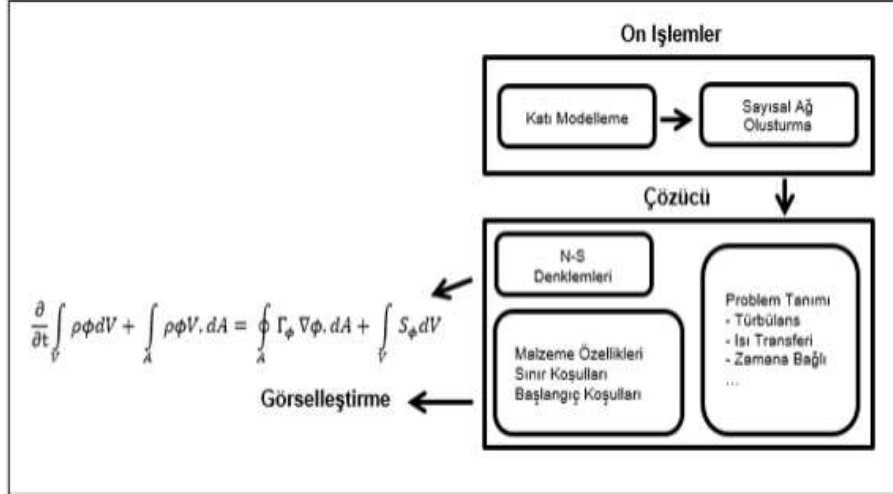


Şekil 2. Kabin tipi ofis yerleşim modeli

Ele alınan bina için çevre havası sıcaklığı $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, üfleme havası sıcaklığı $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. Şekil 1 de görüldüğü gibi kabin tipi ofisin bir duvarı dış ortamda bulunmakta ve diğer duvarlar iç ortamdadır. Kabin tipi ofislerde çalışan ve müşterilerin görsel konforu açısından genellikle dış duvarlar camdan tasarlanmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmada da dış duvar çift cam olarak ele alınmıştır. Dış cam duvar ısı geçiş katsayısı; tek kaplamalı cam 4-12-4 mm ölçüleri ve emissivite $\leq 0,05$ ve ara boşluk dolgusu hava için $1,70\text{ W/m}^2\text{K}$ kabul edilmiştir. Ayrıca Kabin tipi ofisin iç duvar hacimlerinin, tavan ve zemin hacimlerinin ofis sıcaklıkları ile aynı olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda ofisin dış duvarının dışındaki duvarlar, tavan ve zeminin tüm yüzeyleri adyabatik olarak değerlendirilmiştir. Kabin tipi klima sisteminde menfez üfleme hız değerleri için 3 farklı hız değeri seçilmiştir. Buna göre üfleme havası hızları $0,5\text{ m/s}$, 1 m/s , 2 m/s olarak alınmıştır. Belirlenen ofis için şartlandırılmış hava menfezler aracılığı ile mekâna üflenmekte ve toplayıcı menfezler ile kullanılmış hava toplanmaktadır.

2.1. Analiz Adımları

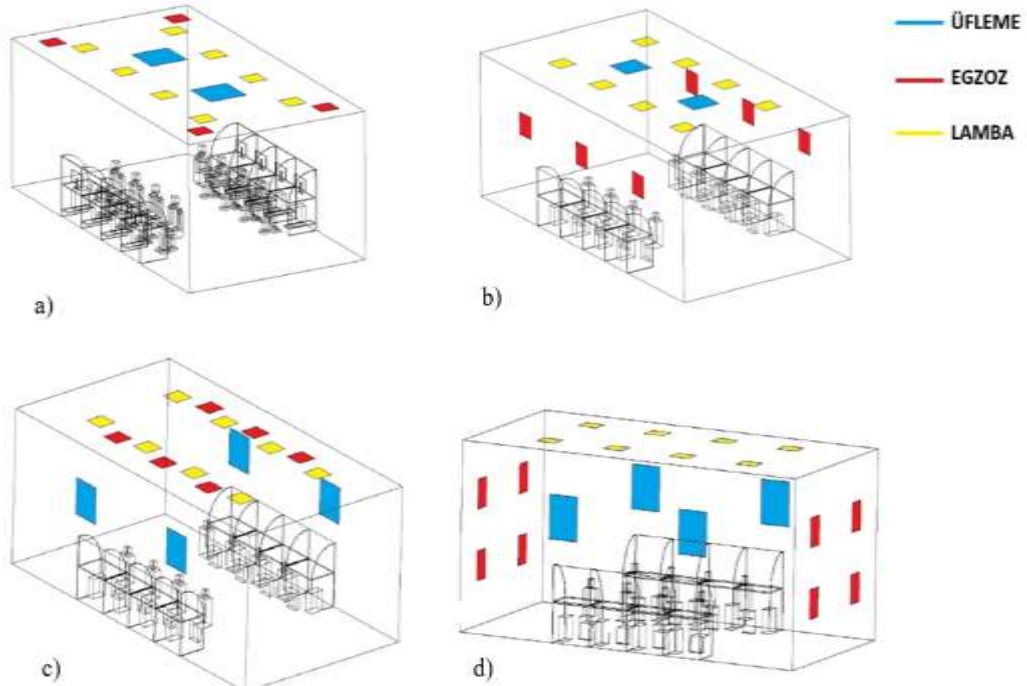
ANSYS programı kullanılarak gerçekleştirilen akışkanlar dinamiği analizlerinin, basit analiz şeması Şekil 3’ de gösterilmiştir.



Şekil 3. Analiz şeması

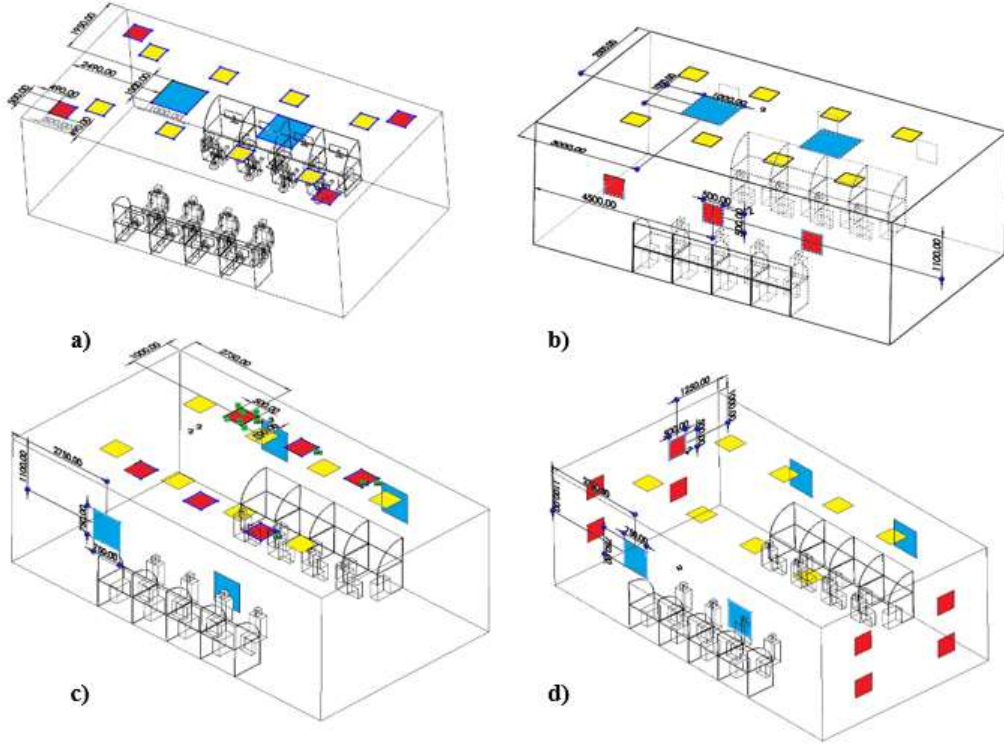
Yapılan bu analizde, seçilen çalışma ofisi için belirli kabuller yapılarak birebir ölçülerde SOLIDWORKS programı kullanılarak model oluşturulmuştur. Bu analize ofis çalışanları, ısı kaynağı olduğu düşünülen bilgisayarlar, belirli ofis mobilyaları eklenmiştir. Problemin çözümü için öncelikle hava hızlarına göre gerekli debiler belirlenmiş ve buna göre menfez boyutları ve optimum yerleşim yerleri seçilmiştir. Şekil 4a' da görüldüğü üzere üfleme ve egzoz menfezleri tavanda olacak şekilde Model 1 oluşturulmuştur. Tavanda 2 adet üfleme ve 4 adet egzoz menfezi ile birlikte 8 adet led lamba seti bulunmaktadır.

Şekil 4b' de görüldüğü gibi üfleme menfezleri tavanda, egzoz menfezleri yan duvarlarda olacak şekilde Model 2 oluşturulmuştur. Tavanda bulunan 8 adet küçük boyuttaki dikdörtgen alanlar led lamba sistemini göstermektedir. Buna göre tavandaki iki büyük menfez giriş menfezi olarak seçilmiş olup yan duvarlardakiler ise egzoz menfezi olarak belirlenmiştir. Şekil 4c' de 4 adet üfleme menfezleri yan duvarlarda 6 adet egzoz menfezleri tavanda olacak şekilde Model 3 oluşturulmuştur. Tavandaki 8 adet kutucuklar ise ışıklandırmayı göstermektedir. Şekil 4d' de üfleme menfezleri, egzoz menfezleri yan duvarlarda olacak şekilde Model 4 oluşturulmuştur. Yan duvarlarda 4 adet üfleme ve 8 adet egzoz menfez bulunmaktadır ve tavandaki bölgeler led ışıklandırmayı ifade etmektedir.



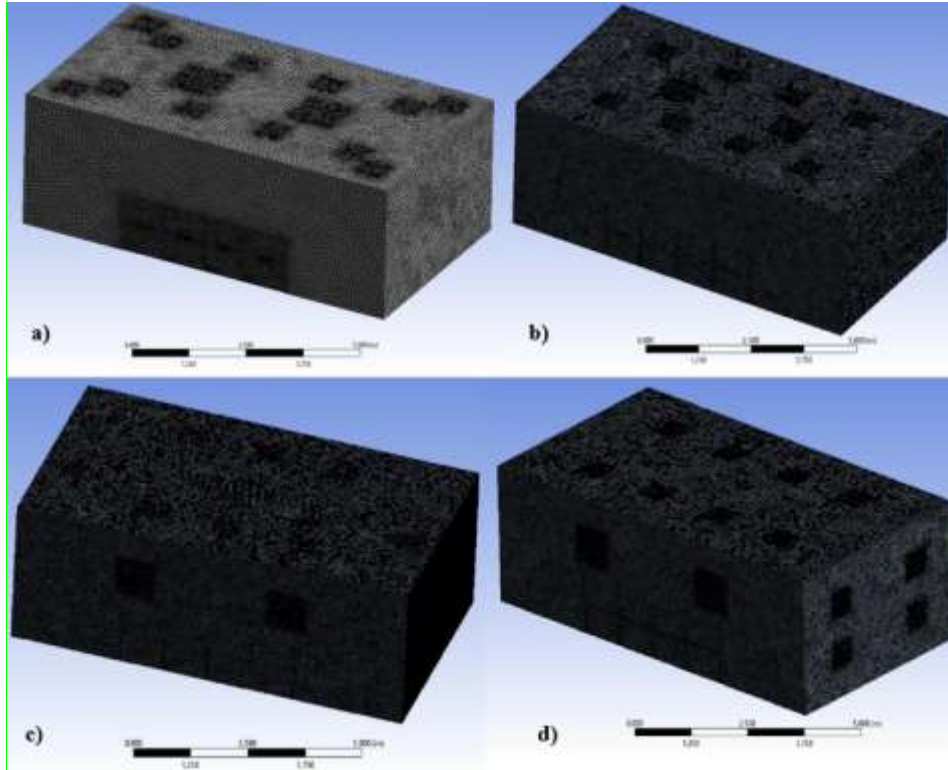
Şekil 4. Modeller için menfezlerinin yerleşim düzeni a) Model 1 b) Model 2 c) Model 3 d) Model 4

Modeller için tavan menfez konumları ve boyutları Şekil 5’ de görülmektedir. Tavandaki koyu dolgulu dikdörtgen alanlar egzoz menfezlerini diğer dikdörtgen alanlar ışıklandırmayı ifade etmektedir.



Şekil 5. Modeller için menfez konumları ve boyutları a) Model 1 b) Model 2 c) Model 3 d) Model 4

Sonlu hacimler ile ilgili yapılan sayısal çalışmalarda düzgün ve kaliteli bir ağ oluşturmak sonuçların doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Bu yüzden sayısal çalışmalarda ağ kalitesi aranmaktadır. Ancak analizi yapılan geometrilerin karmaşıklığı arttıkça bu ağ kalitesini elde etmek zorlaşmaktadır. Şekil 6’ da çalışmada kullanılan modellerin ağ yapısı gösterilmiştir.



Şekil 6. Model ağ yapıları a) Model 1 b) Model 2 c) Model 3 d) Model 4

Bu çalışmada çözümlenmesi yapılan modellerin; düğüm ve eleman sayısı değerleri Tablo 1 de verilmiştir. Ağdan bağımsızlık çalışması kapsamında her sayısal model için üç farklı ağ yapısı kullanıldı. Farklı eleman sayılarında yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarda, ağ yapısı arttıkça sonucun küçük değerlerde değiştiği gözlemlendi. Tablo 1 de belirtilen eleman sayılı ağ yapıları en uygun sonucu veren yapılar olarak seçilerek çözümlere devam edilmiştir.

Tablo 1. Modellerin düğüm ve eleman sayıları

Model	Düğüm Sayısı	Eleman Sayısı
Model 1	269304	1414314
Model 2	352692	1858523
Model 3	375195	1966111
Model 4	306790	1605325

Modellemede ofisin tüm duvarlarında cidar sınır şartı ($u=0$, $v=0$) olarak verilmiştir ve üfleme menfezlerinde hava üflediği yüzeyde ise giriş sınır şartları üfleme hızları 0.5 m/s, 1 m/s, 2 m/s ve giriş sıcaklık değeri 22 °C uygulanmıştır. Çıkışta ise çıkış sınır şartı basınç değeri ($P=0$) olarak girilmiştir. Cam duvar için dış cam yüzey sıcaklığı her noktada -7 °C olarak alınmış ve diğer tüm yüzeyler adyabatik ($Q=0$) olarak değerlendirilmiştir. Oluşturulan modellere ait bilgiler ve modeller için hava girişi, hava çıkışı, dış duvar ve iç duvar ile ilgili sınır şartları Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 2. Modellere ait sınır şartları

Modeller	Üfleme Menfezi	Egzoz Menfezi	Üfleme Hızları	Üfleme Hava Sıcaklığı	Dış Ortam Sıcaklığı	Çıkış Menfezi Basınç	İç Bitişik Duvar
	Konum	Konum	(m/s)	(°C)	(°C)	(Pa)	
Model 1	Tavanda	Tavanda	0.5 1 2	22	-7	0	Adyabatik ($Q=0$)
Model 2	Tavanda	Yan duvarlarda	0.5 1 2	22	-7	0	Adyabatik ($Q=0$)
Model 3	Yan duvarlarda	Tavanda	0.5 1 2	22	-7	0	Adyabatik ($Q=0$)
Model 4	Yan duvarlarda	Yan duvarlarda	0.5 1 2	22	-7	0	Adyabatik ($Q=0$)

Tablo 3. Sınır Şartları

	Sıcaklık (°C)	Hız (m/s)	Basınç (Pa)	Isı Taşınım Katsayısı ($W/m^2 K$)
		0.5		
Giriş menfezi	22	1 2	-	-
Çıkış menfezi	-	-	0	-
Dış Ortam	-7	-	-	25
İç ortamdaki duvarlarının dışı	20			Adyabatik(-)

Çalışmada; Tablo 2 ve Tablo 3'te belirtilen fiziki ve sınır şartları dikkate alınarak modeller oluşturulmuştur. Tavan ve yan duvarlarda optimum menfez yerleri ve boyutlarının bulunması için tüm modellerde 1 m/s'lik hızda hesaplamalar yapılmıştır. Örnek olarak üfleme ve egzoz menfezleri tavanda olacak şekilde x_1 , x_2 , x_3 , y_1 ve y_2 optimum değerlerinin bulunması için 1 m/s'lik hızda hesaplamalar yapılarak optimum menfez aralıkları 45 cm x 49 cm (x_1 - y_1) olarak bulunmuştur (Şekil 5). Ofis için menfez sayısı değişken olmakla birlikte genel olarak toplam akış alanı dolayısıyla üfleme debisi sabit olarak kabul edilmiştir. Bu durumda oluşturulan modellerde belirlenen üç ayrı üfleme hızı için üç

farklı üfleme debisi ile çalışılmıştır. Ayrıca insanlardan gelen ısı kazancı için sadece ofiste çalışan insanlar dikkate alınmış, vücut sıcaklığı 37 °C olarak kabul edilmiş ve hafif iş yapan çalışan için duyulur ve gizli ısılar belirlenmiştir. Bilgisayar kasaları ısıl değer olarak her bilgisayar için 50 W alınmıştır. Aydınlatmadan gelen ısı kazancı floransan lamba için 25 Watt/m² olarak seçilmiştir. Tablo 2 ve Tablo 3'te verilen sınır şartları sabit olmak koşuluyla 4 farklı model için analizler yapılmış ve oda içerisindeki sıcaklık ve hız dağılımları elde edilmiştir.

3. Sayısal Yöntem

Navier-Stokes ve süreklilik denklemleri tüm akışlara uygulanabilen en önemli akış denklemleridir. Süreklilik denklemi, diferansiyel boyutlardaki bir kontrol hacim içerisinde geçen akışkanın kütle korunum yasasını ifade ederken Navier-Stokes denklemleri ise Newtonun ikinci kanununun bir kontrol hacme uygulanmasıyla sonuçlanan hareket veya momentum korunum denklemleri olmaktadır. Kartezyen koordinatlarda, sabit fiziksel özelliklere sahip (izotermal), Newton tipi ve sıkıştırılmaz bir akış için süreklilik ve hareket denklemleri aşağıdaki gibi yazılmaktadır [11].

Süreklilik Denklemi;

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Momentum Denklemleri;

$$\begin{aligned} \rho(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z}) &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}) + F_x \\ \rho(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z}) &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}) + F_y \\ \rho(u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z}) &= -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}) + F_z \end{aligned} \quad (2)$$

Enerji Denklemi;

$$\rho C_p \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \left(\frac{\partial P}{\partial t} + u \frac{\partial P}{\partial x} + v \frac{\partial P}{\partial y} + w \frac{\partial P}{\partial z} \right) + k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \mu \Phi \quad (3)$$

Burada u, v ve w sırasıyla x, y ve z yönlerindeki hız bileşenleridir. Bu denklemlerin tümüne birden yönetici denklemler denir. Tüm akış problemlerin çözümü bu denklem takımı ile yapılmaktadır.

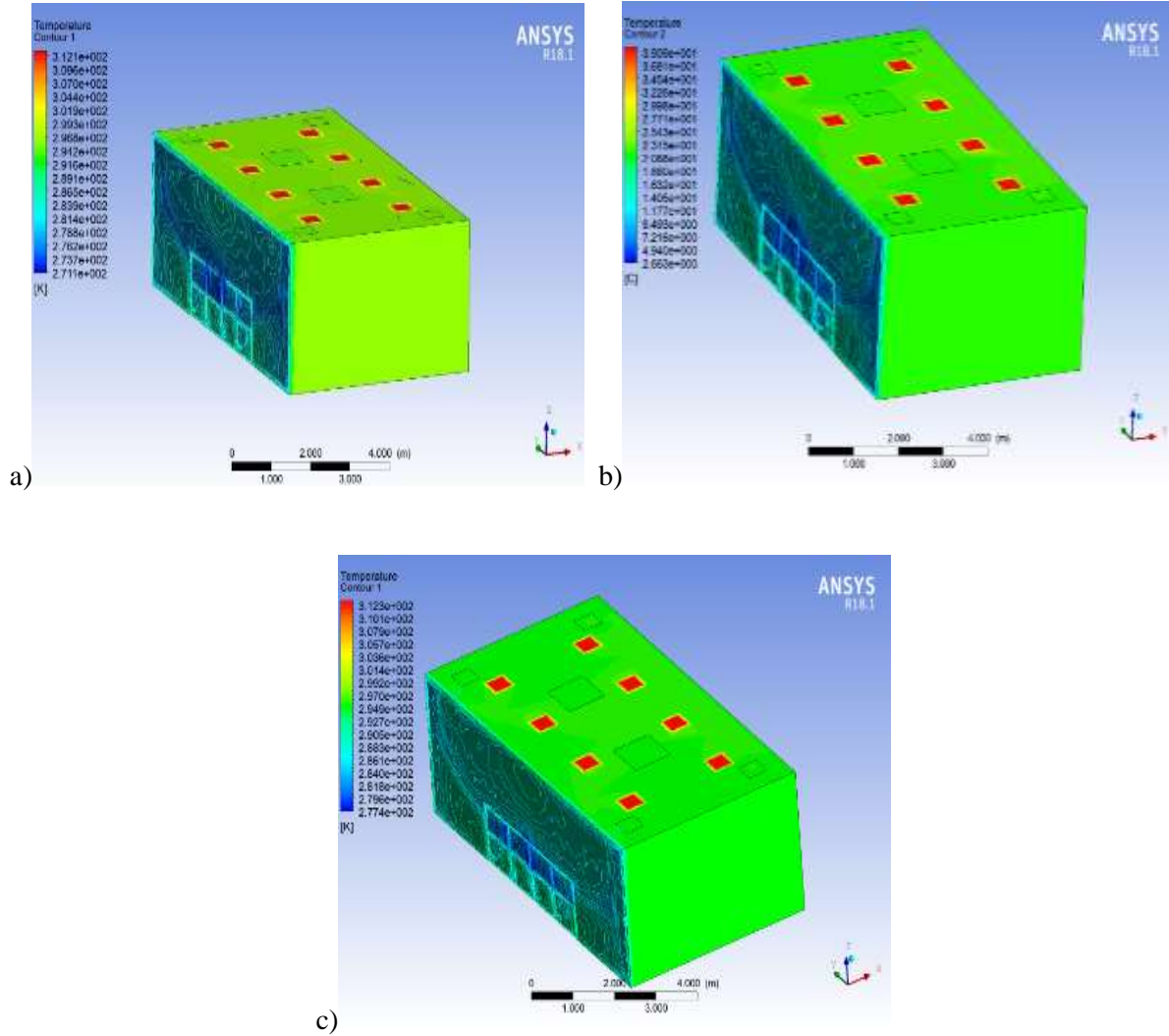
4. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Yapılan analiz sonuçlarında; Model 1 için farklı üfleme hızlarında sıcaklık ve hız konturlarının dağılımı Şekil 6 -7'de verilmiştir. Üfleme hızı 0.5m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 293 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 291-292 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde ise sıcaklıklar 292-293 K arasında kalmıştır. Üfleme hızı 0.5 m/s iken, üfleme menfezi çıkışlarında laminer akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 0.30 m/s civarında, alt bölgede ise 0.05 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur.

Üfleme hızı 1m/s iken sıcaklık kontör aralığının genişlediği görülmektedir. Bu üfleme hızında üfleme menfezi bölgesinde sıcaklıklar 293 K civarında ve ofisin içinde ise sıcaklıklar 292-293 K arasında olmuştur. Üfleme hızı 1 m/s için üfleme menfezinden çıkan havanın ofisin tüm bölgelerinde dengeli bir şekilde dağıldığı, ölü bölgelerin oluşmadığı ve hava akım konturlarının oldukça yoğun bir şekilde olduğu gözlemlenmiştir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 0.55 m/s civarında, alt bölgede ise

0.20 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 0.8 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir.

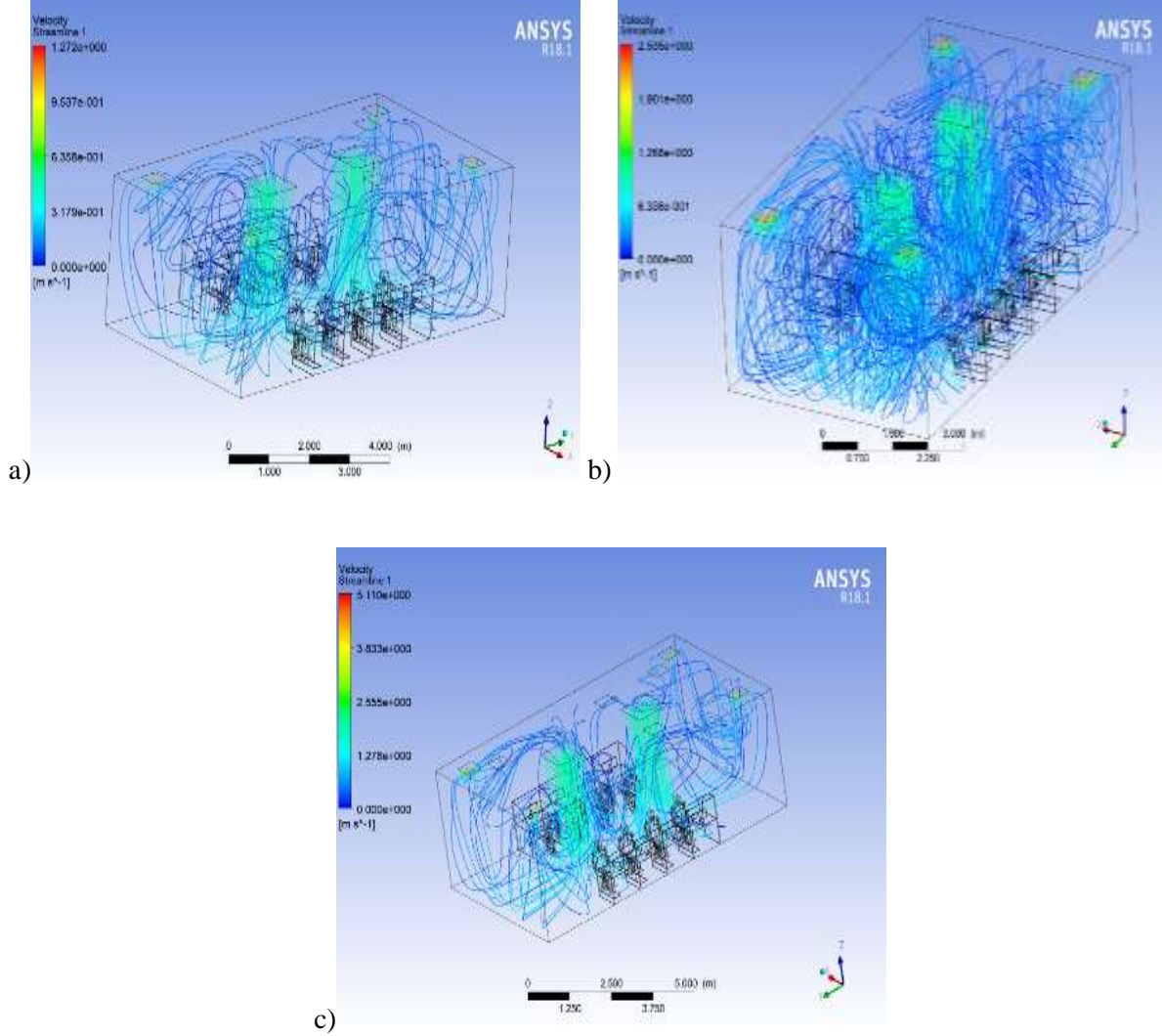
Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 292 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 291 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde de sıcaklıklar 292 K civarında kalmıştır. Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi çıkışlarında laminer akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 1.4 m/s civarında, alt bölgede ise 1.1 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 1.7 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir.



Şekil 6. Model 1 için sıcaklık konturleri a) 0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s

Model 2 için farklı üfleme hızlarında sıcaklık ve hız dağılımı Şekil 8 -9'da verilmiştir. Üfleme hızı 0.5m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 295 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 290 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde de sıcaklıklar 292 civarında kalmıştır. Üfleme hızı 0.5 m/s iken, Model 1' deki gibi üfleme menfezi çıkışlarında laminer akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 0.20 m/s civarında, alt bölgede ise 0.12 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 0.35-0.45 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir. Hız konturları üfleme menfezi bölgesinden dağılımı daha homojen ve yaygın bir şekil almıştır. Ayrıca havanın kabin iç bölgesine girişi daha belirginleşmiş ve düşük hızlarda kabin içinde havanın dağılımı Model 1'e göre daha iyi gelişmiştir. Hız değerlerinin artmasıyla kabin içi akış daha belirgin bir durum almıştır.

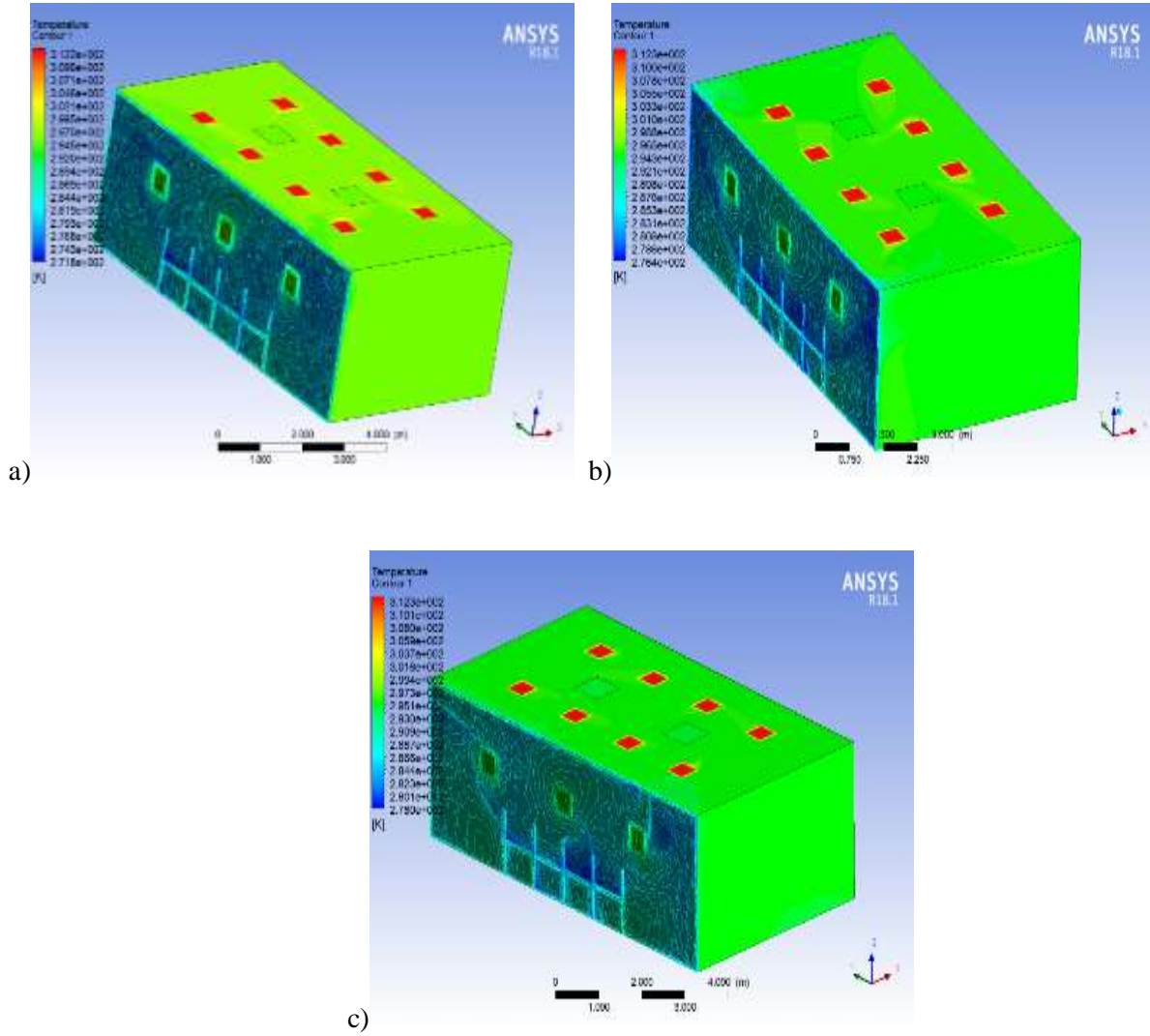
Üfleme hızı 1 m/s iken sıcaklık kontör aralığının genişlediği ve Tüm üfleme hızlarında üfleme menfezi bölgesinde sıcaklıklar 295 K civarında ve ofisin içinde ise sıcaklıklar 290-293 K arasında olmuştur. Üfleme hızı 1 m/s için üfleme menfezinden çıkan havanın ofisin tüm bölgelerinde dengeli bir şekilde dağıldığı, ölü bölgelerin oluşmadığı ve hava akım konturlarının oldukça yoğun bir şekilde olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Model 1 için hız konturleri a) 0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s

Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 293 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 290 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde de sıcaklıklar 291 K civarında kalmıştır. Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi çıkışlarında laminer akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 1.42 m/s civarında, alt bölgede ise 0.96 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 1.57 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir.

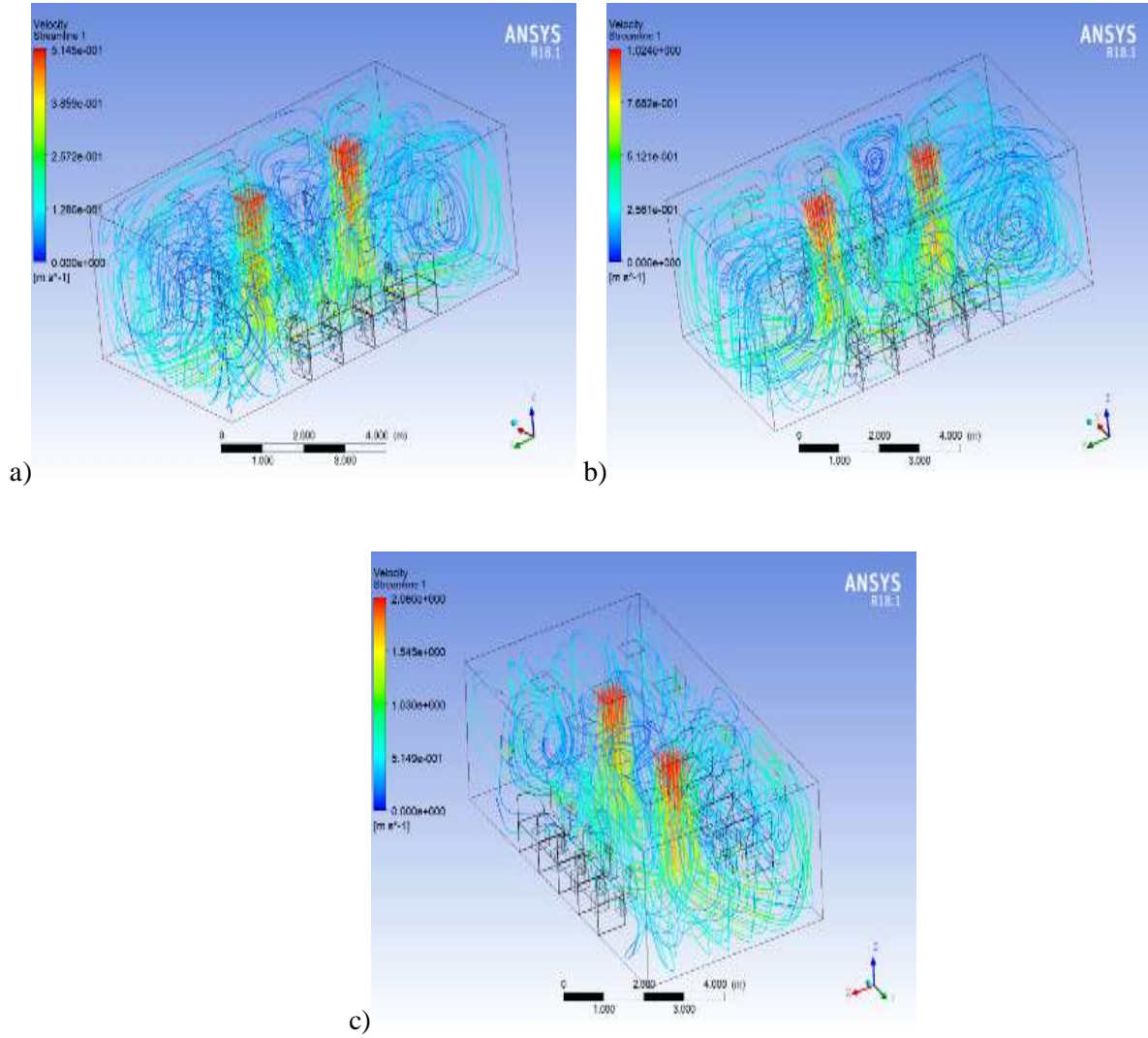
Model 3 için farklı üfleme hızlarında sıcaklık ve hız dağılımı Şekil 10 -11 'de verilmiştir. Üfleme hızı 0.5m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 295 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 285 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde de sıcaklıklar 281 civarında kalmıştır. Üfleme hızı 0.5 m/s iken, üfleme menfezi çıkışlarında yan duvarlara doğru laminer akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 0.25 m/s civarında, alt bölgede ise 0.20 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 0.45 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir.



Şekil 8. Model 2 için sıcaklık konturları a)0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s

Üfleme hızı 1 m/s iken sıcaklık kontör aralığının genişlediği ve tüm üfleme hızlarında üfleme menfezi bölgesinde sıcaklıklar 295 K civarında ve ofisin içinde ise sıcaklıklar 280-294 K arasında olmuştur. Üfleme hızı 1 m/s için üfleme menfezinden çıkan havanın ofisin tüm bölgelerinde dengeli bir şekilde dağıldığı, ölü bölgelerin oluşmadığı ve hava akım konturlarının oldukça yoğun bir şekilde olduğu gözlemlenmiştir.

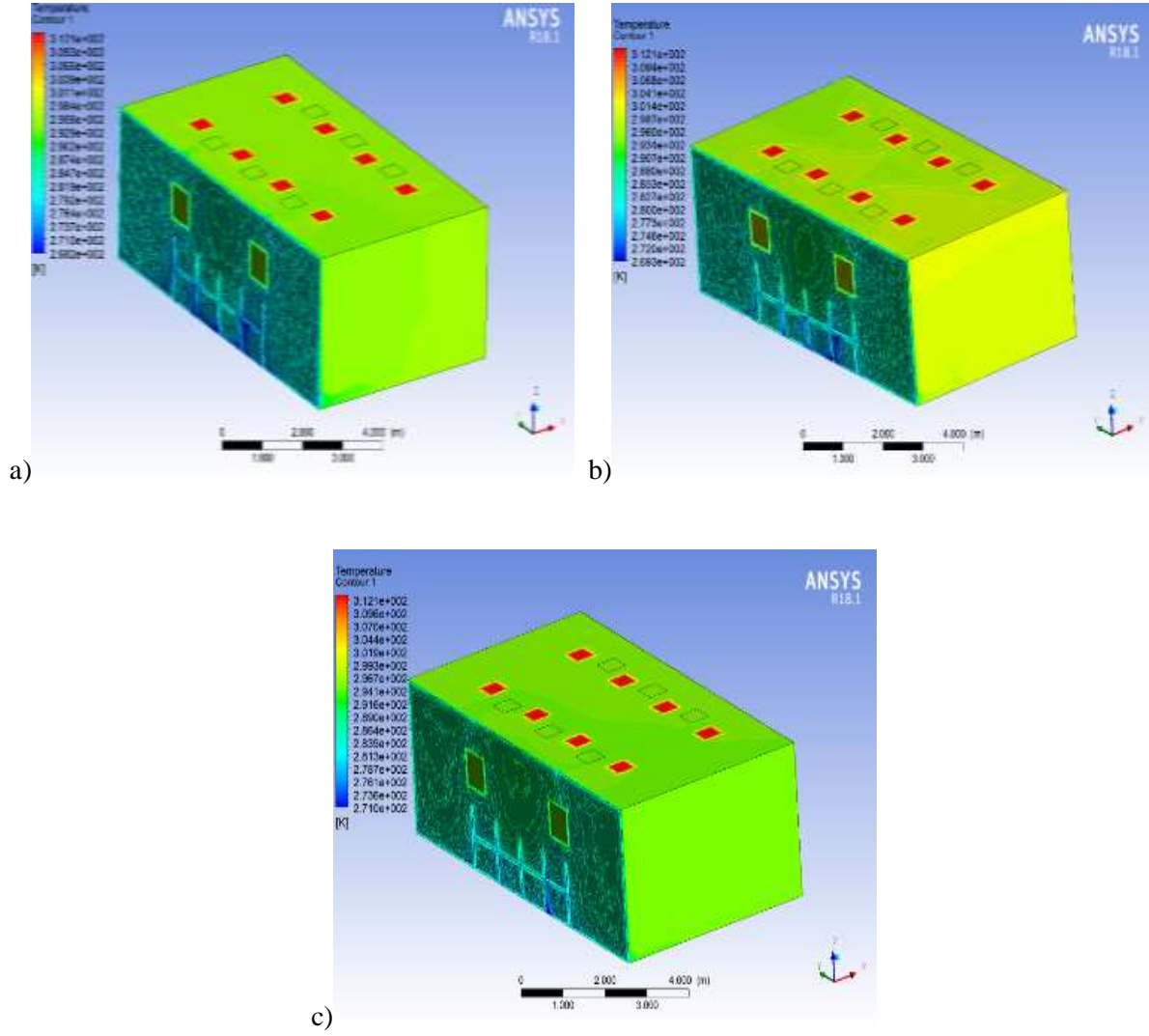
Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 294 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 283 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde de sıcaklıklar 281 K civarında kalmıştır. Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi çıkışlarında laminer akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 1.52 m/s civarında, alt bölgede ise 1.04 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 1.37 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir.



Şekil 9. Model 2 için hız konturleri a) 0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s

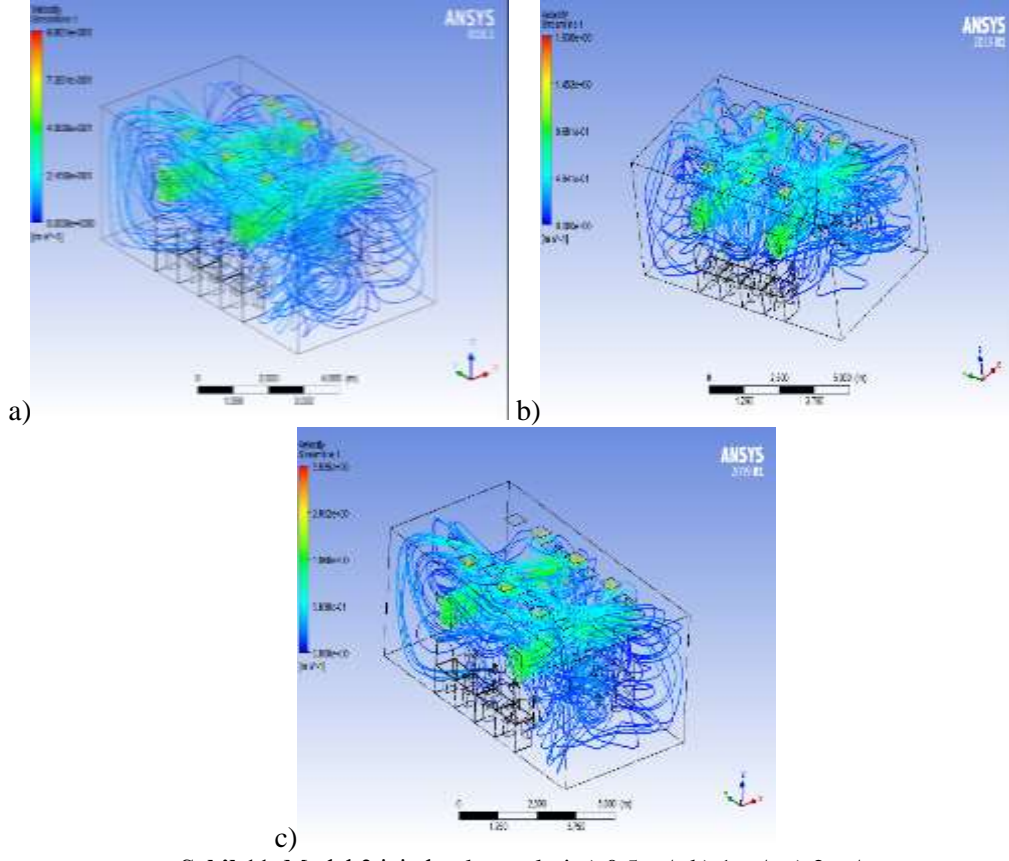
Model 4 için farklı üfleme hızlarında sıcaklık ve hız dağılımı Şekil 12 -13'de verilmiştir. Üfleme hızı 0.5m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 295 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 292 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde de sıcaklıklar 284 civarında kalmıştır. Üfleme hızı 0.5 m/s iken, üfleme menfezi çıkışlarında yan duvarlara doğru laminar akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 0.25 m/s civarında, alt bölgede ise 0.22 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 0.40 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir.

Üfleme hızı 1 m/s iken sıcaklık kontör aralığının genişlediği ve tüm üfleme hızlarında üfleme menfezi bölgesinde sıcaklıklar 295 K civarında ve ofisin içinde ise sıcaklıklar 284-294 K arasında olmuştur. Üfleme hızı 1 m/s için üfleme menfezinden çıkan havanın ofisin tüm bölgelerinde dengeli bir şekilde dağıldığı, ölü bölgelerin oluşmadığı ve hava akım konturlarının oldukça yoğun bir şekilde olduğu gözlemlenmiştir.

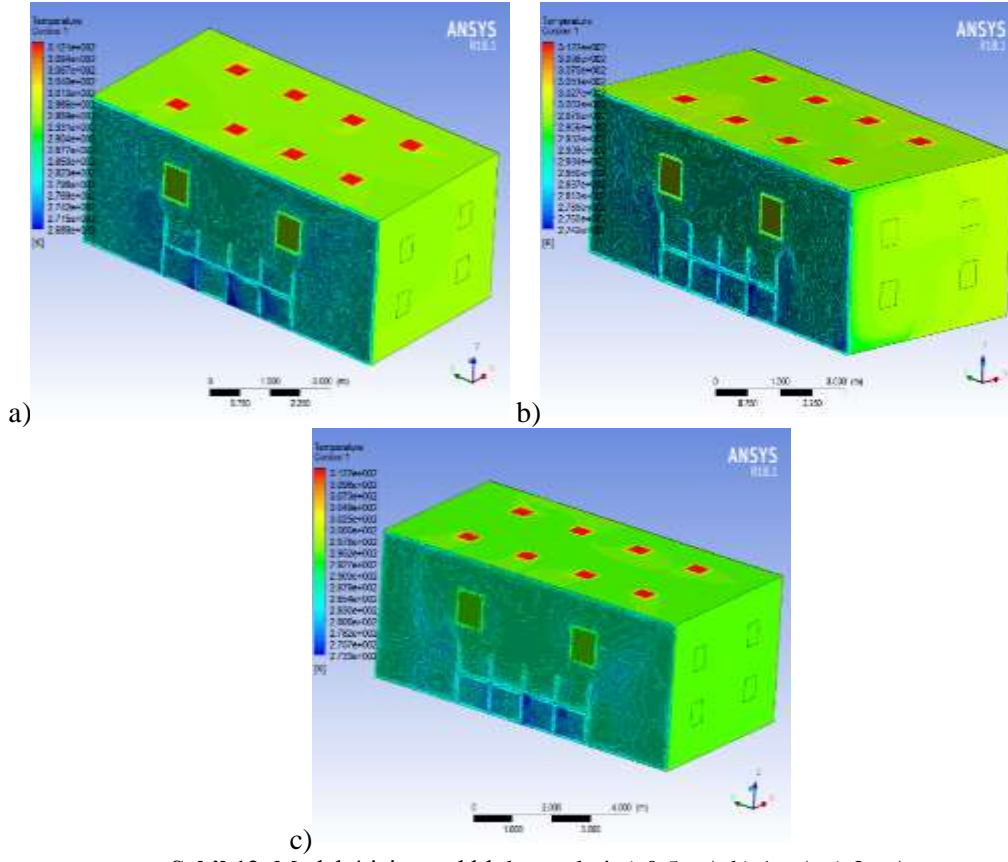


Şekil 10. Model 3 için sıcaklık konturleri a)0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s

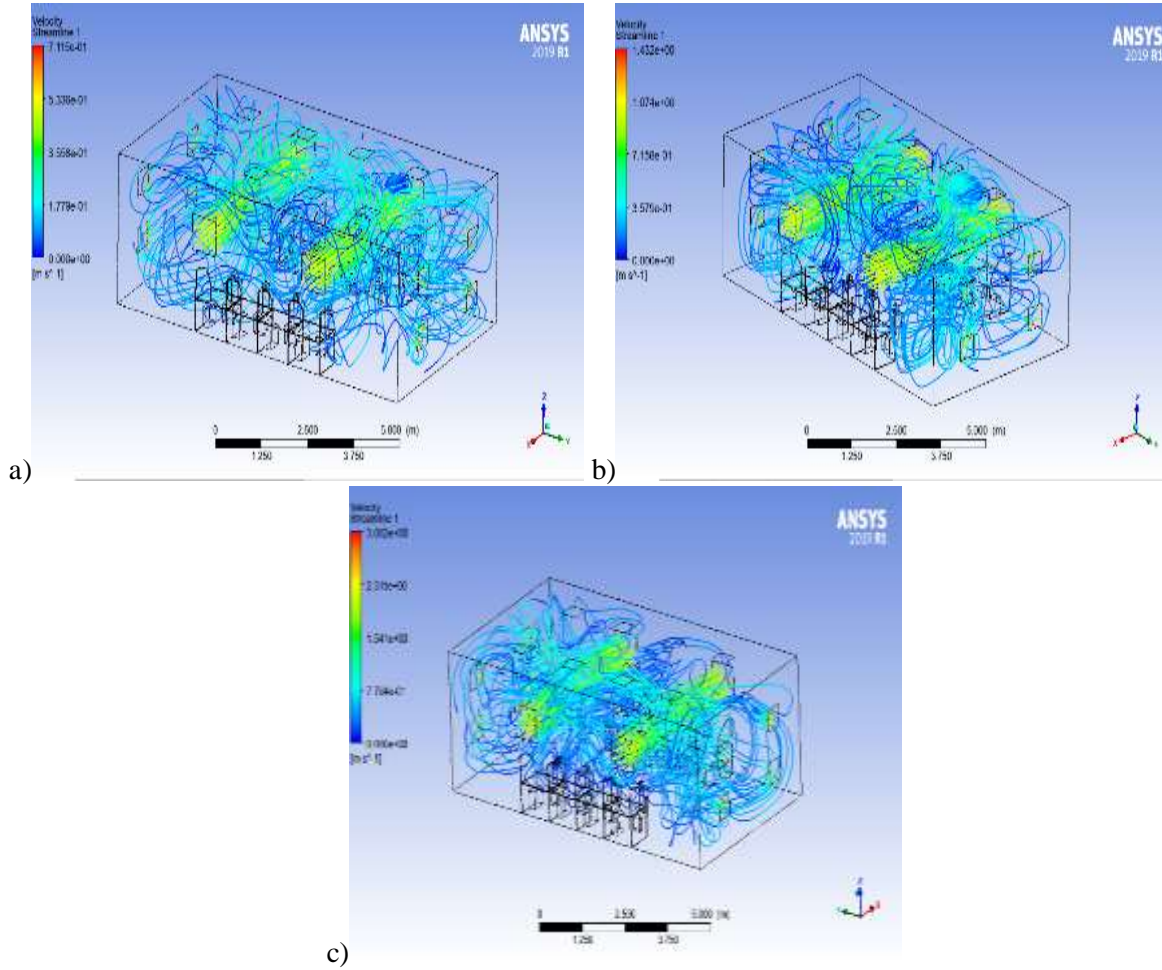
Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi bölgesinde sıcaklık 294 K civarında olup, ofisin alt bölgelerinde ise 287 K civarında bulunmaktadır. Çalışma masalarının bulunduğu bölgelerde de sıcaklıklar 290 K civarında kalmıştır. Üfleme hızı 2 m/s iken, üfleme menfezi çıkışlarında laminar akış şartlarının oluştuğu görülmektedir. Kabin bölgesinde üst kısımda hızın 1.45 m/s civarında, alt bölgede ise 0.97 m/s civarında düşük hızlar oluşmuştur. Ayrıca, egzoz menfezi giriş bölgesinde hızın arttığı ve 1.50 m/s' lik hız oluştuğu görülmektedir.



Şekil 11. Model 3 için hız konturleri a) 0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s



Şekil 12. Model 4 için sıcaklık konturleri a) 0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s



Şekil 13. Model 4 için hız konturları a) 0.5 m/s b) 1 m/s c) 2 m/s

5. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada kış iklimlendirilmesinde kabin tipi ofis içindeki sıcaklık ve hız dağılımları mahaldeki konfor şartları için sayısal olarak belirlenmiştir. Ayrıca menfez konumlarının değiştirilmesi ile oluşan hava hareketi incelenmiş ve ofisin içerisinde alınan sıcaklık konturları ve hız konturları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Standard k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Ofis içi sıcaklık değeri 22 °C' lik olacak şekilde 4 farklı üfleme ve egzoz menfezlerinin yerleşimine göre ve farklı 3 üfleme hızına göre mahal içerisindeki konfor şartları elde edilmiştir. Analizler neticesinde uygun menfez konumları ile sıcaklık ve hız grafikleri ve verileri yorumlanıp üfleme hızının değişmesi durumunda sıcaklık ve hız vektörleri yorumlanmıştır.

Yapılan çözümlerinde en uygun menfez yerleştirme düzeninin tavadan üfleme ve yan duvarlarda egzoz yapılması durumu olduğu görülmüştür. Bu tasarım şartlarında oda içerisinde simetrik bir hava dağılımı oluşmuştur. Tüm modellerde havanın mahal içerisine homojen olarak dağıldığı ve kabin içerisinde ve dışında hava akış hızları rahatsız edici seviyenin altında kaldığı görülmüştür. 3 farklı hızda yapılan çözümlerinde üfleme menfezi etrafında jet akış oluşmuş, kabin çevresinde genellikle 0.1 m/s' nin altında düşük hızlar oluşmuştur.

Ayrıca, sıcaklıklar açısından menfez konumlarının değişmesiyle ofis içerisindeki sıcaklık dağılımının etkilendiği belirlenmiştir. Tüm modellerde sıcaklık dağılımların konfor açısından uygun olduğu ve aşırı bir sıcaklık yoğunlaşmasının olduğu bölgenin oluşmadığı gözlenmiştir. Ayrıca, sıcaklık ve hız dağılımı ile ilişkili olarak kabin bölgesindeki konfor açısından en uygun olduğu değerler tüm üfleme hızları için Model 2 durumunda elde edilmiştir.

Kabin tipi ofislerde incelenen hava hareketi, sıcaklık dağılımının konfora etkisi birçok parametreye bağlı olup problem kompleks bir çözüm gerektirmektedir. Ofis içerisindeki ve kabin bölgesindeki akışın türbülanslı bir akış olmasından ve üç boyutlu bir çözüm gerektirdiğinden sayısal

çözümlerin çok uzun zaman almasından dolayı, parametrik çalışma yapmak zor olmaktadır. Yapılacak çalışmalarda menfez sayılarının artırılması, menfez boyutlarının değiştirilmesi ve daha farklı ve sayılardaki hızlarda farklı hava değişim sayıları ile ofis içerisinde çalışanların dışındaki insanlarda dikkate alınarak çalışmalar yapılabilir. Dolayısıyla yapılan bu çalışmanın farklı mekânların iklimlendirilmesinde istenilen konfor şartlarının sağlanması açısından özellikle kabin içi hava hızı ve sıcaklık dağılımlarına menfez yerleşiminin ve hız değerlerinin etkisini göstermesi açısından önemli bir kaynak olabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma, “Kabin tipi ofislerin iklimlendirilmesinde hız ve sıcaklık dağılımlarının sayısal olarak incelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

Yazarların Katkısı

Çalışmada tüm yazarlar eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yazarlar bu çalışmanın Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olduğunu beyan ederler.

Kaynaklar

- [1] Sempey A., Inard C., Ghiaus C., Allery C. 2009. Fast simulation of Temperature Distribution in Air Conditioned Rooms by Using Proper Orthogonal Decomposition. *Building and Environment*, 44(2): 280-289.
- [2] Kılıç M., Aktaş M., Sevilgen G. 2019. Liquid Cooling Performance of the Single and Multi-Led Circuit Boards Used in Automotive Lighting Systems. 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies, 18-21 Haziran, Brac adası, 1-5.
- [3] Myhren J. A., Holmberg S. 2014. Flow Patterns and Thermal Comfort in A Room With Panel, Floor and Wall Heating. *Energy and Buildings*, 40(4): 524-536.
- [4] Gürbüz H., Akçay İ.H., Asghar H., Ali Q.A. 2016. Analysis of Bus Air Conditioning System by Finite Elements Method (ANSYS). *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 5(3):115-124.
- [5] Karyono T. H. 2015. Predicting Comfort Temperature in Indonesia, An Initial Step to Reduce Cooling Energy Consumption. *Buildings*, 5:802-813.
- [6] Yasuhiro S., Aisaka, K. 2018. Novel Thermal Analysis Model of the Foot-Shoe Sole Interface during Gait Motion.
- [7] Tso C. P., Xu G. P., Tou K.W. 1999. An Experimental Study on Forced Convection Heat Transfer from Flush-Mounted Discrete Heat Sources. *J. Heat Transfer*, 121(2): 326-332.
- [8] Lin W., Armfield S.W. 2001. Natural Convection Cooling of Rectangular and Cylindrical Containers. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 22(1): 72-81.
- [9] Tric E., Labrosse G. 2000. A First Incursion into The 3D Structure of Natural Convection of Air in a Differentially Heated Cubic Cavity, from Accurate Numerical Solutions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43(21): 4043-4056.
- [10] Yüce B. E., Pulat E. 2019. Alttan Isıtma Sisteminin Kullanıldığı Bir Ofis Odasında Isıl Konfor ve İç Hava Kalitesinin Sayısal Olarak İncelenmesi. 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2019, İzmir, 1094-1102.
- [11] Düz H. 2013. Giriş ve Tam Gelişmiş Akış Bölgesinde Laminar-Türbülans Geçiş Özelliklerinin Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 240s, Elazığ.