



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İKLİMLENDİRİLEN BİR AMELİYATHANE SALONUNUNDAKİ
HAVA AKIŞININ SAYISAL ANALİZİ**

YASİN POLAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

OCAK - 2011

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İKLİMLENDİRİLEN BİR AMELİYATHANE SALONUNDAKİ
HAVA AKIŞININ SAYISAL ANALİZİ

YASİN POLAT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Yıldız KOÇ' un danışmanlığında hazırlanan bu tez 26/01/2011 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Yıldız KOÇ	Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ	Yrd. Doç. Dr. Emin ÜNAL
Başkan	Üye	Üye

Bu tez Enstitümüz Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Necat AĞCA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma M. K. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.
Proje No: **04 Y 0112**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, sekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Sağlık Tesislerinde Karşılaşılan Kirleticiler	2
1.2. Enfeksiyonlar ve Sebep Oldukları Kayıplar	5
1.3. Hijyenik Havalandırma Sistemi Standartları ve Denetim Kriterleri.....	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Dayanak Model 1.....	23
3.1.2. Dayanak Model 2.....	24
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Yapılan Kabuller	29
3.2.2. SIMPLE İterasyon Metodu.....	29
3.2.3. Boussinesq Yaklaşımı.....	31
3.2.4. Matematik Modelin Temel Denklemleri.....	31
3.2.5. Sayısal Çözüm İçin İncelenen Kesitler.....	32
3.2.5.1. Model 1 İçin İncelenen Kesitler.....	33
3.2.5.2. Model 2 İçin İncelenen Kesitler.....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	35
4.1. Model 1 İçin FLUENT Analiz Sonuçları.....	35
4.2. Model 2 İçin FLUENT Analiz Sonuçları.....	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	75
TEŞEKKÜR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÖZET**İKLİMLENDİRİLEN BİR AMELİYATHANE SALONUNDAKİ
HAVA AKIŞININ SAYISAL ANALİZİ**

Günümüz ameliyathanelerin iklimlendirilmesinde kullanılan klima sisteminden istenen sıcaklık ve nem kontrolünün yanı sıra havada taşınabilen mikroorganizma ve toz miktarında, atık anestezi gazı ve kötü kokuların oranında önemli ölçüde azalma sağlamasıdır. Ayrıca klima sistemi standartlarda belirtilen koruma alanını oluşturabilmeli ve bu koruma alanında belirli bir hızda hava üfleme yapabilmelidir. Bu sayede ameliyat esnasında kesi yapılan bölgeden hastaya enfeksiyon bulaşma riski de en aza indirgenebilmelidir. Ameliyathane odalarında enfeksiyon risklerini düşürebilmek için ameliyat masasının üstü ve cerrahi alet masası gibi özel koruma gerektiren alanlarda havada taşınabilen mikroorganizma konsantrasyonunun da belirlenen limitlerin altında tutulabilmesi için standartlarda belirtilen hava değişim sayısının da sağlanması önemlidir. Zira tüm bu bahsedilen şartlar bir bütün olarak sağlandığında, standartlara uygun, enfeksiyon riskini en aza indiren bir ameliyathane ortamı için istenilen iklimlendirme şartları sağlanabilir.

Bu çalışmada ameliyathanelerin iklimlendirilmesinde kullanılan laminer akış ünitesi ve emme menfezlerinden oluşan iklimlendirme sisteminin oluşturduğu hava akımı ve son yıllarda ülkemizde ameliyathanelerin iklimlendirilmesinde kullanılmaya başlayan aseptizör cihazının oluşturduğu hava akımı belirlenen sınır şartları altında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Tasarlanan modeller x düzleminde beş z düzleminde üç kesitte incelenmiştir. Kullanılan matematik model, lineer olmayan ve zamanla değişen akım şartları için süreklilik, momentum, enerji ve k-ε türbülans model denklemlerinden oluşmaktadır. Model denklemleri gerçek bir ameliyathane salonunun şekil, boyut, başlangıç ve sınır şartlarına dayanılarak çözülmüştür. Bu denklemlerin çözümü ve ameliyathane salonunun modelinin simülasyonlarında FLUENT paket programı kullanılmıştır. Sonuçlar belirlenen kesitlerde sıcaklık konturları ve hız vektörleri ile gösterilerek yorumlanmıştır. Çalışmanın sonucunda ameliyathanelerde en uygun havalandırma tekniğinin tavandan üfleme, kenarlardan emme menfezleri vasıtasıyla iklimlendirme olduğu anlaşılmıştır. Aseptizör cihazı ile iklimlendirme yapılması halinde enfeksiyon üreme riski olduğu tespit edilmiştir.

2011, 78 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ameliyathane, Laminer Akış Ünitesi, Aseptizör, Enfeksiyon Riski, Matematik Model, FLUENT programı.

ABSTRACT**NUMERICAL ANALYSIS OF AIR FLOW FOR CONDITIONED OPERATING ROOM HALL**

Requested from air conditioning system which is used climatizing of present day operating room is that in addition to controlling of humidity and temperature, ones significantly provide to decrease the rate of waste anesthetic gas and bad smell, the amount of dust and microorganisms carried in the air. Also, air conditioning system able to create protection area defined in the standards and able to make air blowing at a certain speed at this protection area. So that the risk of transmission of infection to patients from injured region can be minimized least during the surgery. For reduce the risk of infection in operating rooms, it is very important to provide the number of defined standards of air exchange at the areas that require special protection such as surgical instrument panel and top of operating table. If ones completely provide the above mentioned condition fully, requested air conditioning for operating room environment to minimize the risk of infection and appropriate the standards will be providing.

In this study, laminar flow unit used in climatizing of operating room, climatizing system consisting of air flow unit and intake vents that is created by aseptiser device which is recently started to use for modeled under the defined boundary conditions in three dimensions. The used mathematical model is developed using nonlinear and unsteady continuity, momentum, energy and k- ϵ turbulence model equations. These model equations are constructed according to the shape, size, initial and boundary conditions of real operating room. FLUENT software program is utilized in order to simulate the operating room model and solve the equations. The results of FLUENT values, are interpreted with showing velocity vectors and temperatures contours at defined sections. As a result of this study, the most suitable ventilation techniques in operating rooms blowing air from the up section and through vents that absorption edges had understood. In case of a reproductive risk of infection with the air conditioning which usage of aseptiser device, was found to occur.

2011, 78 pages

Keywords: Operating Room, Laminar Flow Unit, Mathematical Model, FLUENT Software, The Risk of Infection

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

g	: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
$k-\epsilon$: Türbülans kinetik enerjisi kazancı, kaybı
β	: Isıl yayılım katsayısı
α	: Isıl difüzyon katsayısı (m^2/s)
k	: Isı iletim katsayısı (W/mK)
C_p	: Sabit basınç altındaki özgül ısı (J/kgK)
T	: Ortam sıcaklığı (K)
T_1	: Operasyon esnasındaki sıcaklık (K)
SIMPLE	: Semi Implicit Method for Pressure - Linked Equations
ASHRAE	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa**

Çizelge 1. Model 1' deki Ameliyathane içindeki cihaz ölçüleri ve ısı yayım değerleri...	24
Çizelge 2. Model 2' deki Ameliyathane içindeki cihaz ölçüleri ve ısı yayım değerleri...	25

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Memarzadeh ve Manning (2002)' in çalışmalarında kullandıkları model.....	21
Şekil 3.2 Memarzadeh ve Manning (2002)' in çalışmalarında kullandıkları model.....	22
Şekil 3.3 Model 1 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü.....	26
Şekil 3.4 Model 1 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü.....	26
Şekil 3.5 Model 1 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü.....	27
Şekil 3.6 Model 2 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü.....	27
Şekil 3.7 Model 2 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü.....	28
Şekil 3.8 Model 2 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü.....	28
Şekil 3.9 Model 1 için z düzleminde alınan kesitlerin görünüşü.....	33
Şekil 3.10 Model 1 için x düzleminde alınan kesitlerin görünüşü.....	33
Şekil 3.11 Model 1 için z düzleminde alınan kesitlerin görünüşü.....	34
Şekil 3.12 Model 2 için x düzleminde alınan kesitlerin görünüşü.....	34
Şekil 4.1 Model 1 için Ocak ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları.....	36
Şekil 4.2 Model 1 için Ocak ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	36
Şekil 4.3 Model 1 için Ocak ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları	37
Şekil 4.4 Model 1 için Ocak ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları.....	37
Şekil 4.5 Model 1 için Ocak ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları.....	38
Şekil 4.6 Model 1 için Ocak ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları	39
Şekil 4.7 Model 1 için Ocak ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	39
Şekil 4.8 Model 1 için Ocak ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları.....	40
Şekil 4.9 Model 1 için Ocak ayında x-1 düzleminde hız vektörleri.....	41
Şekil 4.10 Model 1 için Ocak ayında x-2 düzleminde hız vektörleri.....	42
Şekil 4.11 Model 1 için Ocak ayında x-3 düzleminde hız vektörleri.....	42
Şekil 4.12 Model 1 için Ocak ayında x-4 düzleminde hız vektörleri.....	43
Şekil 4.13 Model 1 için Ocak ayında x-5 düzleminde hız vektörleri.....	43
Şekil 4.14 Model 1 için Ocak ayında z-1 düzleminde hız vektörleri.....	44
Şekil 4.15 Model 1 için Ocak ayında z-2 düzleminde hız vektörleri.....	44
Şekil 4.16 Model 1 için Ocak ayında z-3 düzleminde hız vektörleri.....	45

Şekil 4.17 Model 1 için Temmuz ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları.....	46
Şekil 4.18 Model 1 için Temmuz ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	46
Şekil 4.19 Model 1 için Temmuz ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları.....	47
Şekil 4.20 Model 1 için Temmuz ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları.....	47
Şekil 4.21 Model 1 için Temmuz ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları.....	48
Şekil 4.22 Model 1 için Temmuz ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları.....	48
Şekil 4.23 Model 1 için Temmuz ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	49
Şekil 4.24 Model 1 için Temmuz ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları.....	49
Şekil 4.25 Model 1 için Temmuz ayında x-1 düzleminde hız vektörleri.....	51
Şekil 4.26 Model 1 için Temmuz ayında x-2 düzleminde hız vektörleri.....	51
Şekil 4.27 Model 1 için Temmuz ayında x-3 düzleminde hız vektörleri.....	52
Şekil 4.28 Model 1 için Temmuz ayında x-4 düzleminde hız vektörleri.....	52
Şekil 4.29 Model 1 için Temmuz ayında x-5 düzleminde hız vektörleri.....	53
Şekil 4.30 Model 1 için Temmuz ayında z-1 düzleminde hız vektörleri.....	53
Şekil 4.31 Model 1 için Temmuz ayında z-2 düzleminde hız vektörleri.....	54
Şekil 4.32 Model 1 için Temmuz ayında z-3 düzleminde hız vektörleri.....	54
Şekil 4.33 Model 2 için Ocak ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları.....	55
Şekil 4.34 Model 2 için Ocak ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	56
Şekil 4.35 Model 2 için Ocak ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları.....	56
Şekil 4.36 Model 2 için Ocak ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları.....	57
Şekil 4.37 Model 2 için Ocak ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları.....	57
Şekil 4.38 Model 2 için Ocak ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları.....	58
Şekil 4.39 Model 2 için Ocak ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	58
Şekil 4.40 Model 2 için Ocak ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları.....	59
Şekil 4.41 Model 2 için Ocak ayında x-1 düzleminde hız vektörleri.....	60
Şekil 4.42 Model 2 için Ocak ayında x-2 düzleminde hız vektörleri.....	60
Şekil 4.43 Model 2 için Ocak ayında x-3 düzleminde hız vektörleri.....	61
Şekil 4.44 Model 2 için Ocak ayında x-4 düzleminde hız vektörleri.....	61
Şekil 4.45 Model 2 için Ocak ayında x-5 düzleminde hız vektörleri.....	62
Şekil 4.46 Model 2 için Ocak ayında z-1 düzleminde hız vektörleri.....	62
Şekil 4.47 Model 2 için Ocak ayında z-2 düzleminde hız vektörleri.....	63

Şekil 4.48 Model 2 için Ocak ayında z-3 düzleminde hız vektörleri.....	63
Şekil 4.49 Model 2 için Temmuz ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları.....	64
Şekil 4.50 Model 2 için Temmuz ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	65
Şekil 4.51 Model 2 için Temmuz ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları.....	65
Şekil 4.52 Model 2 için Temmuz ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları.....	66
Şekil 4.53 Model 2 için Temmuz ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları.....	66
Şekil 4.54 Model 2 için Temmuz ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları.....	67
Şekil 4.55 Model 2 için Temmuz ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları.....	67
Şekil 4.56 Model 2 için Temmuz ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları	68
Şekil 4.57 Model 2 için Temmuz ayında x-1 düzleminde hız vektörleri.....	69
Şekil 4.58 Model 2 için Temmuz ayında x-2 düzleminde hız vektörleri.....	69
Şekil 4.59 Model 2 için Temmuz ayında x-3 düzleminde hız vektörleri.....	70
Şekil 4.60 Model 2 için Temmuz ayında x-4 düzleminde hız vektörleri.....	70
Şekil 4.61 Model 2 için Temmuz ayında x-5 düzleminde hız vektörleri.....	71
Şekil 4.62 Model 2 için Temmuz ayında z-1 düzleminde hız vektörleri.....	71
Şekil 4.63 Model 2 için Temmuz ayında z-2 düzleminde hız vektörleri.....	72
Şekil 4.64 Model 2 için Temmuz ayında z-3 düzleminde hız vektörleri.....	72

1. GİRİŞ

İnsanın hayat konforu için en önemli olgu sağlıktır. Ancak sağlıklı insanlar mutlu ve huzurlu bir hayat sürdürebilirler. Bu nedenle, yapılan bilimsel çalışmaların en kıymetli olanları şüphesiz ki doğrudan doğruya insan sağlığı ile ilgili olan, insan sağlığının/güvenliğinin korunmasına yardımcı olan, hastalık riskini azaltan yada azaltmaya yardımcı olan ve hastalık riskini ortadan kaldıran bilimsel çalışmalardır.

Sağlık hizmet tesislerinin insan sağlığına zarar vermeyecek ortamlar olması, bu tesislerde kullanılacak olan cihaz ve ekipmanların da aynı şekilde insan sağlığına uygun, bakteri ve enfeksiyonların üremesine imkan tanımayan, standartlara uygun cihaz ve ekipmanlar olmasının gerekli olduğu da açıktır.

Aynı zamanda, bu tesislerinin havalandırma sistemleri de ilgili standartlara uygun, gerekli konfor şartlarında ve hijyenik kurallara uyumlu olacak nitelikte iklimlendirme yapabilmelidir. Acil cerrahi müdahale bölümü, yoğun bakım üniteleri, bulaşıcı hastalık şüphesi olanların teşhis ve tedavi üniteleri, ameliyathane vb. gibi önemli mekanların iklimlendirme sistemlerinin projelendirilmesi ve işletilmesinde ayrıca dikkat edilmesi gerekmektedir.

Ameliyathanelerin enfeksiyon bulaştırma riski yönünden en önemli mekanlar olduğu konunun uzmanları tarafından dile getirilmektedir. Rahman (2000) tarafından bildirildiğine göre; üriner sistem enfeksiyonlarından sonra en sık karşılaşılan enfeksiyonlar cerrahi alan enfeksiyonlarıdır ve bu enfeksiyonların en önemli sebebinin de hastaya steril olmayan ortamda ve steril olmayan biçimde müdahaleler olduğu Korten (1996) ve Howard (1999) tarafından belirtilmiştir.

Bu bağlamda konuyla alakalı olarak havalandırmanın hastalık bulaştırmadaki rolü, enfeksiyon, virüs ve bakterilerin ne olduğu ve hastane enfeksiyonlarının neden olduğu kayıplar açıklanmıştır. Dünyada hastane hijyenik alan havalandırma tekniğini düzenleyen başlıca standartlar, bir steril alanın hava kaynaklı kontaminasyonlar (kirlilikler) ve dolayısıyla enfeksiyon açısından kontrollü ve uygun olup olmadığına nasıl karar verilebileceği hakkında gerekli bilgilere yer verilmiştir.

1.1. Sağlık Tesislerinde Karşılaşılan Kirleticiler

Sağlık tesislerinde, özellikle bazı hastane işlem alanlarındaki biyolojik kirlenmenin kontrolü ve havalandırması, ondokuzuncu yüzyılın ortalarından bu yana birçok araştırmanın konusu olmuştur (Banks 1978; Lieser 1975).

Sağlık hizmetleri enfeksiyon kontrolünde havalandırmanın rolünü belirleyebilmek için öncelikle, herhangi bir açık yaradan ya da solunum yoluyla enfeksiyonun nasıl bulaştığının iyice anlaşılması gerekir. Ortamda her zaman bulunan parçacıkların hepsi mutlaka canlı veya bulaşıcı değildir. Bulaşıcı parçacıklar da mutlaka enfeksiyona neden olmaz. Bulaşıcı parçacıklar yeteri kadar birikirse, bulaşıcı doz haline gelir ki, bu da konak bireyin bağışıklık savunmasını yenebilir. Bu süreç, enfeksiyon ilişkilerinin biyolojik etkisiyle tanımlanır (Heirholzer, 1993).

Havalandırma, enfeksiyon parametrelerinin biyolojik etkileri arasında, havada dolaşan bulaşıcı partiküllerin konsantrasyonunun kontrolüyle bulaşıcı dozunu ve mekandaki havanın ortalama kalma süresini kısaltarak da bulaşıcıya maruz kalma süresini etkiler. Bulaşıcı konsantrasyonunun kontrolü ve maruz kalma süresi üzerinde yoğunlaşarak, ölçülebilir sonuçları olan gerçek ve tam bir mühendislik yaklaşımı sergilenmiş olur. Bu yolla, gerçekçi hava değişim sayıları, filtre verimleri ve basınç ilişkileri tespit edilebilir (Hermans, 2000).

Enfeksiyon \approx Doz x Yer x Şiddet x Zaman / Konak Bireyin Savunma Seviyesi

Bu denklem, havada dolaşan enfeksiyon parçacıklarının şüpheli konak bireyde enfeksiyonun başladığı yerde kolonileşmesi için yeterince uzun bir süre bulaşıcı dozuna eşit veya daha büyük bir konsantrasyonda olması gerektiğini ifade eder (Heperkan ve Meral, 2009).

Mikroorganizmaların hastalık yapmak üzere organizma ile ilişkiye girme durumlarına enfeksiyon denir (Bilgehan, 1996; Rahman, 2000' den). Enfeksiyon, genel bedensel reaksiyonlarla (ateş, bitkinlik vb.) veya reaksiyonsuz enflamasyon belirtilerine (kızarıklık, şişlik, ağrı, sıcaklık gibi) göre nitelendirilen dokunun patolojik durumu olarak görülür. Bulaştırma, konak bireyin hassasiyeti, nicel yükler ve istilacı mikroorganizmaların şiddeti gibi faktörlere bağlı olan, aktif enfeksiyonda gelişebilen veya gelişemeyen mikroorganizmaların kaynağı olarak tanımlanır. Cerrahi yara enfeksiyonu, yaranın kirlenmesi ile başlar, ameliyattan sonraki birkaç gün içinde

ilerleyebilir veya gecikebilir ve bulaştırmadan sonra aylarca hatta yıllarca açığa çıkmayabilir. Cerrahi yara enfeksiyonları, yüzeysel olabilir, deriye ve alt deri dokularına veya derinlere bulaşabilir, daha derin alt deri dokularına, kemiğe, eklemlere, iç organlara veya vücut boşluklarına bulaşabilir.

Enfeksiyonun ve bulaştırmanın kaynağı, kalıtımsal (hastadan kaynaklanan) veya eksojen (hasta dışında herhangi bir yerden) olabilir. Temasla bulaştırma, kirlenmiş (bulaştırılmış) cerrahi aletlerle cerrahi yaranın ağırlı dokusuna dokunarak yada girerek veya yabancı maddenin yerleştirilmesiyle veya kirli eldiven yada cerrahi ekibin önlüklerinin teması ile kirliliğin (bulaştırmanın) cerrahi yaranın içine bulaşmasıdır. Havada dolaşan bulaştırma, havada bulunan mikroorganizmalar vasıtasıyla cerrahi yaraya bulaşır. Bulaştırma, doğrudan veya dolaylı yollarla cerrahi açık yaraya ulaşabilir. Aletler havada dolaşan mikroorganizmaların kaynağı olduğunda, cerrahi yaranın içine girerek havada dolaşan mikroorganizmalar, temas edilen bulaşıcı ile birleşir. Bu durumda dolaylı bulaştırma meydana gelir. Biopartiküller, mikroskobik parçacıklar olup mikroorganizmaları (bakteri, virüs, mantar vs.) taşır. Havada dolaşan bakteri veya virüsler, toz parçacıkları, tiftik parçacıkları, dökülmüş deri pulları gibi biopartiküllerin üzerinde veya nem damlaları içinde taşınabilirler veya asıl bakteri veya sporlar gibi teker teker veya gruplar halinde olabilirler.

Çalışmalar, bir yarada bulunan bakteriyel bulaşmanın %80-90 ortam havasından geldiğini göstermektedir (Howorth 1985). Doğru bir havalandırma ;

(1) kişiyi geçici veya kalıcı olarak rahatsız edebilecek, ameliyat sırasında serbest bırakılan anestezi gazlarının kokularını uzaklaştırmak için

(2) kapalı alan havasının alan kullanıcıları ve hastalar için sağlık direktiflerine göre mikropsuz seviyeyi sağlaması için bakteri, virüs ve toz konsantrasyonunun kabul edilebilir seviyeye düşürülmesi için ve

(3) ameliyat sırasında ameliyat çalışanlarının dikkat gerektiren çalışmalarını kolaylaştırmak için optimum ve rahat çalışma koşullarını sağlamak için gereklidir.

Bütün cerrahi yara enfeksiyonlarının tahmini % 2' den daha fazlası, havada dolaşan bulaşıcılara bağlanamaz (%2' nin %1-3' ü temiz temiz operasyonlarındaki yara enfeksiyonu oranı veya bütün cerrahi yara enfeksiyonlarının %0.02 ile %0.06' sıdır) (Heperkan ve Meral, 2009).

Havada dolaşan organizmaların; hatalı tasarımdan, hatalı kurulumdan, yetersiz bakımdan, yanlış veya kötü kullanımdan dolayı klima sistemlerinin çok fazla bulaşıcı haline gelmesinden yada bütün eklemine yerine büyük bir yabancı madde cerrahi olarak yerleştirildiğinde veya hastanın bağışıklık sistemi bastırıldığında veya istilacı mikroorganizmaların şiddeti ve/veya miktarı çok fazla olduğunda, yara enfeksiyonlarının nedeni olarak daha önemli bir rolü olduğu düşünülür.

Virüsler genellikle 0.3µm çapından daha küçüktür ve serbest şekilde dolaşıyorlarsa büyük olasılıkla akciğerin derinliklerinde birikecektir. Bunun için filtreler kullanılarak çok fazla bir şey yapılamaz. Kowalski ve ark. (1999), difüzyon modelleri kullanılarak filtre performansının modellenmesindeki sorunlardan ötürü virüs ve büyük partiküller için filtreleme verimliliğinin belirlenmesinin zor olduğunu işaret eder.

Bakteriler, 0.2 µm ile 2.0 µm büyüklükleri aralığında bulunur. Bu partikül büyüklük aralığı, günümüzdeki filtre araçlarının filtreleme gücünün içindedir. Bu aralık ayrıca büyük olasılıkla akciğerlerin derinliklerinde birikebilecek partikül büyüklüğüdür. Havada dolaşan bulaşıcılar, çoğunlukla toz partiküllerine veya su moleküllerine tutunur. Çalışmalar, hastanede bulunan bakterilerin %99.9'unun %90-95 verimli filtrelerle atıldığını göstermektedir (Heperkan ve Meral, 2009). Çünkü bakteriler genelde 1 mm'den büyük olup koloni şeklinde bulunmaktadır. Havada dolaşan bulaşıcı virüsler, 1 mm'den küçük olduğundan kontrol edilmeleri daha zordur.

1969 yılından bu yana yönetmelikler, ameliyathane gibi hassas alanlarda devridaime izin vermiştir. Bu tür yerlerde ASHRAE Standart 52-76'ya göre en az iki son filtre gerekir, yani sırasıyla %25 ve %90 verimlilikle değerlendirilen bir ön filtre bir de son filtre olmalıdır. Filtreler optimum performanslarını güvence altına almak için uygun şekilde korunmalıdır. Anestezi gazının kullanıldığı her alanda atık anestezi gazının egzoz edilmesi için ayrı boşaltım sistemleri kurulmalıdır (Heperkan ve Meral, 2009).

1.2. Enfeksiyonlar ve Sebep Oldukları Kayıplar

Hastane enfeksiyonları ile en sık cerrahi kliniklerde karşılaşılmakta olup, Amerika' da bulunan Center for Disease Control (Bulaşıcı Kontrol Merkezi, CDC) verilerine göre taburcu edilen 1000 hastanın 44.3' ünde enfeksiyon görülmektedir (Howard, 1999). Üriner sistem enfeksiyonlarından sonra en sık karşılaşılan hastane enfeksiyonu cerrahi alan enfeksiyonlarıdır (Korten, 1996). Cerrahi alan olan hastaya steril olmayan bir ortamda ve steril olmayan biçimde müdahaleler en önemli sebeplerdir (Howard, 1999).

Mikroorganizmaların enfeksiyona yol açabilmeleri patojen olmalarına ve virülans özelliklere sahip olmalarına bağlıdır (Favero ve Bolyard, 1995). Patojenite mikropların hastalık yapabilme yeteneğine sahip olması olup, virülans özelliği ise bu yeteneklerinin şiddet derecesidir (Akhan ve Hayran 1997). Hastalık yapma yeteneği olan birçok mikroorganizma organizmada bulunduğu halde hastalık oluşturmayabilir. Patojen olmayan, ancak uygun ortam bulduklarında hastalık oluşturan fırsatçı pek çok mikroorganizma da bulunmaktadır. Yani enfeksiyon oluşturması için yalnızca mikroorganizmanın virülansı ya da patojenitesi yetmez, ilişkide bulunduğu organizmanın da mikroba karşı ilgisi ve karşı koyma gücü de hastalık oluşumunda rol oynar.

Operasyondan sonra ilk 30 gün içinde gelişen enfeksiyonlar cerrahi alan enfeksiyonu olarak isimlendirilmektedir. İmplant (vücuda yabancı bir cisim takılması işlemi) uygulanan hastalarda bu süre 1 yıl olarak belirlenmiştir.

Cerrahi alan enfeksiyonu gelişimi için birkaç faktör belirleyici olmaktadır. Bunlar; mikrobiyal patojenite ve sayısı, hastaya ait savunma sistemlerinin durumu, lokal çevre ve cerrahi tekniktir (Baskan, 1993; Howard, 1999). Bu faktörlerin kontrolü enfeksiyon gelişimini önleyebilir.

Hastane enfeksiyonlarının önemli bir bölümünü oluşturan cerrahi alan enfeksiyonları çoğunlukla ameliyathaneden köken almaktadır (Korten, 1996). Pittet ve Ducele ameliyathanelerde enfeksiyon gelişimine zemin hazırlayan kaynakları 4 ana başlıkta incelemiştir (Pittet ve Ducele, 1994).

1. Hastanın kendisi
2. Ameliyatlarda kullanılan araçlar ve gereçler

3. Ameliyat ekibi ve personeli

4. Ameliyat salonu ve çevresi

Hastane enfeksiyonları; hasta kişilere verdiği zarar kadar hastane için de fazladan iş gücü, zaman ve ekonomik kayıp nedenidir. Hastanede kalış süresinin artması ise iş gücü kayıpları ile sonuçlanmaktadır. Türkiye' de 1996 verilerine göre hastane enfeksiyonu hızları Hacettepe Üniversitesi' nde %7.4, Gülhane Askeri Tıp Akademisi' nde %7.6, Marmara Üniversitesi'nde %8.6, Akdeniz Üniversitesi' nde %6.7, Selçuk Üniversitesi' nde %5.0, Cumhuriyet Üniversitesi' nde %5.1, Ankara Üniversitesi Cebeci Hastanesi' nde %3.5, olarak belirlenmiştir (Arman, 1997). Ankara Üniversitesi İbn-i Sina Hastanesi' nde ise 1998 yılı hastane enfeksiyonu oranı %3.87 olarak bulunmuştur (Erbektaş ve ark., 1999). Aynı çalışmada hastane enfeksiyonları dağılım yönünden incelendiğinde cerrahi alan enfeksiyonları % 25.04' lük değer ile 1. sırada yer almıştır.

Yine aynı hastanede yapılan başka bir çalışmada cerrahi kliniklerde izlenen hastane enfeksiyonları dağılımında cerrahi yara enfeksiyonları %56.6 gibi yüksek değerlerde izlenirken, solunum sistemi enfeksiyonları %14.8, sepsis %12.9, üriner sistem enfeksiyonları %11 olarak bulunmuştur (Rahman, 2000' den).

Ameliyat sırasında enfeksiyon kapan hastanın ameliyat sonrası hastanede kalış süresi antibiyotik tedavisi nedeniyle uzamaktadır. Ameliyat sonrası enfeksiyon nedeniyle 2001 yılı istatistiklerine göre; hastanede yatış süresi ABD' de 2 gün, Avrupa topluluğunda 3 gün, Türkiye' de 13-14 gündür. Ülkemizde antibiyotik kullanma oranı Avrupa topluluğunun 7, ABD' nin 8 katıdır. 2001 yılında Türkiye' de yapılan ameliyat sayısı 1.638.000 adet ve genel antibiyotik harcaması 4.5 milyar \$'dır (Boylu, 2005).

1.3. Hijyenik Havalandırma Sistemi Standartları ve Denetim Kriterleri

Bilimsel araştırmalara göre; havalandırma tekniği açısından kontrolsüz ortamda yapılan bir ameliyatta hava kaynaklı bir enfeksiyon riskini 100 kabul edersek, temiz ve hijyenik alan standartlarına, yönerge ve prosedürlerine (DIN 1946-4, VDI 2167, GMP, ISO 14644-1, vb.) uygun olarak yapılmış ve testler sonucu uygunluğu ispatlanmış bir ameliyathanede bu oran %0.033' e düşmektedir. Bazı araştırmalarda hava kaynaklı enfeksiyonların genel hastane enfeksiyonlarına oranının zaman zaman %30-35 gibi son derece yüksek değerlere ulaştığı kayıt altına alınmıştır (Boylu, 2005).

Dünyada hastane hijyenik alan havalandırma tekniğini düzenleyen başlıca standartlar;

- DIN 1946-4(Alman standardı) 1999
- DIN 1946-4(Alman standardı) Nisan 2005 (Taslak)
- BS 5295 (İngiliz standardı)
- VDI 2167
- VDI 2083
- SWKI-Guideline 99-3(İsveç standardı)
- ASHRAE 2003 Ameliyat Salonu Isıtma Soğutma ve İklimlendirme El Kitabı

yönergeleri

ve tamamlayıcı olarak;

- DIN EN 1886
- Amerikan SMACNA

doğrudan ameliyathaneleri esas almasa da temizlik sınıflarının belirlenmesinde ve sağlanmasında yardımcı olan;

- ISO 14644-1, 2, 3...7 (Avrupa Birliği standardı)
- Federal Standart 209 D ve E (Amerikan standardı)
- Avrupa Birliği EUROVENT standartları ile GMP (iyi üretim uygulamaları prosedürü), SOP (standart operasyon prosedürleri) vb. dir.

Ülkemizde ameliyathane hijyenik havalandırma sistemlerinde uygulanmak üzere TSE tarafından DIN 1946-4 Alman standardının 1989 yılı versiyonu Türkçeye çevrilerek yayınlanmıştır. Ancak Almanya' da 1999 yılında DIN 1946-4 standardının daha yeni versiyonu yayınlanmış olup son olarak Robert KOCH Enstitüsüne (RKI) ait yönetmeliğin değişen verileri doğrultusunda yayınlanan DIN 1946-4 Nisan 2005 taslağı görüş bildirimine sunulmuştur.

Standartlara uygun bir hijyenik alan oluşturabilmek amacıyla aşağıdaki yol haritasına uymak gerekmektedir;

- Kullanıcı isteklerinin belirlenmesi,
- Kullanıcı isteklerine uygun tasarım ve malzeme seçimi, projenin hazırlanması kontrolü ve onayı (DQ) Dizayn/proje yeterliliği,

- Tasarıma uygun inşaat, mekanik tesisat montajı, otomasyon, projeye uygun malzemenin kullanımının ve yapımının kontrolü ve onayı. (IQ) Kurulum/montaj yeterliliği,

- Yapım tamamlandıktan sonra çalıştırılması ve kontrolü gerekli SOP' lerin (standart operasyon prosedürleri) hazırlanması (Önleyici bakım dahil) (OQ) Operasyon/çalışma yeterliliği,

- Tesisin tüm ekipmanlarının çalıştırılarak kullanıcını ve ilgili standardın gereksinimlerini sağladığının ispatlanması (PQ) Performans yeterliliği, validasyon kapama raporunun kontrolü ve onayı,

Günümüzde test, ölçüm ve kabul kriterleri (validasyon/geçerlilik) işlemleri ile geldiğimiz en iyi nokta 21 Ekim 2006 tarihinde, "ÖZEL HASTANELER YÖNETMELİĞİNDE YAPILAN DEĞİŞİKLİK" kapsamında yayınlanmış olan Ameliyathane ve Yoğun bakımlarda Partikül sayımlarının yapılması mecburiyetini de içine alan yönetmeliktir. Bir steril alan havalandırma sisteminin hijyen kurallarına uygunluğunun tespitinde test ve ölçüm kriteri olarak "tek başına" partikül sayımını yeterli görmek uygun değildir. Bir steril alanın hava kaynaklı kontaminasyonlar ve dolayısıyla enfeksiyon açısından kontrollü ve uygun olup olmadığına ancak aşağıda belirtilen faktörlerin belirlenmesi ve standartlara uygunluğunun irdelenmesi ile karar verilebilir. Sıralanan işlemlerin tümüne VALİDASYON/DOĞRULAMA adı verilir.

- Sızdırmazlık testinin yapılması (D.O.P. filter integrity test / filtre ve filtre kabini sızdırmazlık testi) ve asma tavan sızdırmazlığının kontrolü,

- Pozitif basıncın sağlanması ve ölçümü,

- Hava akış yönlerinin uygunluğunun testi,

- Laminer akışlı hava dağıtım sistemlerinde hava hızlarının uygunluğunun tespiti

- Filtrelenmiş besleme hava miktarının ölçümü ve hava değişim sayısının belirlenmesi,

- Yukarıdaki faktörlerin uygunluğunun ispatlanmasından sonra mevcut durumun izlenmesi açısından ortamdaki partikül yoğunluğunu ölçümü,

- Yeniden temizlenme süresinin tespiti (Decontamination time),

- Eğer ortamda bir sızıntı mevcut ise bu alan kontrollü bir alan olarak tarif edilemez ve partikül sayımı yapmanın bir anlamı yoktur. Dış hava kalitesi zamanla değişim göstereceğinden sızıntı durumunda içerideki partikül yoğunluğu değişkenlik

gösterecektir. Sızıntı kontrolü yapmadan partikül ölçümünün yapılması ve sonucun o an için kaliteli dış hava şartlarından dolayı uygun çıkması ihtimali enfeksiyonu önlemekle görevli sorumluları yanılabileceğinden son derece sakıncalıdır. Bunun yanında hukuki bir süreçte küçük bir sızıntı yoluyla da olsa gelen zararlı bir mikroorganizmanın enfeksiyona yol açmadığını veya açmayacağını bilimsel olarak ispatlamak çoğunlukla mümkün değildir.

Hava değişim sayısı (ACH), sistemin ortamdaki mikroorganizma ve partiküllerin arındırılmasını yeterli bir etkinlikte gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini belirler. Partikül sayımları genellikle boş alanda yapıldığından dolayı sızdırmazlık bir alanda az veya çok miktarda temiz hava ile aynı partikül konsantrasyonunu ölçebilmek mümkündür. Bu durum tamamen odanın havalandırma sisteminin ölçüm öncesinde ne kadar süre boş olarak çalıştığı ile ilgilidir. Dolayısıyla temizlik sınıfını belirleyen temel faktör partikül sayımı sonucu çıkan değer değil, standardın o sınıf için öngörmüş olduğu hava değişim sayısıdır. Sızdırmazlık testinin yapılması, hava değişim sayısının belirlenmesi, pozitif basınç ölçümü, hava akış yönlerinin tespitinin yapılması ve bu testlerin uygunluğunun ispatlanmasından sonra partikül sayımlarının uygun çıkmaması mümkün değildir. Bu süreçten sonra partikül sayımı sadece doğrulama, gözden kaçabilecek hataları tespit edebilmek ve mevcut durumu moniterize etmek amacıyla yapılır (Boylu, 2005).

Kapalı alan hava kalitesi gereksinimleri ASHRAE Standart 62' ye göre bir kişi için en az 51 m³/saat (14.2 L/s) olması gerektiğinde saatlik hava değişim sayısının (ACH), ameliyathaneyi pozitif basınçta tutmak için en az 20 olması gerekir. Özel gereksinimler ve basınç ilişkileri, farklı minimum havalandırma oranları ve filtre verimliliğini tarif edebilir (Balaras, 2002; Heperkan ve Meral, 2009' dan).

Spesifik kapalı alan bulaştırıcılarını üreten prosedürler için de daha yüksek hava değişim oranı gerekebilir. Cerrahi süit, ameliyathanenin diğer ikincil kullanım yerleriyle ilişkili bir pozitif basınçta tutulur. Bu, havanın daha bulaşıcı olan yerden cerrahi süite girme ihtimalini en aza indirir. Bölge basınçlandırması, akış izleme ve diferansiyel alan basınçlandırması gibi farklı metodolojilere göre başarıyla sonuçlandırılacak özel kontrol gereksinimlerini ortaya çıkarır.

Cerrahi süitlerdeki kapalı alan havası akış düzeni, hava kütlelerinin temizden daha az temiz alana doğru yönlendirilmesini ve havanın yakalandığı ceplerin

olmamasını sağlamak zorundadır. Ana hava akış düzeni hiçbir engelle karşılaşmamalıdır. Özellikle ameliyathane masası etrafındaki ana kirliliğin (örn. tıbbi çalışanlar ve hasta) karşı yönünde olmamalıdır. Havanın karışmasına ve bakteri ve havada dolaşan partiküllerin yayılmasına neden olacak akımı ve türbülansı engellemek için hava hızı, düşük seviyede tutulmak zorundadır. Ayrıca yüksek hızlı akışların, yara alanı üzerine çarpma tehlikesi vardır (Lewis, 1993; Heperkan ve Meral, 2009' dan).

Havalandırma sisteminin ameliyat süresince sürekli olarak çalışması gerekir ve hatta ameliyathane kullanılmadığı zaman bile çalışmalıdır. Hava akımı, kullanılmayan saatler süresince tam yük koşullarının %30' una kadar düşürülebilir. Alman standardında ise bu değer %50' dir.

Çalışmanın amacı; Yukarıda bahsedilen bilgiler, standartlar ve kurallar doğrultusunda laminer akış üniteli klima sisteminin ve aseptizörlü klima sisteminin ameliyathane salonuna verdiği şartlandırılmış havanın oluşturduğu sıcaklık dağılımını ve hava akış hızlarını tespit ederek ameliyathane salonunda havanın ortama dağılım durumunu görmek ve bu sonuca göre de cihazın kendisinden beklenen özellikleri yerine getirip getirmediğini tespit etmektir.

Çalışmanın kapsamı; model olarak oluşturulan ameliyathane salonu içinde dolaşan hava akımının modellenmesi, laminer akış üniteli klima sistemi ve aseptizör cihazı ile oluşturulan hava akımının analiz edilmesi, yapılan analiz sonucuna göre aseptizör cihazının ameliyathanede kullanımının ilgili standartlara göre uygunluğunun belirlenmesidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ulusal ve uluslararası literatürde Aseptizör cihazı ve bu cihazın kullanıldığı ameliyathane salonları ile ilgili hiçbir bilimsel çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu durum yapılan tez çalışmasının önemini açıkça göstermektedir.

Yapılan çalışma konusu ile dolaylı yönden bağıntılı olarak literatürde çeşitli çalışmalar vardır. Dolaylı yönden bağıntılı bu çalışmalar kısaca şöyledir; Küre, silindir, küp, dikdörtgen gibi kapalı hacme sahip geometrilere ait doğal konveksiyon problemlerinin sayısal çözümü birçok araştırmacıya konu olmuştur.

Aydın ve ark. (1999) dikdörtgen kesitli alt ve sağ duvarı yalıtılmış ve diğer iki duvarı farklı sıcaklıktaki hacmin içinde havanın hareketini sürekli rejimde iki boyutlu çözmüştür. En-boy oranının 1'den küçük olduğu durumda Rayleigh sayısının ısı transferine daha fazla etki ettiği bulunmuştur.

Eroğlu (1999) dikdörtgen şeklindeki kapalı hacmi düzlem yüzeyle açı yapacak şekilde kabul ederek, kapalı hacmin yükseklik-genişlik oranının, yatayla yaptığı açının ve Rayleigh sayısının ısı transferine etkisini incelemiştir. Çalışmada yatayla açı yapan alt ve üst duvarlar yalıtılmış, diğer iki duvar farklı sıcaklıklarda kabul edilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda yükseklik-genişlik oranı arttıkça Nusselt sayısının azaldığı, ayrıca kare kesitli hacim için açının 80° olduğu ve dikdörtgen kesitli hacim için ise açının 90° olduğu durumda Nusselt sayısının maksimum çıktığı görülmüştür.

Tou ve ark. (1999) 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. Kapalı hacmin boyutsal oranlarının, Rayleigh sayısının ve Prandtl sayısının ısı transferine etkisi incelenmiştir. Düşük Rayleigh sayılarında ($Ra < 105$) akışın durgun olduğu, maksimum ısı transferinin kenardaki ısıtıcılarda olduğu ve Prandtl sayısının 5-130 aralığındaki farklı değerlerinin ısı transferine etkisinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu görülmüştür.

Barozzi ve Corticelli (2000) ise dikdörtgen kapalı hacmin içerisinde iki farklı cismin (dikdörtgen ısı kaynağı veya iki dikey plaka) bulunması durumunda ısı transferi ve akışkan hareketini sayısal olarak incelemiştir. Kapalı hacmin dikey duvarları sabit

sıcaklıkta, yatay duvarları yalıtımlı kabul edilirken akışkan olarak havanın olduğu varsayılmıştır. Kapalı hacmin içinde dikey levhaların olması durumunda ortalama Nusselt sayısının Grashof sayısının artmasıyla düşük oranda arttığı, dikdörtgen ısı kaynağı olması durumunda ise ısı transferi açısından en aktif cisim yüzeyinin alt duvar olduğu görülmüştür.

Sezai ve Mohamad (2000) üç boyutlu kapalı bir hacimde alt duvardaki küçük bir bölgeyi ısıtarak doğal konveksiyonla ısı transferini hesaplamıştır. Dikey duvarlardaki sınır şartlarının (yalıtım ve sabit sıcaklık) etkisi incelenmiş ve sınır şartının değişmesinin ısı transferini etkilemediği bulunmuştur.

Tric ve ark. (2000) küp şeklinde ve duvarları farklı sıcaklıklarda olan kapalı hacimde doğal konveksiyondan dolayı oluşan akışkan hareketini sayısal olarak incelemişlerdir. Sayısal çözüm için Chebyshev algoritması kullanılarak Rayleigh sayısının 103-107 aralığındaki değerleri için tam çözüm yapılmış ve yüksek Rayleigh sayılarında %0.02 oranında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Lin ve Armfield (2001) hem dikey silindir 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. Yan yüzeylerinden birinde yüksek ısıl iletkenlikli dikdörtgen bir kanatçık bulunan küpün laminer doğal konveksiyonla ısı transferi sayısal olarak çözülmüştür. Kanatçık hacminin çok büyük ve çok küçük olması durumlarında kanatçığın geometrik oranlarının ısı transferine etkisi incelenmiştir. Kanatçık hacminin çok büyük olması durumunda geometrik oranın ısı transferini etkilemediği, kanatçık hacminin çok küçük olması durumunda geometrik oranın artmasıyla ısı transferinin de arttığı görülmüştür.

Hirose ve ark. (2001) eş eksenli iki cisimden dıştakini elips şeklinde içtekini dairesel kabul ederek ısı transferi ve akışkan hareketini deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Elips açısının ve cisim merkezleri arasındaki farkın ısı transferini etkilediği bulunmuştur. Elips açısının ($\phi = 1$) olduğu durumda ısı transferinin minimum olduğu tespit edilmiştir.

Dubovsky ve ark. (2001) dikdörtgen şeklindeki bir havalandırma sisteminin sıcaklık karakteristiğini sürekli ve geçici rejimde sayısal ve deneysel olarak

çıkarmışlardır. Sisteme hava giriş yerini (haznenin alt, üst ve orta kısımlarından) değiştirerek karşılaştırma yapılmıştır. Hava girişinin üstten olması durumunda en yüksek ısı transferi, alttan olması durumunda ise en düşük ısı transferi değerleri elde edilmiştir.

Soong ve ark. (2001) boy-en oranı 4 olan ve sinüsoidal olarak zamanla değişen sıcaklık kaynağı ile alt duvarından ısıtılan eğimli dikdörtgen kapalı hacimde ısı transferini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek genişlikli ve düşük frekanslı sıcaklık dalgaları akışkan hareketini ve ısı transferini oldukça etkilemektedir.

Shu ve ark. (2001) ise dikdörtgen şeklindeki kapalı hacmin merkezinden daha uzak bir yere yerleştirdikleri silindirin etrafındaki akışkan hareketini ve ısı transferini sayısal olarak incelemiştir. Sayısal çözüm için akım-girdap formülasyonunun kullanıldığı çalışmada explicit bir yaklaşıma göre hesaplamalar yapılmıştır. Silindirin kapalı hacim içerisindeki yerinin akışı ve ısı transferini oldukça etkilediği görülmüştür.

Wakitani (2001) yatay duvarları farklı sıcaklıklara sahip dikdörtgen kapalı hacimde düşük Prandtl sayılarındaki doğal konveksiyon akışını üç boyutlu olarak incelemiştir. Kapalı hacmin uzunluk-yükseklik ve genişlik-yükseklik oranları değiştirilerek akış yapısındaki değişimler incelenmiştir. Genişlik-yükseklik oranı arttığında Grashof sayısının azaldığı görülmüştür.

Raos (2001), iki farklı çalışmada kapalı hacmin açısını değiştirerek farklı açılarının Nusselt sayısına etkisini araştırmıştır. İlk çalışmada yatay duvarları yalıtılmış ve dikey duvarları farklı sıcaklıklarda olan bir dikdörtgen kapalı hacimde ısı transferini incelemiştir. Bu çalışmada dikdörtgen hacmin yatay yüzeyle yaptığı açı değiştirilerek çözüm yapılmıştır. 90° ile 180° arasındaki açılarda konveksiyonla ısı transferinin kötü etkilendiği, 17° nin altında kararsız akışla karşılaşıldığı, $65^\circ - 75^\circ$ arasındaki açılarda Nusselt sayısının maksimum değerine ulaştığı görülmüştür. Diğer çalışmada ise yatay yüzeyle farklı açılarda kabul edilen sıcak duvara ait yerel ve ortalama Nusselt sayısının değişimini incelemiştir. Bu çalışmada da Rayleigh sayısının 106 olduğu, açının $20^\circ - 180^\circ$ arasında olduğu ve hacmin kare olduğu kabul edilmiştir. Maksimum Nusselt sayısı 80° de elde edilirken, 90° nin altındaki açılarda ısı transferi oranının çok fazla düşmediği gözlemlenmiştir Raos ve ark. (2002) .

Shu ve Zhu (2002) iç içe geçmiş iki silindirin dıştakini soğuk ve kare şeklinde kabul ederek ısı transferi ve akışkan hareketini akım-girdap formülasyonu ile sayısal

olarak incelemiştir. Rayleigh sayısının ve çap oranlarının akışkan hareketine oldukça etki ettiği ve kanal oranının (L/D) düşmesiyle ısı transferinin arttığı bulunmuştur.

Deng ve ark. (2002) sol yan duvarının ve alt duvarının bir kısmında ısıtıcılar bulunan dikdörtgen şeklindeki kapalı hacimde ısı transferini sayısal olarak incelemiştir. Kapalı hacmin sağ duvarı sabit sıcaklıkta kabul edilirken ısıtıcıların olmadığı diğer bölgelerin ise yalıtımlı olduğu kabul edilmiştir. Çalışma sonucunda alt duvardaki ısı kaynağının, yan duvardaki ısı kaynağına göre ısı transferinde daha aktif olduğu görülmüştür.

Bilgin (2002) ise yatay duran yalıtımlı duvarlarına birer kanatçık yerleştirdiği dikdörtgen kapalı hacmin farklı geometrik oranları için ısı transferi bağıntıları elde etmiştir. Çalışma hem laminar hem de türbülanslı akış için tekrarlanmıştır.

Deng ve Tang (2002) ise alt ve üst duvarı yalıtılmış diğer iki duvarı farklı sıcaklıklarda olan kapalı bir hacmin merkezine kare şeklinde katı bir cisim yerleştirmiş ve arada kalan bölgedeki ısı transferini incelemiştir. Kapalı hacmin sağ ve sol duvarlarından biri sıcak diğeri soğuk, alt ve üst duvarları da yalıtılmış kabul edilerek çalışma yapılmıştır. Çalışma, hacmin içinde katı cismin olması (konveksiyon ve kondüksiyon) ve olmaması (sadece konveksiyon) durumları için tekrarlanmıştır. Bu tür problemlerde sadece sabit akım ve sıcaklık eğrilerinin akışkan hareketini ve ısı transferini oldukça iyi ifade ettiği ve bunun da problemin doğasının anlaşılması için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

Shi ve Khodadadi (2003) farklı sıcaklıklardaki duvarlara sahip dikdörtgen bir kapalı hacmin sıcak duvarına yerleştirilmiş ince bir kanatçığın ısı transferine etkisini sayısal olarak incelemiştir. Kanatçığın yüksek ısı iletkenliğine sahip olduğu kabul edilerek farklı uzunluklarda ve duvarın farklı yerlerinde olma durumuna göre çalışma tekrarlanmıştır. Ortalama Nusselt sayısı, Rayleigh sayısı, kanatçık uzunluğu ve pozisyonu arasında bağıntılar geliştirilmiştir.

Costa ve ark. (2003) dikdörtgen kapalı hacmin köşelerine üçgen takozlar yerleştirerek takozların sayısı, yeri, boyutları ve ısıl iletkenliklerinin ısı transferi ve akışkan hareketine etkilerini sayısal olarak incelemiştir. Daha uzun takozların ısı transferi açısından iyi performans verirken, kısa takozların ısıl direnç gösterdikleri tespit edilmiştir.

Sarris ve ark. (2004) alt tarafından ısıtılan dikdörtgen şeklindeki cam eritme

tankının içindeki akışkan hareketini ve ısı transferini sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmada ısıtıcının yeri ve geometrisi ile Rayleigh sayısının ısı transferine etkisi araştırılmıştır. Tank boyutu ve ısıtıcı kalınlığının artırılmasıyla, akış sıcaklığının ve sirkülasyon yoğunluğunun da arttığı görülmüştür.

Dong ve Li (2004) dikdörtgen şeklindeki kapalı hacmin merkezine bir silindir koyarken hacmin yalıtımlı üst kısmında da katı bir bölge oluşturarak ısı transferinin değişimini incelemiştir. Katı bölgenin ısı iletkenliğinin, geometrik oranların ve Rayleigh sayısının ısı transferine etkisi iki boyutlu sürekli rejimde yapılan sayısal çözüm ile araştırılmıştır. Katı bölgenin ısı iletkenliğinin artmasıyla kapalı hacim içerisindeki konveksiyonla ısı transferinin de arttığı bulunmuştur. Ayrıca geometrik oranların ısı transferini oldukça etkilediği görülmüştür.

Colomer ve ark. (2004) ise duvarları farklı sıcaklıklarda olan dikdörtgen şeklindeki kapalı hacim için radyasyon ve doğal konveksiyon problemini birlikte incelemişlerdir. SIMPLE algoritmasının kullandığı sayısal çözümde farklı optik kalınlıklara sahip iki ortam (saydam ve siyah) için Rayleigh ve Planck sayılarının etkisi incelenmiştir. Böylece saydam ve siyah yüzeyli kapalı hacimlerde ısı transferinin değişimi karşılaştırılmıştır. Saydam ortamda radyasyon etkisinin ısı transferini önemli derecede artırdığı, siyah ortamda ise Rayleigh sayısının artmasıyla ısı transferinin de arttığı sonucuna varılmıştır.

Wen Wu ve ark. (2004) eş eksenli olmayan içi içe geçmiş iki küre arasındaki akışkan hareketini geçici rejimde sayısal olarak incelemişlerdir. Düşük Rayleigh sayılarında Prandtl sayısının akışkan hareketine etkisinin olmadığı fark edilmiştir. Ayrıca içteki kürenin eksen merkezinden daha aşağıda olması durumunda ısı transferinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.

He ve ark. (2004) kapalı dikey bir silindir içindeki ısı transferini sürekli rejimde sayısal olarak çözmüşlerdir. Silindirin alt ve üst yüzeylerini sabit ve farklı sıcaklıklarda, silindirin yan yüzeyini ise yalıtılmış kabul ederek farklı boy-çap oranları için çözüm tekrarlanmıştır. Boy-çap oranının artmasıyla ısı transferinin azaldığı sonucuna varılmıştır.

Sigey ve ark. (2004) ise üç boyutlu bir oda modellemesi yaparak yan duvarlarından birinin üst kısmına bir pencere hemen altına da ısıtıcı bir kaynak yerleştirerek türbülanslı doğal konveksiyon problemini üç boyutlu olarak çözmüşlerdir.

Çalışmada oda içerisi soğuk üst bölge, sıcak olan orta bölge ve ılık olan alt bölge olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Sayısal çözümde sonlu farklar formülasyonu kullanılarak ısıtıcı ile pencere arasındaki mesafenin ısı transferine etkisi incelenmiştir. Isıtıcının pencere ile alt duvar arasına eşit uzaklıkta yerleştirilmesi durumunda sıcaklık dağılımının çok daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Lee ve Ha (2005) iç içe geçmiş iki kare cisim arasındaki ısı transferinin geçici rejimde iki boyutlu sayısal çözümünü yapmışlardır. Dıştaki kare cismin alt ve üst duvarlarını farklı sıcaklıklarda yan duvarlarını ise yalıtımlı kabul etmişlerdir. İçteki cismin ısı iletkenliğinin ve Rayleigh sayısının ısı transferine etkisi incelenmiştir. İçteki cismin ısı iletkenliğinin konveksiyonla ısı transferine etkisinin çok az olduğu, Rayleigh sayısının 10^4 ' ün altındaki değerlerinin konveksiyonla ısı transferini etkilemediği görülmüştür (Koca, 2005' den).

Havalandırma ve hava hareketleri ile ilgili olarak ;

Niu ve Koi (1994) soğutulmuş tavan ile bir oda için ısıl konfor analizi yapmıştır.

Yamamoto ve ark (1999) tavandan hava girişine ve duvarın altından hava çıkışına sahip olan kapalı bir alandaki hava hareketleriyle uğraşmışlardır.

Akgün (1999) hava giriş ve çıkış kanalı yerleşimini değişken olarak seçerek odadaki hava hareketlerini modellemiştir.

Chow ve Wong (1999) mekanik havalandırmalı yedi tren yolu istasyonu bekleme holünün hava hızı verilerini analiz edip sunmuştur.

Xue ve Shu (1999) tavandan hava verişini kullanarak bir odadaki hava hızı, sıcaklığı ve türbülans kinetik enerjisi dağılımını tahmin etmek için iki boyutlu k-ε türbülans modelini kullanmıştır.

Avad (1999) farklı giriş/çıkış konumları için bir odadaki iç akışları incelemiştir.

Costa ve ark. (1999) aynı sıcaklıkta olmayan iki düzlem duvar jeti ile oluşturulmuş karışık konveksiyon hava akışını sayısal ve deneysel olarak araştırmışlardır.

Awbi ve Hatton (2000) iç yüzeylere sabitlenmiş ısıtma plakaları ile çevreye karşı iyi izole edilmiş bir duvardan soğutma sağlanmış küçük bir ofiste deneyler yapmıştır.

Sinha ve ark. (2000) çeşitli giriş ve çıkış yerleşimlerini kullanarak farklı yerlerden verilen sıcak hava akışı ile ısıtılmış bir odadaki hız ve sıcaklık dağılımını incelemişlerdir.

Lam ve Chan (2001) 8m yüksekliği bulunan ve yerden 6m yukarıdan soğuk hava girişi ile dört farklı çıkış pozisyonuna sahip bir spor salonundaki hava hızı ve sıcaklığı dağılımlını Hesaplamalı Akışkan Dinamiği (HAD) programı yardımı ile incelemiştir (zcan, 2006' dan).

Kuas (2002) içinde bir adet insan ve çeşitli nesnelerin bulunduğu bir ofis odasının cebri havalandırmasının sayısal analizini yapmıştır. Elde ettiği sonuçları odanın çeşitli kesitlerinde hız vektörleri ve sıcaklık konturları ile göstererek menfez konumları ve sınır şartlarını değiştirerek hava hareketini incelemiş ve insanın konfor şartları altında bulunup bulunmadığını incelemiştir. Sonuç olarak belirli menfez konumu ve hava giriş hızları altında konfor şartlarının daha iyi sağlandığını belirtmiştir.

Tekin (2004) İklimlerilen bir ofis odasındaki hava dağılımlının menfez ve havalandırma yöntemlerine göre deneysel incelemesini yapmıştır. alışmasında 5m uzunluk, 4m genişlik ve 3m yüksekliğindeki bir ofis odasında çeşitli hava dağıtım elemanlarını oda içerisine yerleştirerek yerden 0.10m, 0.60m, 1.10m, 1.70m yüksekliklerde 4 noktada toplam 64 noktada ısıl çiftler yerleştirerek sıcaklık ölçümleri yapmış ve bu ölçümlerden grafik ve eğriler elde etmiştir. Bu sonuçları ilgili standartlara göre değerlendirerek karşılaştırma yapmıştır. Sonuç olarak hava dağılımlının, havalandırma metoduna ve menfez yerleşimleri ile çalışma şartlarına bağlı olduğunu tespit etmiş, en iyi kararın ve sıcaklık dağılımlının tavandan hava girişi ile sağlandığı kanısına varmıştır.

Ameliyathane salonu ile ilgili olarak ;

Hart ve ark. (1974) bir ameliyathanede yatay laminer akışlı hava akımının belirlenmesinde, laminer akış üniteleri için gerekli olan kriterleri sunmuştur. Belirtilen yükteki boş ve dolu ameliyathanede hava hız profillerinin tayini için yöntem tanımlayarak belirlenen bir ameliyathane için hız profillerinin ihtiyaı karşıladığını göstermişlerdir.

Haghighat (1994) ve Ziang (1995) HAD yardımı ile hava akımını modelleyerek HAD' in oda hava akımı ve bulaşıcı yayılımı üzerine parametrik çalışmaları kapsayan araştırma projelerinde çok etkili ve kuvvetli olduğunu kanıtlamışlardır.

Heperkan ve Meral (2009)' da bildirildiğine göre; Lo (1997) yayımlandığı yıla kadar bir ameliyathanedeki bulaşma kontrolüne hitap eden tek HAD çalışmasıdır. alışmasında alışma sonuçlarını daha az yararlı yapacak olan iki varsayım yapmıştır.

Birinci olarak özellikle sadece izotermal ameliyathaneyi dikkate almış, ikinci varsayımda ise konsantrasyon olarak bulaşıcıyı dikkate almıştır. Birinci kabul ameliyathanedeki ısı duman hüzmesinin göz ardı edilmesine neden olmuş, ikinci kabule hava akımının Brownian hareketini izlemek için odadaki partiküllerin hesaba katılması ile bakteri ve virüslerin Brownian hareketini izleyeceği gerektiği varsayımını doğrumuştur. Oysaki Crowe (1998) 1 mikron veya daha küçük çaptaki partiküllerin tam anlamıyla Brownian hareketini izleyebileceğini belirtmiştir. Bakteri ve virüsler ise 10 mikron civarındaki büyüklüğe sahip döküntüler tarafından taşındığından Brownian hareketini izlemek zorunda kalmaz. Her şeye rağmen bu çalışma ilk olması nedeniyle sonraki çalışmalar için yol açıcı olmuştur.

Nilsson, A (2002) havalandırma gereksinimlerinin tespit edilmesinde taze hava beslemesi, havadaki bakterilerin kontrolü, ısı konfor, nem düzeyi, insanların yerleşim yeri ve benzeri birçok faktörün belirleyici olduğunu söylemiş, ameliyathane salonlarının işlevi ve etkinliğinde havalandırmanın başlıca etken olduğunu belirtmiştir. Bahsettiği faktörlerin ve havadaki kirletici seviyelerinin konfor düzeyini ve hastalardaki ameliyat sonrası enfeksiyon riskinin oluşumunda belirleyici olduğunu açıklamıştır. Ameliyathanelerde çeşitli geleneksel havalandırma sistemleri ile Johnson Medikal Hava Akışı Rehberi Havalandırma Sistemi arasında karşılaştırma yaparak sonuçları sunmuştur.

Memarzadeh ve Manning (2002) yaptıkları çalışmada bir ameliyathanedeki cerrahi alan ve arka masa üzerindeki bulaşıcı birikimi riski için farklı havalandırma sistemlerinin karşılaştırılmasında HAD yardımıyla hava akımı modellemesi ve partikül izleme yöntemleri kullanmıştır. Yeni bir biçimde tasarlanan tipik bir ameliyathane ve oda ekipmanı planı ile ekipmanların yerlerinin dağıtımını üzerinde hekimler ve mühendislerden oluşan jüri anlaşmaya varmış ve böylece de dayanak model tasarlanmıştır. Sonuçlar çizelge halinde çıkarılmış, bulaşıcı birikimi riskini en aza indirmek için; laminer akış koşullarını sağlayan havalandırma sistemlerinin en iyi seçim olmakla birlikte tasarımlarına özen gösterilmesi gerektiği, yaklaşık 0.15 m/sn ile 0.18 m/sn yüz hızının difüzör dizilimi boyutunun uygun olması şartıyla laminer difüzör için yeterli olduğu sonucuna varmışlardır.

Chow ve Yang (2003) standart olmayan bir ameliyathane salonunda havalandırma

sisteminin performansını incelemiştir. Tasarım Hong Kong' daki ameliyathanelerin eskiden inşa edilenlerin modernleştirilmesi de dahil olmak üzere, İngiltere Sağlık İnşaat Notları ve Sağlık Teknik Bildirisi' ne dayalı olmuştur. Gözlemler ve alan ölçümleri, örnek çalışma için hava akışı ve bazı tasarım özelliklerinin tam olarak belirtilen şartlara uymadığını göstermiştir. HAD analizi, sıcaklık dağılımı, hava akışı modeli ve kirletici dağılım simülasyonu, alan ölçümleri tarafından desteklenen bir HAD analizi ile yapılmıştır. Çalışmalarında termal konforun sıcaklık, nem ve hava hareketi kontrol edilerek elde edilebileceğini ve sağlıklı bir ortamın, uygun filtreleme ve hava dağıtım tasarımıyla bulaşma riskini minimize ederek elde edilebileceğini vurgulamışlardır. Ayrıca cerrahi ekibin üzerinde ve havada bulunan bakterilerden kaynaklanan sağlık riski üzerine vurgu yapmışlardır.

Woloszyn ve ark. (2004) ameliyathaneler için diyagonal hava dağıtım sistemini hem deneysel hem de modelleme yolu ile incelemiştir. Hava akımı modeli ve diyagonal hava dağıtım sistemi ile bulaşıcı dağılımını izlemek için kurdukları modelde, bir ameliyat masası, bir ameliyathane lambası ve cerrahi temsil eden bir manken ile donatılmış ameliyathanede test yapılmıştır. Bununla birlikte hava hızı ve izleyici gaz konsantrasyonu 700' den fazla noktada otomatik olarak ölçülmüş ve Air Liquide tarafından geliştirilen EXP' AIR yazılımı kullanılarak ameliyathanedeki hava kalitesinin analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, bulaşıcı dağılımının tıbbi malzeme ve personel gibi engellerin varlığına kuvvetle bağlı olduğunu göstermişlerdir.

Kameel ve Khalil (2004) farklı akış rejimlerine sahip 6m x 5m x 3m ölçülerindeki cerrahi ameliyathanesi için ısı transferi ve bağıl nemi tahmin etmek için matematiksel bir yaklaşımla duruma bakmıştır. Çalışmalarında k-ε türbülans modeli ile üç boyutlu kütle, momentum, enerji ve konsantrasyon türü korunum denklemlerini çözmüşlerdir. Tahmin edilen hava hızı kontur ve kuru termometre sıcaklıklarını literatürdeki deneysel çalışmalarla karşılaştırarak yaptıkları tahminlerin literatürdeki deneysel çalışmalarla uyumlu olduğunu göstermişlerdir.

Dedehayır (2005) Temiz oda tasarımı ve ameliyathanelerde kullanılan laminer akış üniteleri ile ilgili çalışmış olup, bir laminer akış üniteli deney düzeneğine öncelikle duman testi yaparak akışın laminer olduğunu tespit etmiş, bunu takiben laminer akış üniteli ameliyathanelerde DIN 1946/4' e göre partikül sayımı yapmıştır. Ayrıca hijyenik şartları sağlayacak üç adet laminer akış üniteli bir ameliyathane için hijyenik klima

santrali tasarlamış ve uygulanan havalandırma tesisatının esasları ve projeye ait hesap yöntemlerini açıklamıştır.

Pereira ve Tribes (2005) cerrahi operasyon yapılan ameliyathanelerde hava hareketleri ve hava dağılımında enfeksiyon oluşum sürecinde havada bulunan partiküllerin önemini anlatmak için karşılaştırmalı bir analiz yapmıştır. Analiz sonucunda, ana hava akış sisteminde mikrobiyolojik kontrolün sağlanması vasıtasıyla oluşturulan kontrol stratejileri ile cerrahi enfeksiyonlarda hava kirliliğinden kaynaklanan kontaminasyon (kirlilik) risklerinin azaltılabilir olduğunu göstermişlerdir .

Özgür (2006) yaptığı çalışmada; hastanelerde ameliyathanelerin hijyenik mekan olarak tasarlanması, mimari olarak tasarlanması ile ilgili bilgiler vermiş, ameliyathane klima santrali ve havalandırma tesisatı elamanlarını ve görevlerini açıklamış, klima santrali otomasyon sisteminden bahsetmiş, klima santralinin devreye alınması ve devreye alma işlemi gerçekleştirilirken yapılacak testler ve buna ilaveten kısaca sistemin periyodik bakımını açıklamıştır.

Özer (2007) yaptığı çalışmada, ön bilgi olarak temiz oda uygulamalarına ve standartlarına değinmiş ve uygulamalarda dikkat edilmesi gereken konulardan mekanik havalandırmayla ilgili olan kısımları açıklamıştır. Çalışmasında ameliyathane salonlarının klima santralinin tasarımında hijyen ve fonksiyon açısından dikkat edilmesi gereken konular üzerinde durmuştur. Belirli kabul şartları altında ifade ettiği tasarım kriterlerine bağlı olarak bir ameliyathane salonunun klima santralinin tasarımını, termodinamik testlerini ve analizini yapmıştır.

Dong ve ark. (2009) ISO sınıf beş ameliyathanede, hava akımı modeli ve dinamik çapraz bulaşma üzerinde kapı açma etkilerini görmek için, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi yardımıyla simülasyon yapmıştır. Akış alanını 16 sn' lik kapı açma süresinde simule ederek, 1°C sıcaklık farkı için kapının açık ve kapalı olduğu durum arasında 1.5m alan etrafında kontaminasyon farkının olmadığını deneysel ve sayısal olarak göstermişlerdir. Çalışmalarında kapı açıkken ameliyathanedeki pozitif basınç farkının kontaminasyonu önlemedeki işlevini kaybettiğini keşfetmiş ve kontaminasyon kontrolünü sağlamak için ameliyathane ile koridor arasındaki sıcaklık farkının 1°C olması gerektiğini belirtmişlerdir.

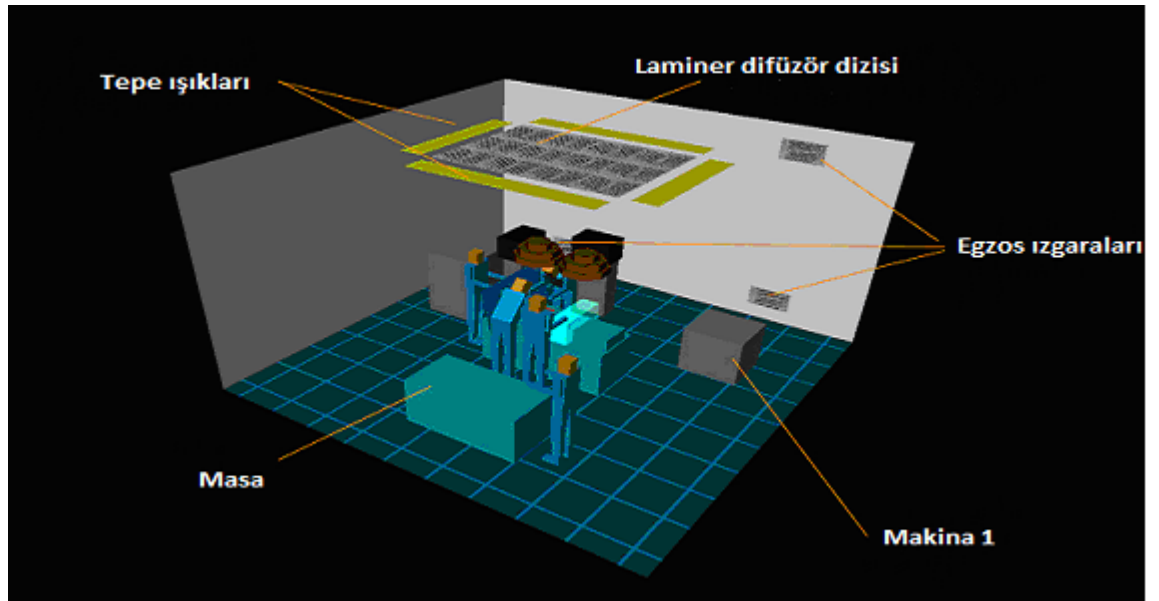
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

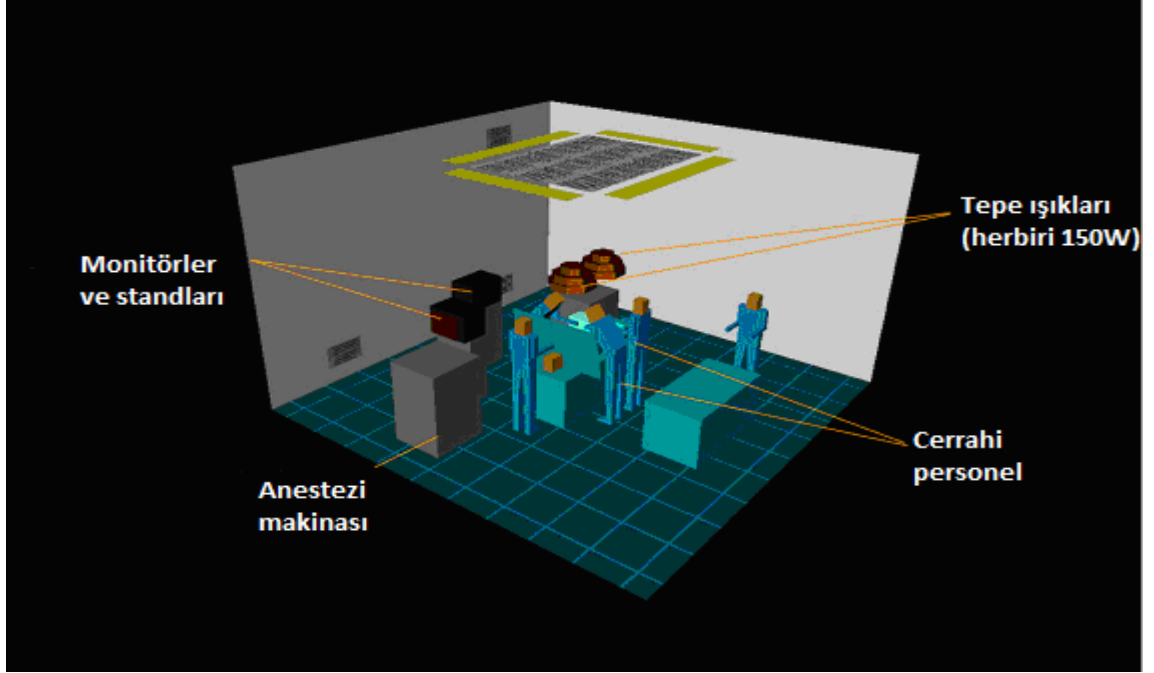
Gerçekleştirilen çalışmada dayanak model olarak kullanılan ameliyathane salonu, ülkemizdeki bir devlet hastanesinin bünyesinde bulunan gerçek bir ameliyathane salonunun fiziksel ölçülerine sahiptir. Bu ameliyathane şu an aseptizör cihazı ile iklimlendirilmekte olup cihazın bulunduğu hastanede diğer ameliyathane salonlarında da bu cihaz kullanılmaktadır. Aseptizör kullanılmaya başlanmadan önce tavandan üfleme ve yan duvarda mevcut bulunan iki menfezden emme şeklinde iklimlendirme sistemi kullanılmıştır. Tavandan üfleme sistemi sorunlar oluşunca hızlı ve pratik çözüm olarak aseptizör cihazı alınmasına gidilmiştir.

Ameliyat masası, cerrahi ışıklar, anestezi makinası, koter cihazı, aseptizör cihazı, monitör ve standı, cerrahi alet masası ve ilaç dolabı dayanak model olan ameliyathanede kullanılan ekipmanın birebir ölçüleridir. Cerrahi kadro ve hastanın ölçüleri benzetim yoluyla belirlenmiş olup bahsedilen ekipman ve cerrahi kadronun yerleşim yerlerinin belirlenmesi için Memarzadeh ve Manning (2002)' in çalışmalarında kullandıkları, hekimler ve mühendislerden oluşan jüri tarafından kabul gören yerleşim planı uygulanmıştır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).

Şekil 3.1' de Memarzadeh ve Manning (2002)' in çalışmalarında kullandıkları model ameliyathanedeki tepe ışıkları, masa, laminer difüzör dizisi, egzoz ızgaraları ve makina 1 görülmektedir.



Şekil 3.1 Memarzadeh ve Manning (2002)' in çalışmalarında kullandıkları model



Şekil 3.2 Memarzadeh ve Manning (2002)' in çalışmalarında kullandıkları model

Şekil 3.2' de Memarzadeh ve Manning (2002)' in çalışmalarında kullandıkları model ameliyathanedeki anestezi makinası, monitörler ve standları, cerrahi personel ve tepe ışıkları görülmektedir.

Dayanak model olarak 2 ayrı iklimlendirme sisteminin kullanıldığı ameliyathane salonu kullanılmıştır. Birinci modelde tavandan üfleme ve yan duvarlarda bulunan emme menfezleri ile ortam havası emilmiştir. İkinci modelde aseptizör cihazının üzerinde bulunan menfezler vasıtasıyla hava üfleme ve emme işlemleri yapılmaktadır.

Ameliyathane salonu ölçüleri ve içindekiler ;

600 cm x 600 cm x 290 cm ölçülerinde ameliyathane salonu ,

Beş kişilik cerrahi personel,

Bir adet hasta,

Bir adet cerrahi alet masası,

Bir adet anestezi masası,

Bir adet monitör ve standı,

Bir adet ilaç dolabı,

Bir adet koter cihazı,

İki adet cerrahi ışık.

Ayrıca 1. model için ;

57 cm x 59 cm x 6 adet üfleme menfezi ,

14 cm x 29 cm x 2 adet emme menfezi ,

0.4 m/sn hava üfleme hızı ve ortam havasının % 90' ının emme menfezinden emilmesi ile diğer ortamlara göre ameliyathane salonunda pozitif basınç sağlandığı durum hesaplamalarda kullanılmıştır.

2. model için ;

Bir adet Aseptizör cihazı ameliyathane salonu içerisinde yer alan cihazlara eklenmiştir. İklimlendirmeyi sağlayan Aseptizör cihazı ;

54cm x 54cm x 2 adet üfleme çıkışı

35cm x 60cm x 2 adet emme girişine sahip olan,

16°C - 25°C değerleri arasında sıcaklık ayarı olan,

%30 - %70 değerleri arasında nem oranına ayar edilebilen,

İç kısmında UV lambası olan bir cihazdır.

3.1.1. Dayanak Model 1

Bu modelde Ocak ve Temmuz ayları için iki farklı durum ele alınmıştır.

Ocak ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 15°C

Üfleme havası sıcaklığı : 21°C

olarak alınmıştır.

Temmuz ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 25°C

Üfleme havası sıcaklığı : 20°C

olarak alınmıştır. Dayanak model 1' in farklı açılardan görünümü Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5' te gösterilmiştir.

Dayanak model 1 için her iki durumda da iklimlendirme sisteminin hava üfleme hızı 0.4 m/sn olarak programa işlenilmiştir.

Çizelge 1. Model 1' deki ameliyathane içindeki cihazların ölçüleri ve ısı yayım değerleri

PARÇA	ÖLÇÜLER (cm)	ISI YAYIMI (°C)
Ameliyat Masası	190 x 60 x 70	Yok
Cerrahi ışıklar	70 cm çap, 25cm yükseklikte yarı küre 50 cm çap, 20cm yükseklikte yarı küre	50 40
Cerrahi kadro	20 x 66 x 175	37
Cerrahi alan	20 x 25	37
Hasta	20 x 60 x 175	20
Anestezi makinası	60 x 65 x 145	70
Koter cihazı	38 x 38 x 103	45
Monitör ve standı	Monitör ; 10 x 40 x 35 Stand ; 45 x 50 x 130	40
Cerrahi alet masası	60 x 95 x 85	Yok
İlaç dolabı	50 x 70 x 170	Yok
Üfleme menfezi	57 x 59	Yok
Emme menfezi	14 x 29	Yok

3.1.2. Dayanak Model 2

Bu modelde de Ocak ve Temmuz ayları için iki farklı durum ele alınmıştır.

Ocak ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 15°C

Üfleme havası sıcaklığı : 21°C

olarak alınmıştır.

Temmuz ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 25°C

Üfleme havası sıcaklığı : 17°C

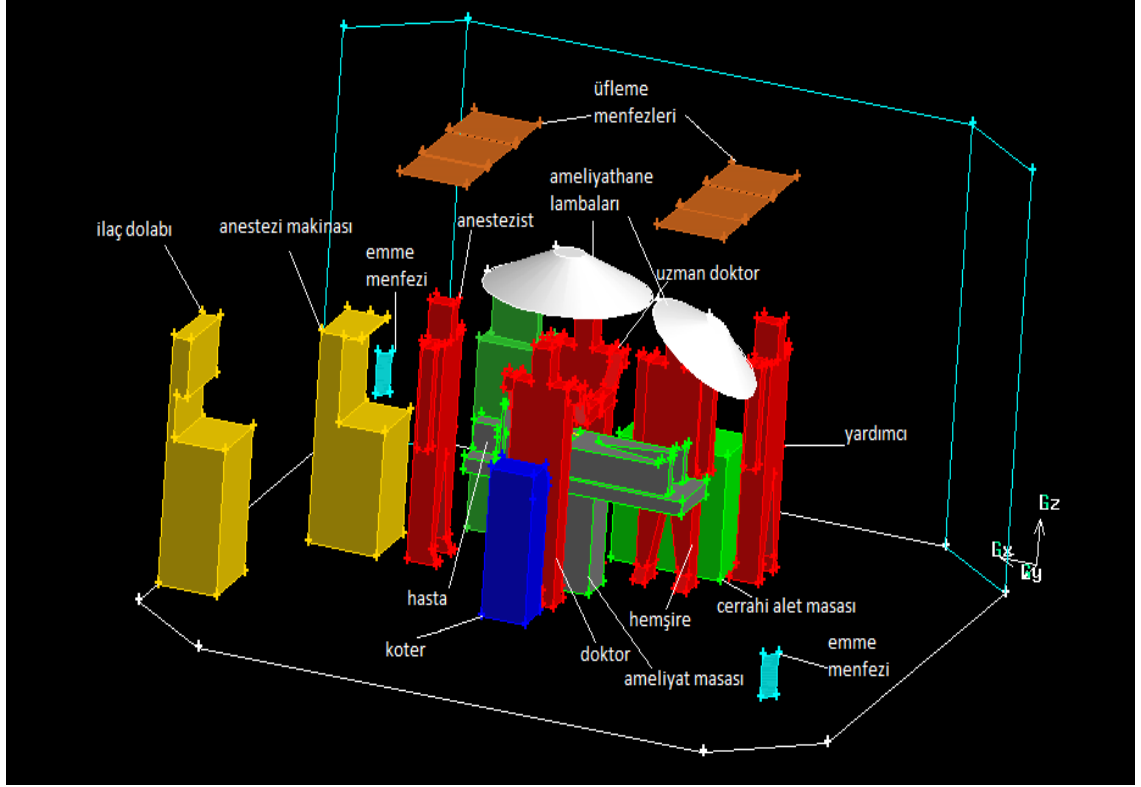
olarak alınmıştır. Dayanak model 2' nin farklı açılardan görünümü Şekil 3.6, 3.7 ve 3.8' de gösterilmiştir.

Dayanak model 2 için her iki durumda da iklimlendirme sisteminin hava üfleme hızı mevcut olarak kullanılan 1 m/sn olarak programa işlenilmiştir. Bu modelde üfleme modelden farklı olarak Temmuz ayında üfleme sıcaklığının 17°C olarak alınmasının nedeni mevcut kullanım durumunda personel tarafından aseptizör cihazının üfleme sıcaklığının 17° C' ye ayarlanıyor olmasıdır.

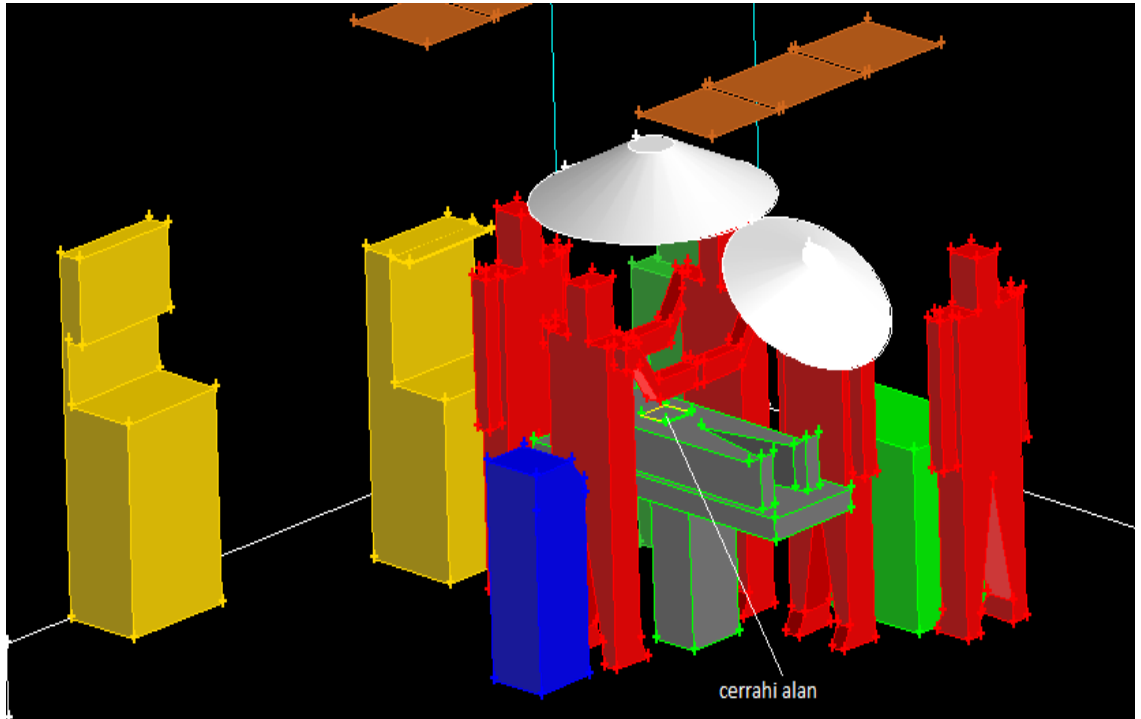
Çizelge 2. Model 2' deki ameliyathane içindeki cihazların ölçüleri ve ısı yayım değerleri

PARÇA	ÖLÇÜLER (cm)	ISI YAYIMI (°C)
Ameliyat Masası	190 x 60 x 70	Yok
Cerrahi ışıklar	70 cm çap, 25cm yükseklikte yarı küre	50
	50 cm çap, 20cm yükseklikte yarı küre	40
Cerrahi kadro	20 x 66 x 175	37
Cerrahi alan	20 x 25	37
Hasta	20 x 60 x 175	20
Anestezi makinası	60 x 65 x 145	70
Koter cihazı	38 x 38 x 103	45
Monitör ve standı	Monitör ; 10 x 40 x 35	40
	Stand ; 45 x 50 x 130	
Cerrahi alet masası	60 x 95 x 85	Yok
İlaç dolabı	50 x 70 x 170	Yok
Aseptizör cihazı	55 x 135 x 220	Yok

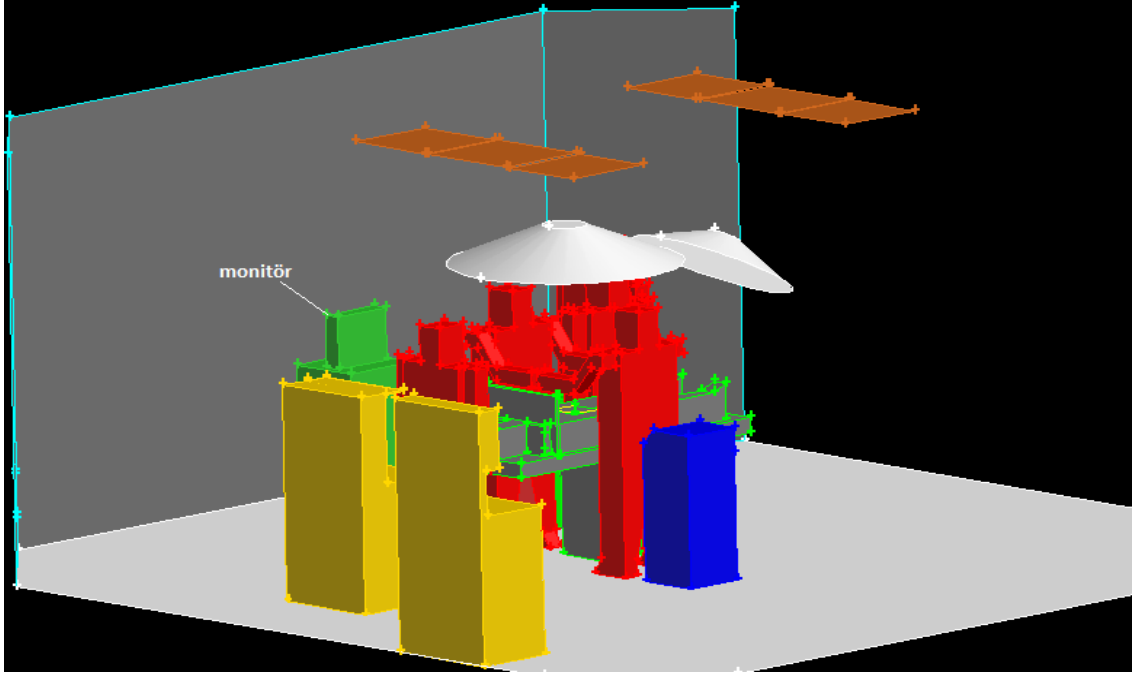
Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5' te Model 1 için ameliyathanedeki ameliyat masası, ameliyat lambaları, anestezi, anestezi makinası, cerrahi alan, cerrahi alet masası, doktor, emme menfezleri, hasta, hemşire, ilaç dolabı, koter, monitör ve standı, uzman doktor, üfleme menfezleri ve yardımcının yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Model 1 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü

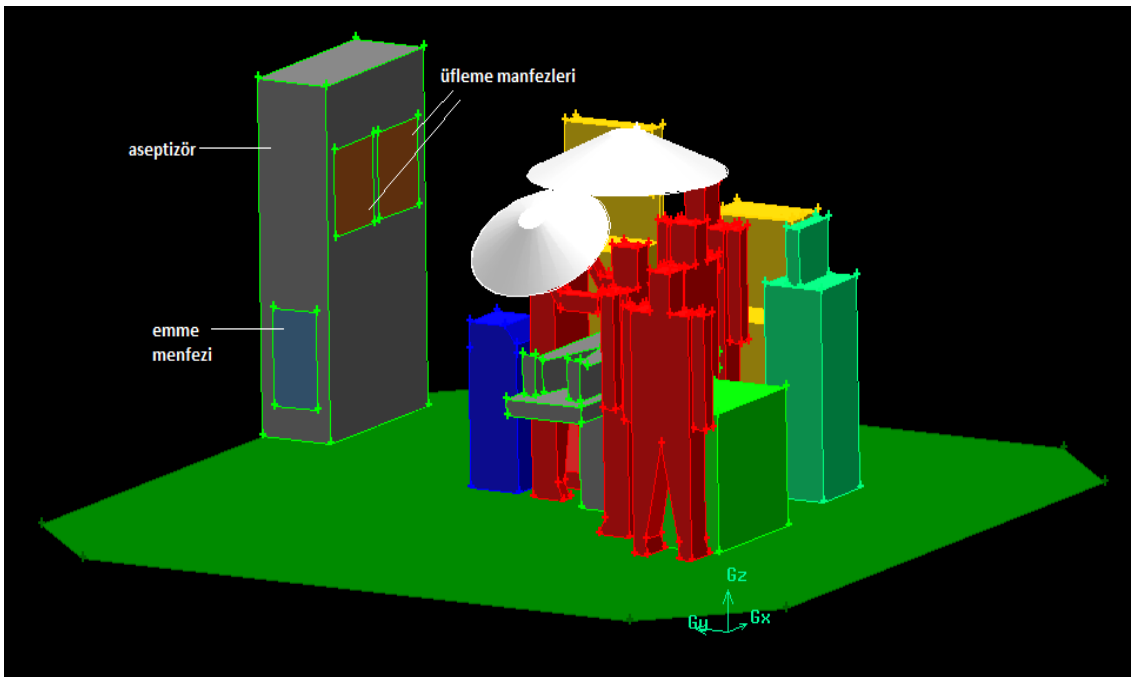


Şekil 3.4 Model 1 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü

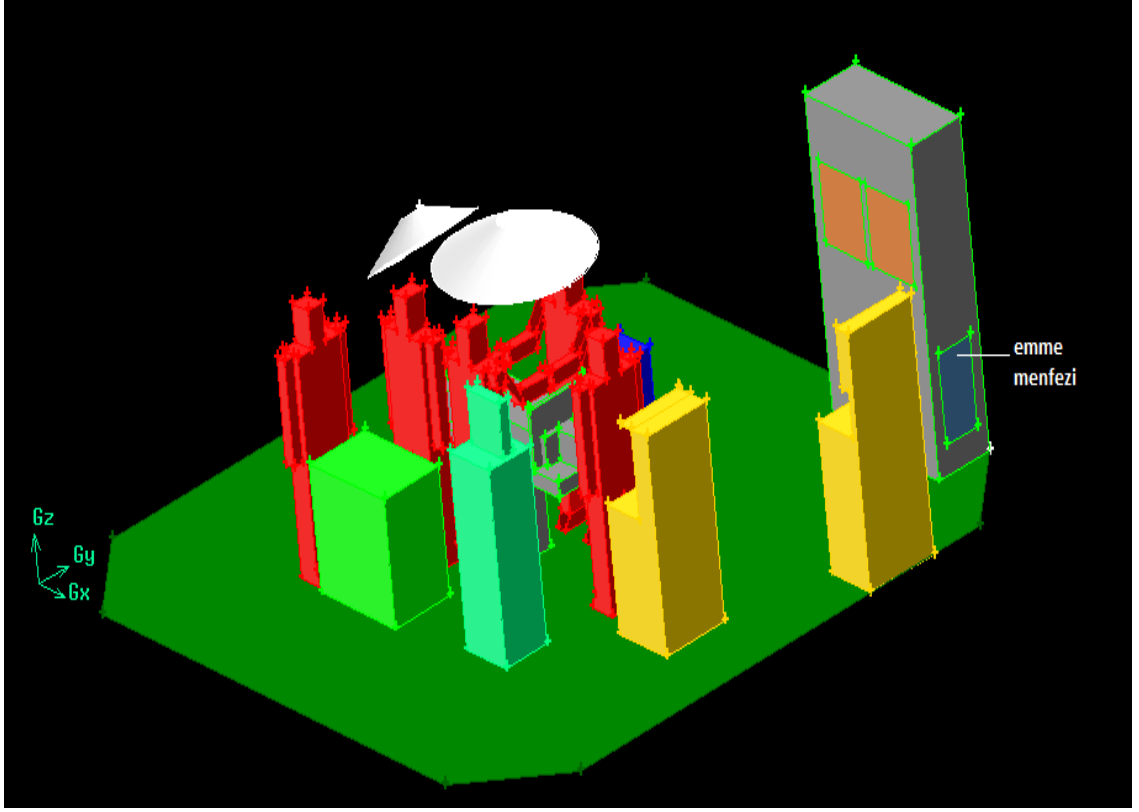


Şekil 3.5 Model 1 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü

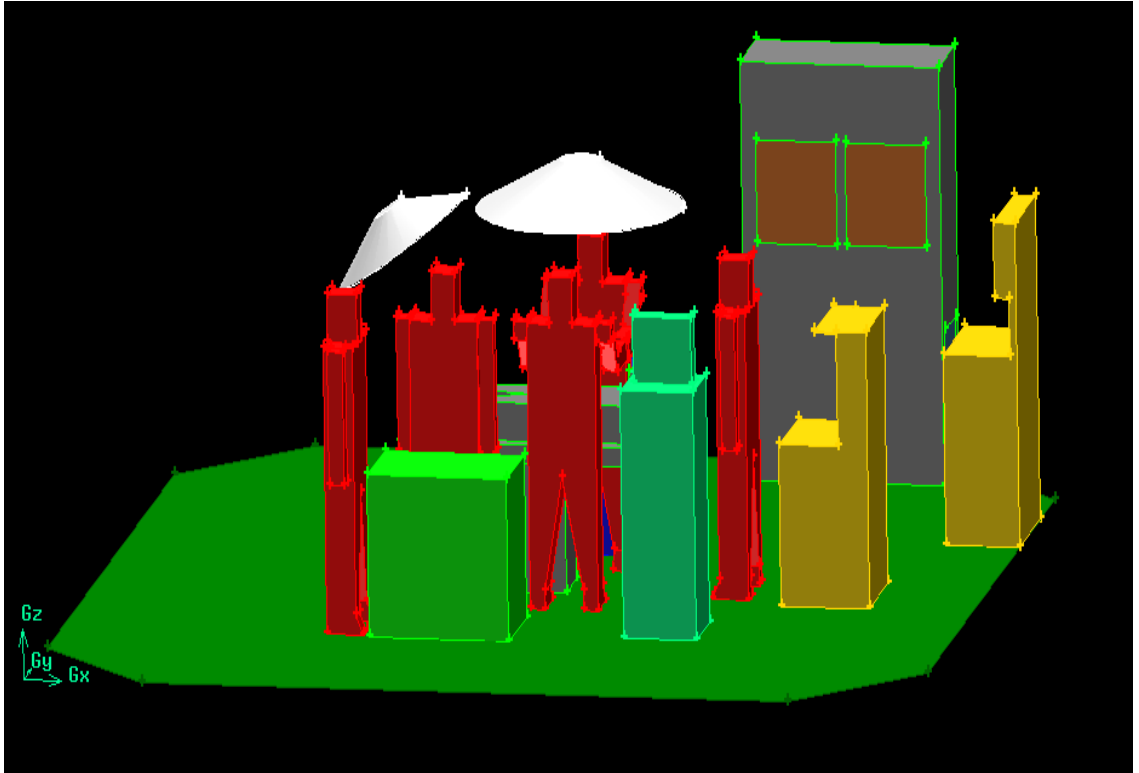
Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve 3.8' de Model 2 için ameliyathanedeki ameliyat masası, ameliyat lambaları, anesteziist, anestezi makinası, aseptizör, cerrahi alan, cerrahi alet masası, doktor, emme menfezleri, hasta, hemşire, ilaç dolabı, koter, monitör ve standı, uzman doktor, üfleme menfezleri ve yardımcının yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Model 2 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü



Şekil 3.7 Model 2 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü



Şekil 3.8 Model 2 için ameliyathanenin ve içindekilerin görünümü

3.2. Yöntem

Çözüm yönteminde bilgisayar programı olarak FLUENT 6.3 paket programı seçilerek kullanılmıştır. Kullanılan bu program, kurulan matematik modelin tüm kabullerini ve çözüm yöntemlerini içermektedir.

FLUENT 6.3 paket programı, akışkan dinamiğinin çözümüne ve modellemesine izin veren bir programdır. Programın içinde modelin şeklini oluşturacak çizim programı bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı FLUENT 6.3 programına uyumlu bir çizim programına ihtiyaç duyulmuştur. Geometrik ölçüleri alınan ameliyathanenin şekli GAMBIT çizim programında çizilmiş ve FLUENT 6.3 programında açılarak çalıştırılmıştır.

FLUENT 6.3 paket programında, matematik modelin kurulmasında yapılan tüm kabuller uygulanmıştır. İkinci bölümde belirtilen kabuller doğrultusunda, kararsız akım için süreklilik denklemi, hareket denklemleri, enerji denklemleri ve türbülanslı akım durumu için k- ϵ türbülans model denklemleri belirlenmiştir. Bu denklemlere Boussinesq yaklaşımı, kapalı şema çözümleme yöntemi ve SIMPLE iterasyon yöntemi uygulanmıştır. Tüm kabuller, başlangıç ve sınır şartları FLUENT 6.3 programında modellenmiştir.

3.2.1. Yapılan Kabuller

Yapılan çalışmada hava ideal gaz olarak kabul edilmiştir. Akışkan havanın sıkıştırılmaz ve viskoz olduğu da yapılan kabullerdendir. Bir diğer kabul de Boussinesq yaklaşımıdır.

3.2.2. SIMPLE İterasyon Yöntemi

SIMPLE (Semi Implicit Method for Pressure - Linked Equations) metodu bir iterasyon metodudur. Hesap ağındaki Hız - Basınç etkileşiminin çözümünde kullanılan bu metot ile tahmini olarak belirlenen basınç alanı ile momentum denklemi çözülerek hız alanları elde edilmektedir. Bulunan hız alanlarına her bir kontrol hacminde kütle korunumu prensibine uygulanarak, düzeltilmiş basınç değerleri belirlenir. Bu düzeltilmiş basınç değerleri, tahmini basınç değerleri olarak alınıp yeni hız alanları belirlenir. Aynı işlemler yakınsaklık sağlanıncaya kadar, yani tahmini basınç değerleri birbirlerine

eşitleninceye kadar devam eder. Yukarıdaki açıklama kararlı akım için geçerlidir (Üneş, 2004; Üneş ve Ağırlioğlu, 2004).

Kararsız akımlarda iterasyon yöntemi kullanılırken, belirli zaman aralıkları için çözümler bulunmalıdır. Bir önceki zaman aralığından elde edilen çözüm, diğer bir zaman aralığı için başlangıç tahmini olarak alınır ve kararlı akım problemlerinde uygulanan işlemler uygulanarak yakınsak çözüm elde edilir. Yapılan çalışmada akım nonlineer ve kararsız olduğu için sonlu farklar şemalarından kapalı (implicit) çözüm şeması kullanılmıştır.

Kapalı hacimlerde akışkan hareketi ve ısı transferi probleminin çözümü için süreklilik, momentum ve enerji denklemlerinin eş zamanlı olarak çözülmesi gerekmektedir. Bu denklemlerin analitik olarak çözülmesi mümkün değildir. Bu türden diferansiyel denklemlerin çözümü için kullanılan çeşitli metotlar vardır. Kontrol hacim ve sonlu farklar en sık kullanılan çözüm metotlarıdır. Bu çalışmada da iteratif (tekrarlamalı) bir sonlu farklar çözüm metodu kullanılmıştır.

Genel olarak kısmi diferansiyel denklemler üç kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar, eliptik, parabolik ve hiperbolik denklemlerdir. Sürekli rejimde konveksiyon denklemleri eliptik tip denklemlerdir. Öncelikle denklemler Taylor Serisi ile matematiksel denklemlere dönüştürülmüştür. 1.ve 2. derece denklemlerin Taylor Serisi ile açılımında ileri, geri ve merkezi farklar kullanılmıştır. Elde edilen matematiksel denklemlerin çözümü için de iteratif yöntemlerden “ Successive Under Relaxation (SUR) ” metodu kullanılmıştır.

Sayısal çözüme başlamak için ilk adım, akış alanını küçük parçalara bölerek her noktaya ayrı ayrı cebirsel denklemlerin uygulanmasıdır. Teorik olarak akış alanının tamamı için elde edilen cebirsel denklemlerin uygulanması gerekmektedir. Ancak, bu sonsuz sayıda nokta ve de sonsuz sayıda denklem ile ifade edileceğinden, pratikte bu imkansızdır. Bu nedenle akış alanı belirli sayıda kafeslere bölünerek, bu kafeslerin kesişme noktalarına matematiksel denklemler uygulanır. Matematiksel denklemlerin uygulandığı her bir noktaya “ grid noktası ” veya “ düğüm noktası ” adı verilir. Bu noktaların oluşturduğu sisteme de “ düğüm sistemi ” denilmektedir.

Çözümün hassasiyetini etkileyen faktörlerin başında düğüm noktalarının sayısı gelir. Pratikte düğüm sayısı arttıkça sonuçların hassaslaştığı kabul edilse de gerçekte çok fazla düğüm sayısı işlem zamanını artırır. Ayrıca belirli bir düğüm sayısının üzerinde

hassasiyet de çok fazla değişmez. Bu nedenle optimal düğüm sayısının belirlenmesi önemlidir. Düğümlerin aralıkları ve sayıları, problemin geometrisine göre değişebilmektedir (Koca, 2005).

3.2.3. Boussinesq Yaklaşımı

Sıcaklık farkının düşük olduğu durumlarda momentum denklemleri yazılırken, diğer akışkan özellikleri gibi yoğunluğunda sıcaklıkla değişmediği, sadece z yönündeki kaldırma kuvveti terimindeki yoğunluk değişimi değişken diğer yoğunluk terimleri ise sabit alınmaktadır. Bu yaklaşım metoduna Boussinesq yaklaşımı denir.

3.2.4. Matematik Modelin Temel Denklemleri

Süreklilik Denklemi;

Sürekli rejim şartlarında üç boyutlu sıkıştırılamaz laminar akım için süreklilik denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3.1)$$

Denklemden u, x hareket yönündeki hızı, v, y hareket yönündeki hızı, w ise z hareket yönündeki hızı ifade etmektedir.

Momentum Denklemleri;

Süreklilik şartlarında ;

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= 0 \\ \frac{\partial w}{\partial t} &= 0 \end{aligned} \quad (3.2)$$

olur.

x doğrultusu için;

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (3.3)$$

y doğrultusu için;

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3.4)$$

z doğrultusu için;

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + g\beta(T-T_1) \quad (3.5)$$

burada g yer çekimi ivmesi, β ısıl genleşme katsayısı, T ortam sıcaklığı, T_1 ise operasyon esnasındaki sıcaklıktır.

Enerji Denklemi;

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (3.6)$$

Bu denklemde α , (m^2/s) cinsinden ısıl difüzyon katsayısı olup $\alpha=k/Cp'$ dir. Burada k, (W/mK) cinsinden ısı iletim katsayısı, Cp, (J/kgK) cinsinden sabit basınç altındaki özgül ısıdır.

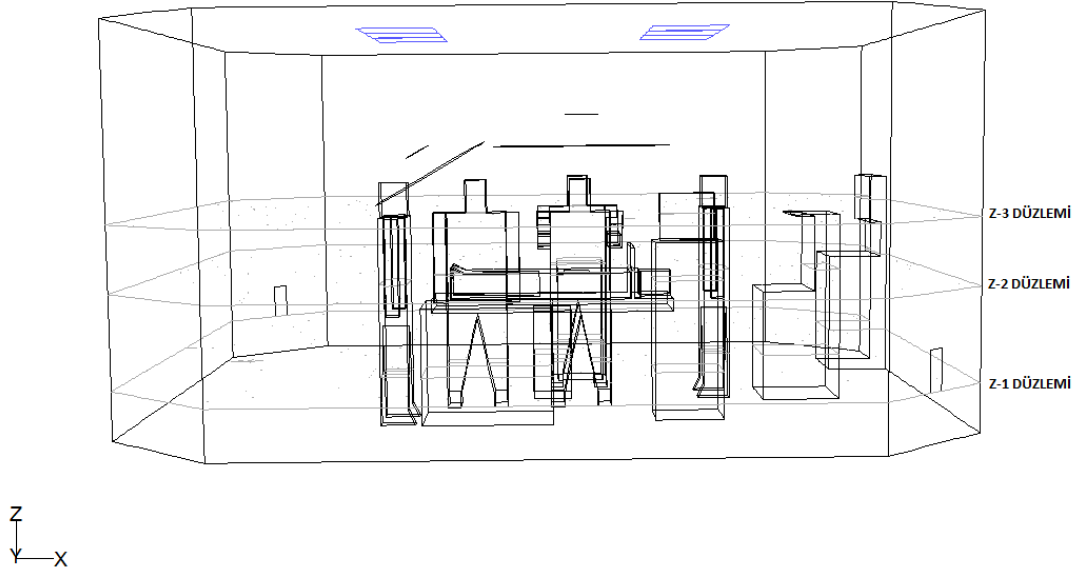
Yukarıda yazılan denklemler FLUENT programı tarafından belirlenen sınır şartları altında çözülür.

3.2.5. Sayısal Çözüm İçin İncelenen Kesitler

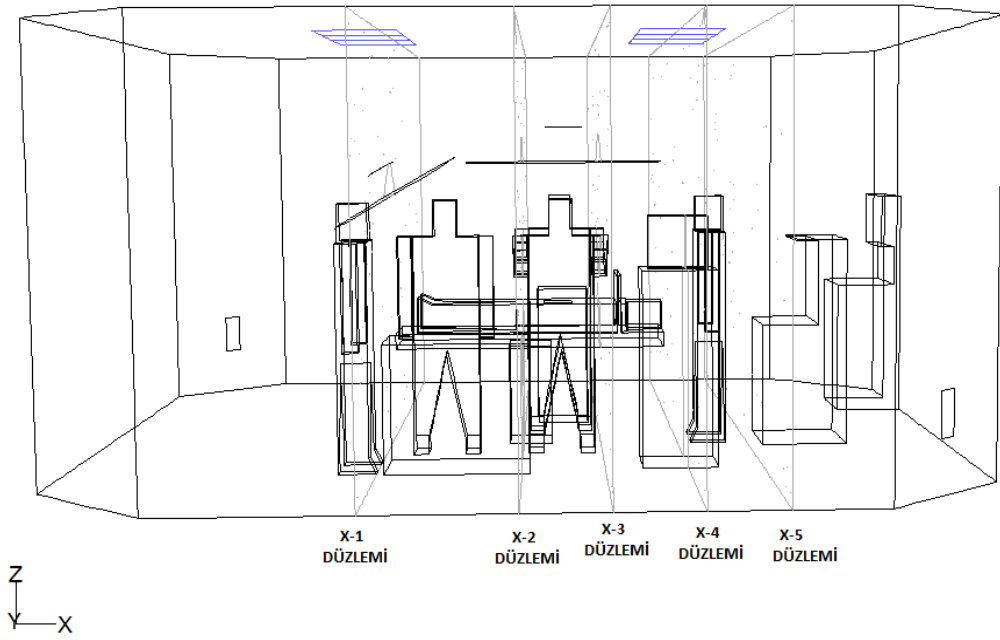
Model 1 ve Model 2, x düzlemine beş, z düzleminde üç ayrı kesitte incelenmiştir. Bu kesit sayılarının ameliyathanedeki hava akışının yorumlayabilmek için yeterli olduğu kanısına varılmıştır. x düzleminde alınan kesitler üfleme menfezleri çıkışlarındaki ve personelin etrafındaki hava akışını en iyi yorumlayabilmek için Şekil 3.10 ve Şekil 3.12' deki gibi alınmıştır. z düzleminde alınan kesitler Şekil 3.9 ve Şekil 3.11' deki gibi emme menfezi girişleri (zemin seviyesi), cerrahi alanın üstü ve baş seviyesinde alınmış olup personelin konfor şartının incelenmesi için baş seviyesindeki

kesit, cerrahi alandaki hava akışının yorumlanması için cerrahi alan üstündeki kesit ve zemindeki hava akışını yorumlayabilmek için de zemin seviyesi kesitleri incelenmiştir.

3.2.5.1. Model 1 İçin İncelenen Kesitler

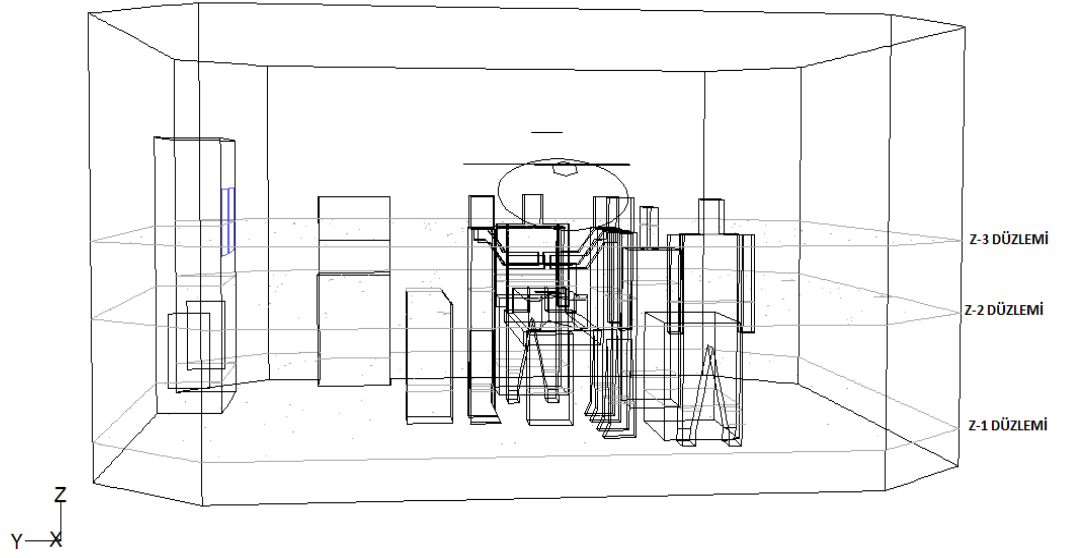


Şekil 3.9 Model 1 için z düzleminde alınan kesitlerin görünüşü

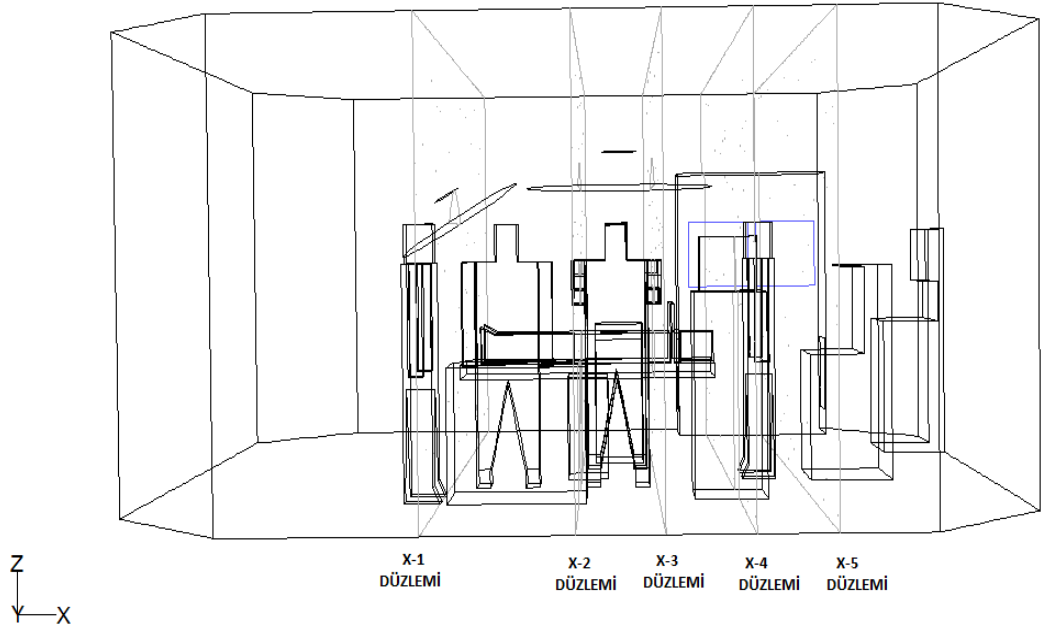


Şekil 3.10 Model 1 için x düzleminde alınan kesitlerin görünüşü

3.2.5.2. Model 2 İçin İncelenen Kesitler



Şekil 3.11 Model 1 için z düzleminde alınan kesitlerin görünüşü



Şekil 3.12 Model 2 için x düzleminde alınan kesitlerin görünüşü

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Model 1 İçin FLUENT Analiz Sonuçları

Model 1' de Ocak ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 15°C

Üfleme havası sıcaklığı : 21°C

Üfleme hızı 0.4 m/sn dir. Bu değerler ve Çizelge 1' deki ısı değerleri FLUENT' e girilerek 1 saatlik çalışma süresi sonuna kadar elde edilen sonuçlar ele alınarak incelenmiştir.

Model 1 için Ocak ayında farklı x düzlemlerinde sıcaklık konturlarının dağılımı Şekil 4.1 ve Şekil 4.5 arasında verilmektedir.

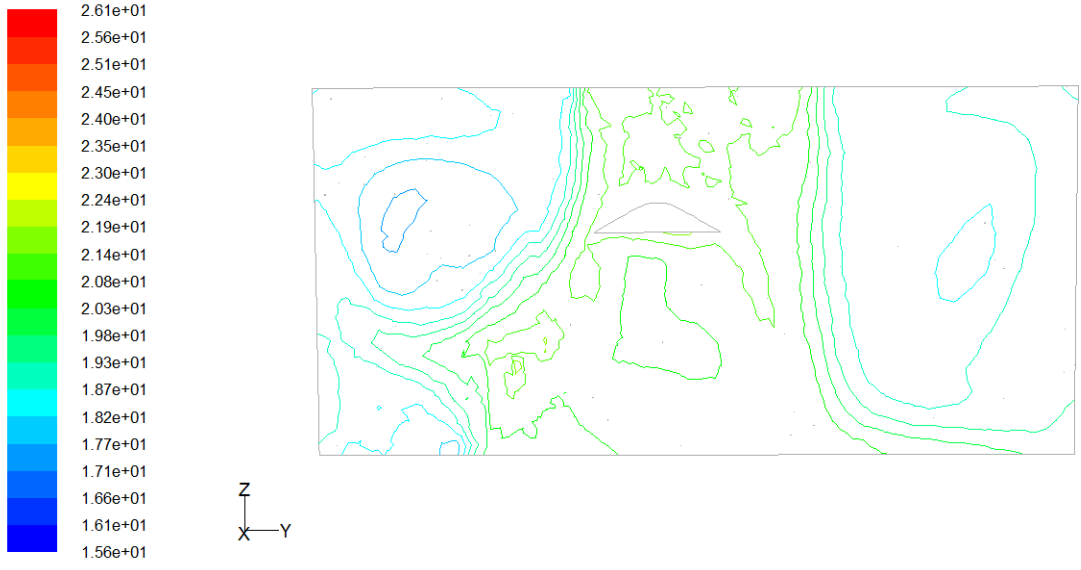
Şekil 4.1' de, üfleme menfezi çıkışında ve ameliyat lambası altında sıcaklık 20°C civarında olup salonun diğer bölgelerinde 18°C sıcaklık hakim durumdadır. Ameliyat lambası altında ölü akış bölgesi olmasına rağmen sıcaklığın 20°C olmasının ameliyat lambası ve personelin ürettiği ısıyla bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Şekil 4.2' de, ameliyat lambası ve ameliyat personelinin bulunduğu bölgede sıcaklığın 21°C civarında olduğu, kalan kısımlarda ise 18°C sıcaklığın etkin olduğu görülmektedir. Burada ameliyat masası ve cerrahi alet masasının sıcaklığın dağılımına etkisi de belirgindir.

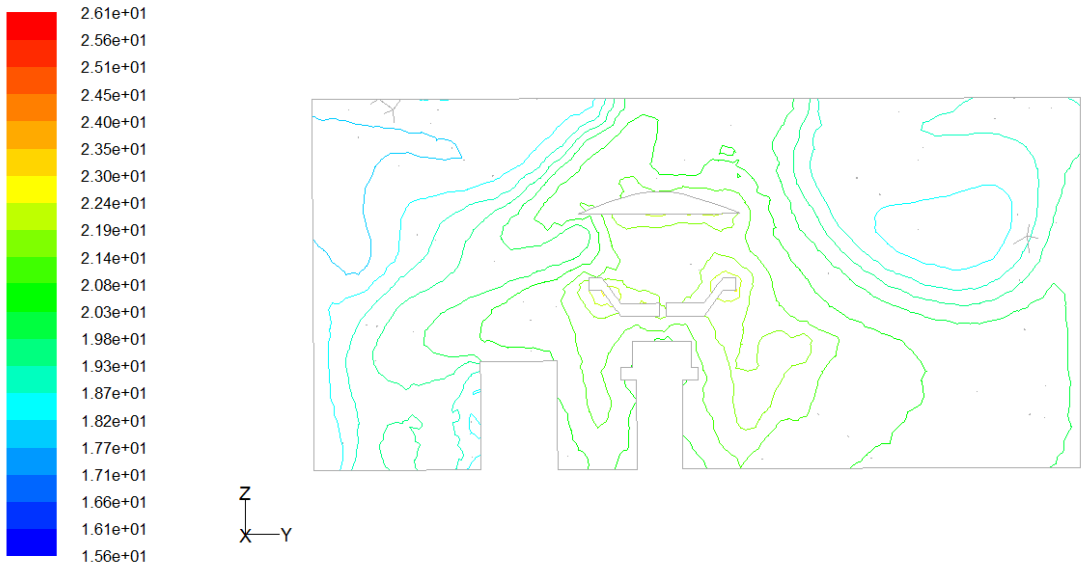
Şekil 4.3' de, ameliyat personelinin bulunduğu bölgede sıcaklık 21°C civarında olup incelenen bu kesitte de 18°C sıcaklığın salona hakim olduğu görülmektedir.

Şekil 4.4' de, orta kısımda üfleme menfezi çıkışında yerden tavana kadar olan kısımda 21°C sıcaklık etkindir. Monitör ve standının arka kısmında küçük bir alanda görülen 21°C civarındaki sıcaklığın cerrahi alet masası ile monitör standı arasındaki bölgeden sürüklenen havanın etkisi ile oluştuğu görülmektedir. Salonun kalan kısmında 18°C sıcaklık hakimdir.

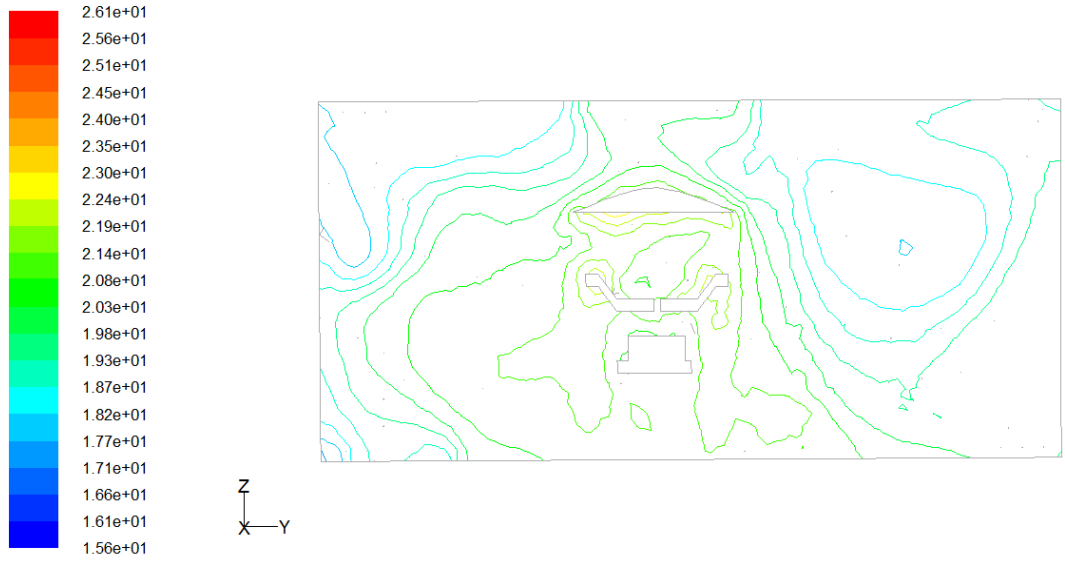
Şekil 4.5' de, orta kısımda anestezi makinası önünde 23°C' lik küçük bir kısım, sol tarafta ölü akış bölgesi oluşumundan kaynaklanan 17°C sıcaklıktaki kısım dikkat çekmekte olup salonun kalan kısımlarında 18°C sıcaklık mevcuttur.



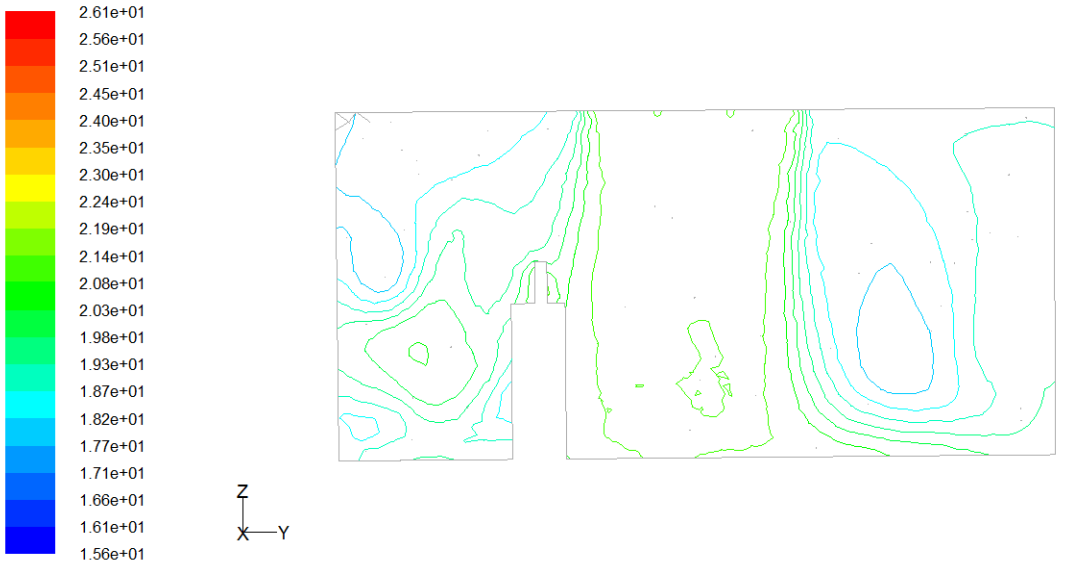
Şekil 4.1 Model 1 için Ocak ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



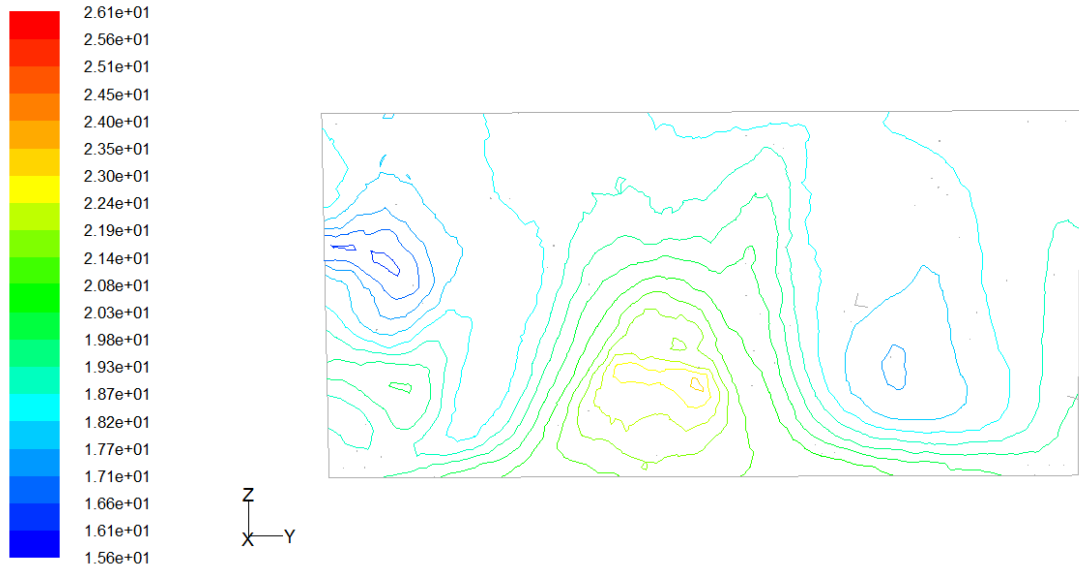
Şekil 4.2 Model 1 için Ocak ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.3 Model 1 için Ocak ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.4 Model 1 için Ocak ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



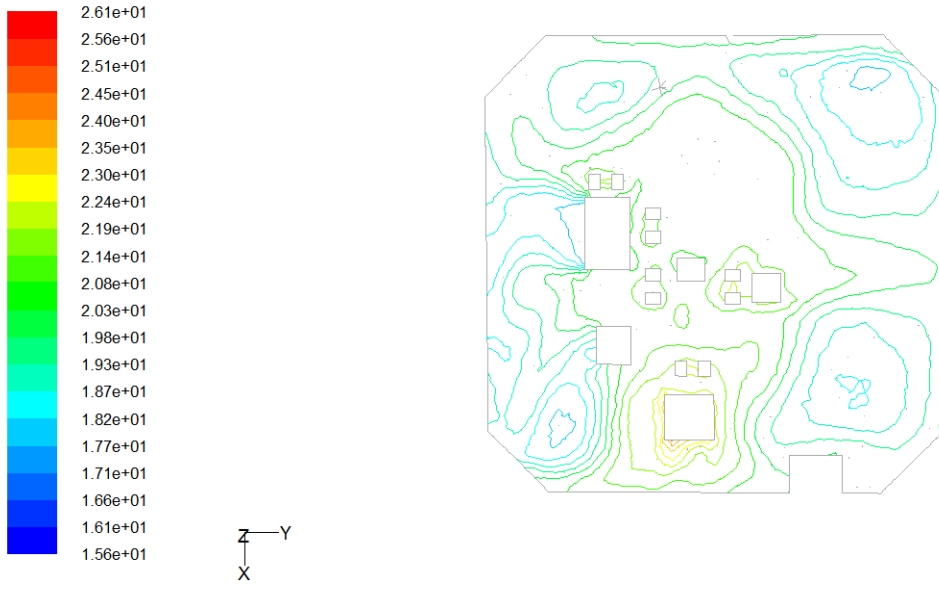
Şekil 4.5 Model 1 için Ocak ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları ($^{\circ}\text{C}$)

Model 1 için Ocak ayında farklı z düzlemlerinde sıcaklık konturlarının dağılımı Şekil 4.6 ve Şekil 4.8 arasında verilmektedir.

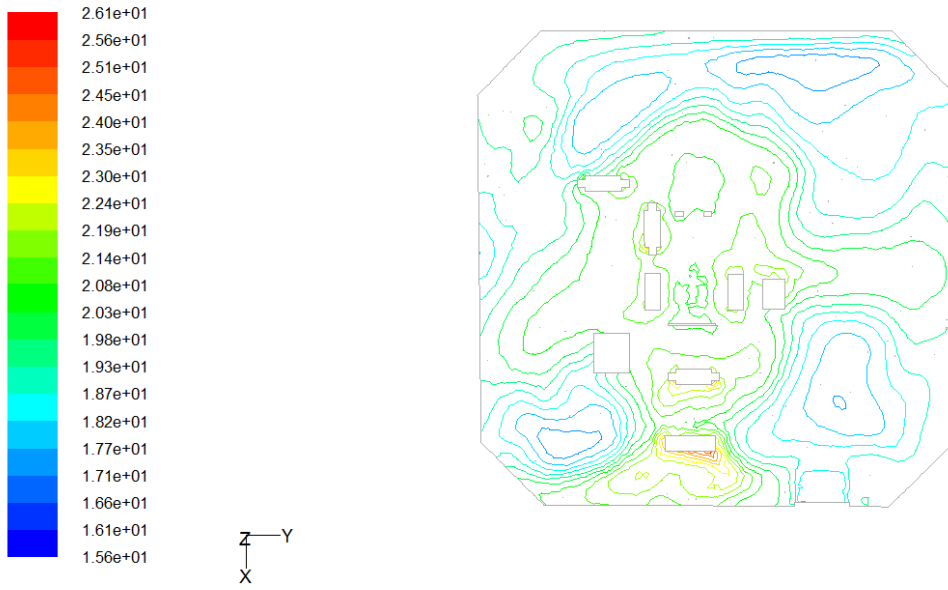
Şekil 4.6' da, orta bölgede 21°C civarındaki sıcaklığın hakim durumda olduğu köşe kısımlarda ise 18°C civarındaki sıcaklığın etkinliği görülmektedir. Sıcaklık dağılımı salon içerisinde bulunan engellere bağımlı olarak değişmektedir.

Şekil 4.7' de, Şekil 4.6' daki duruma benzer şekilde orta bölgede 21°C civarındaki sıcaklığın hakim durumda olduğu köşe kısımlarda ise 18°C civarındaki sıcaklığın etkinliği görülmektedir. Burada sıcaklığın orta kısımdan kenarlara doğru giderek azaldığı görülmektedir.

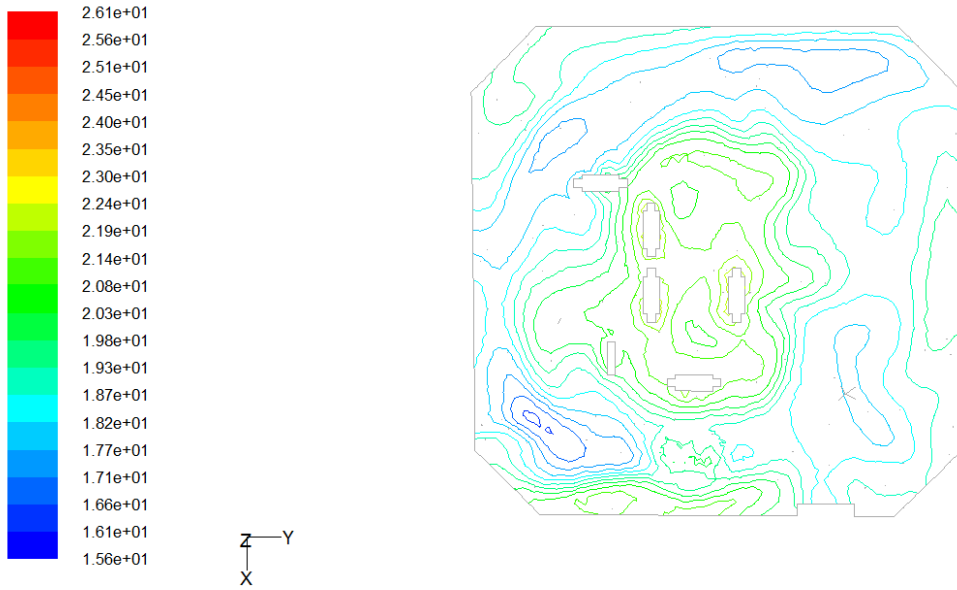
Şekil 4.8' de, orta bölgede 21°C , alt kısımda anestezi makinasının oluşturduğu ısıdan kaynaklanan 22°C ' lik alan ve hava akış hızının düşük olduğu kısımlarda da 17°C ile 18°C sıcaklığındaki alanlar görülmektedir.



Şekil 4.6 Model 1 için Ocak ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.7 Model 1 için Ocak ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.8 Model 1 için Ocak ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)

Şekil 4.9 - 4.13 incelendiğinde, x-1, x-4 ve x-5 düzlemlerindeki kesitlerde laminer akış şartlarının sağlandığı görülmektedir. Diğer bölgelerde düşük hızlı türbülanslı akış bölgeleri de açıkça görülmektedir.

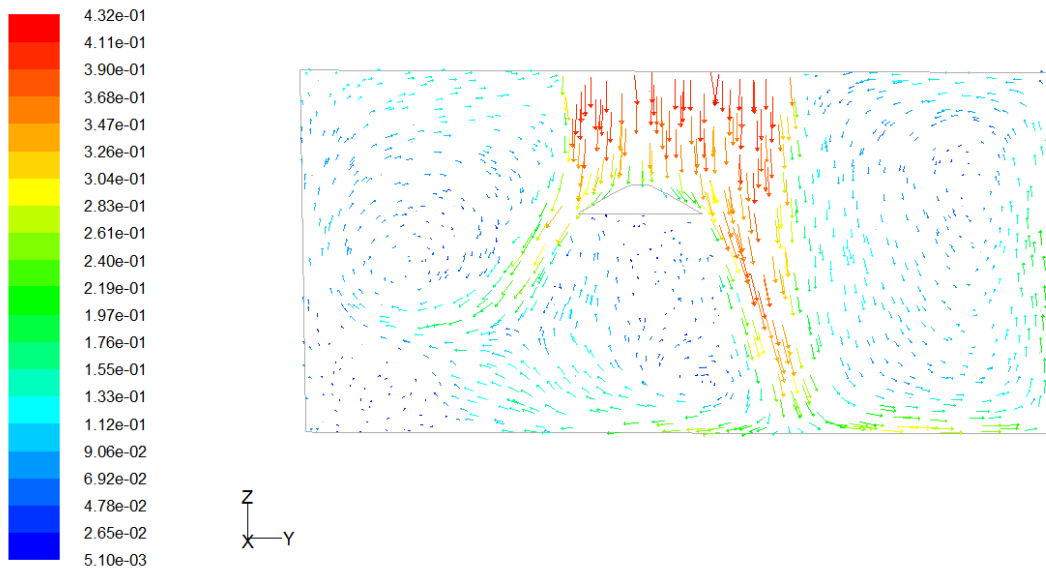
x-1 düzleminde; üfleme menfezi çıkışında 0.4 m/sn hızla çıkan havanın ameliyat lambasına çarptıktan sonra dağılarak hızının düştüğü, yardımcı personelin bel seviyesinde 0.24 m/sn, baş ve ayak kısımlarında 0.04 m/sn civarında düşük hızların oluştuğu görülmüştür. Sol alt köşede ölü akış bölgesinin oluştuğu anlaşılmakta olup sağ tarafta saat yönünün tersinde ters akış bölgesi ve girdap, sol tarafta saat yönünde bir ters akış ve girdap, orta kısımda da alt tarafta küçük bir girdap görülmektedir. Ölü akış bölgeleri ve girdap oluşumu ile hava sirkülasyonu engellendiği için bu bölgelerde enfeksiyon üreme ve partikül birikme riski oluşmaktadır.

x-2 ve x-3 düzlemlerinde; cerrahi alan üzerinde 0.01 m/sn civarında neredeyse durgun sayılabilecek hava akışı, cerrahi alet masası üzerinde de 0.05 m/sn civarında düşük hızlı türbülanslı akış bölgeleri oluşmuştur. Ameliyat esnasında cerrahi alan ve cerrahi alet masası üzerindeki kontamine havanın bir an önce uzaklaştırılması hastanın enfeksiyon kapmaması için çok önemlidir. Mevcut durumda ise hastanın bahsedilen düşük hava hızları ve türbülanslı akış nedeniyle enfeksiyon kapma riski oluşmaktadır. x-2 düzleminde sağ üst tarafta küçük bir döngü gözlemlenmektedir. x-3 düzleminde sağ tarafta saat yönünün tersi doğrultusunda büyük bir döngü ve ölü akış bölgesi görülmektedir.

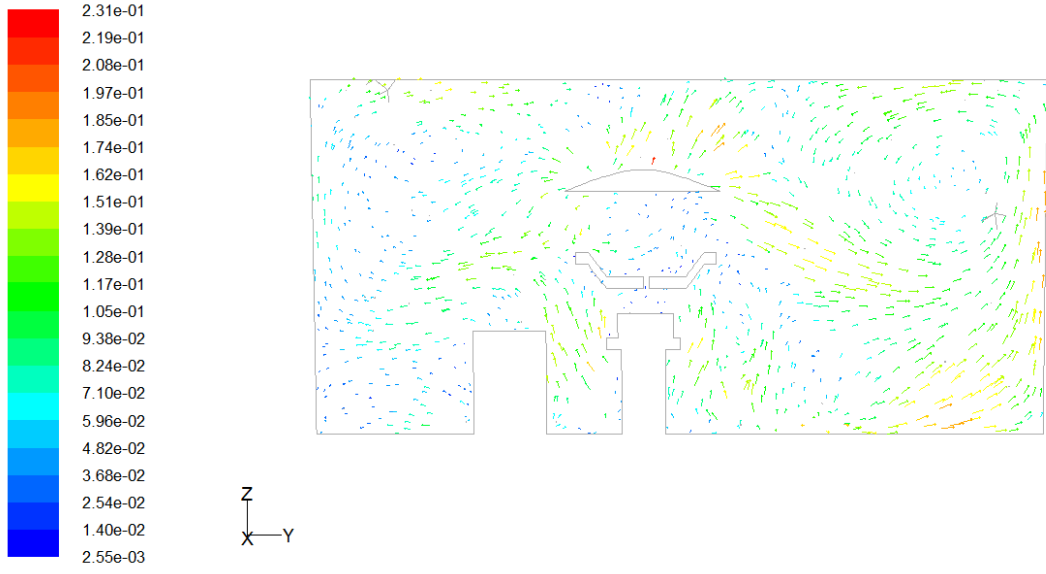
Ameliyat lambalarının cerrahi alanın üzerinde konumlandırılması nedeniyle cerrahi alan ve ameliyat personelinin içerisinde bulunması gereken koruma alanı içerisinde laminer akışın sekteye uğradığı da görülmektedir. Bu durum bize konuyla ilgili uzmanların ameliyat lambalarının cerrahi alanının üzerinde konumlandırılmaması gerektiği yönündeki uyarılarının ne kadar haklı olduğunun göstermektedir (Woloszyn ve ark. 2004; Özer, 2007). Zira ameliyathane personeli bazen zorunlu olarak çoğu zaman da önemsemeyerek ameliyat lambalarını cerrahi alanın üzerinde konumlandıkları için çeşitli modellerde laminer akışı engellemeyen ameliyat lambaları tasarımları da yapılmış ve kullanıma sunulmuştur. Eğer ameliyat lambaları uygun yere konumlandırılırsa laminer akışın sağlanması ile daha uygun ameliyathane ortamının oluşacağı açıktır.

x-4 düzleminde; laminer akış bölgesi ve bu bölgenin etrafında sağ tarafta yerden tavana kadar dönümlü hava bölgesi görülmektedir. Sol kısımda monitör ve standının laminer akış bölgesi etrafında dönümlü hava bölgesi oluşumunu engellediği görülmektedir. Monitörün tavandan askılı olması durumunda sol kısımda da laminer akış bölgesi etrafında dönümlü hava bölgesi oluşabilir, böylece de ölü akış bölgelerinin oluşumu önlenir.

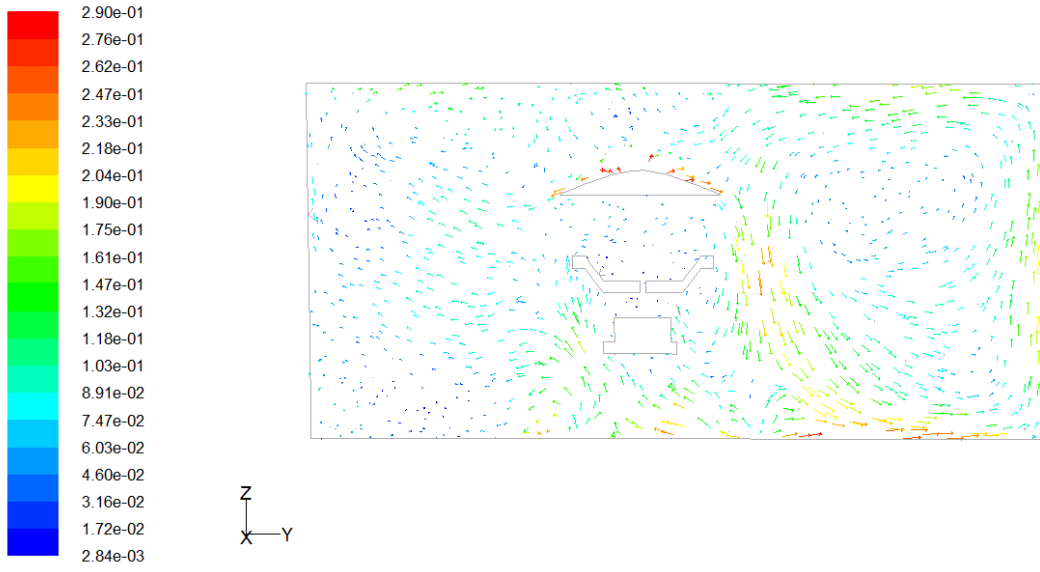
x-5 düzleminde; farklı hızlardaki hava akış bölgeleri görülmekte olup orta kısımda anestezi cihazına çarpan havanın oluşturduğu türbülanslı akış bölgesi görülmektedir. Sağ kısımda büyük bir döngü görülmektedir.



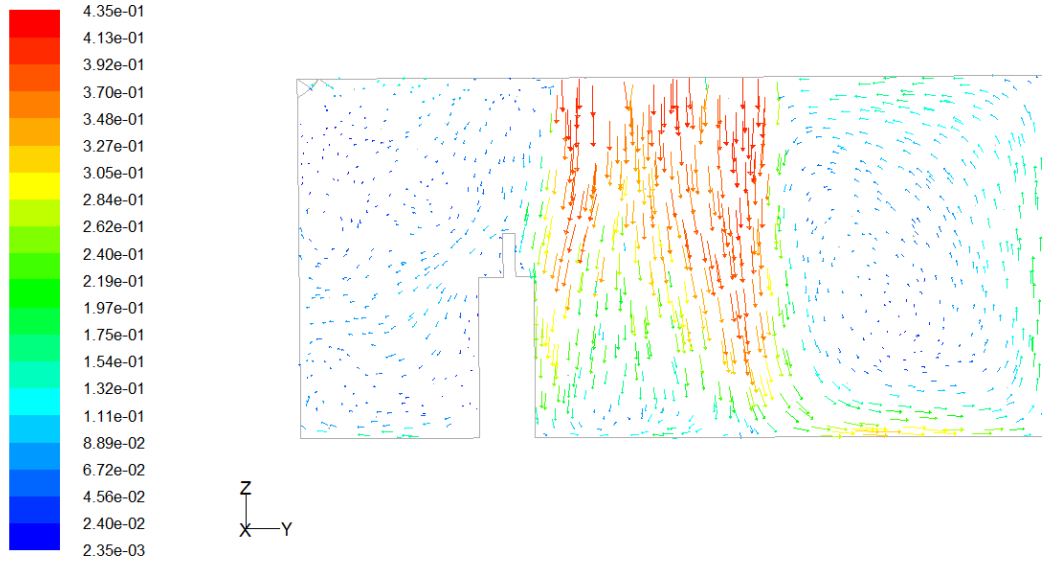
Şekil 4.9 Model 1 için Ocak ayında x-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



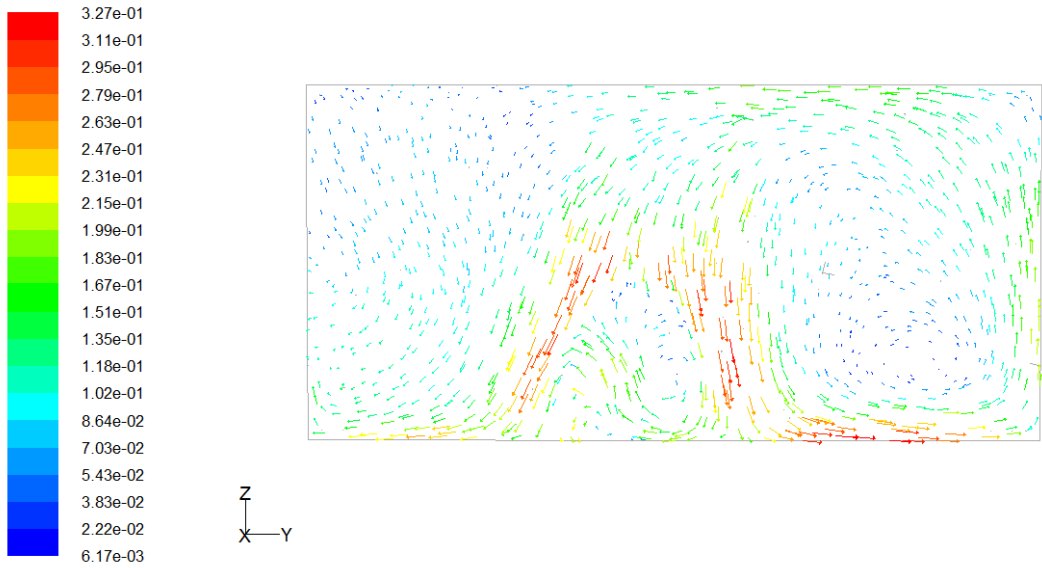
Şekil 4.10 Model 1 için Ocak ayında x-2 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.11 Model 1 için Ocak ayında x-3 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



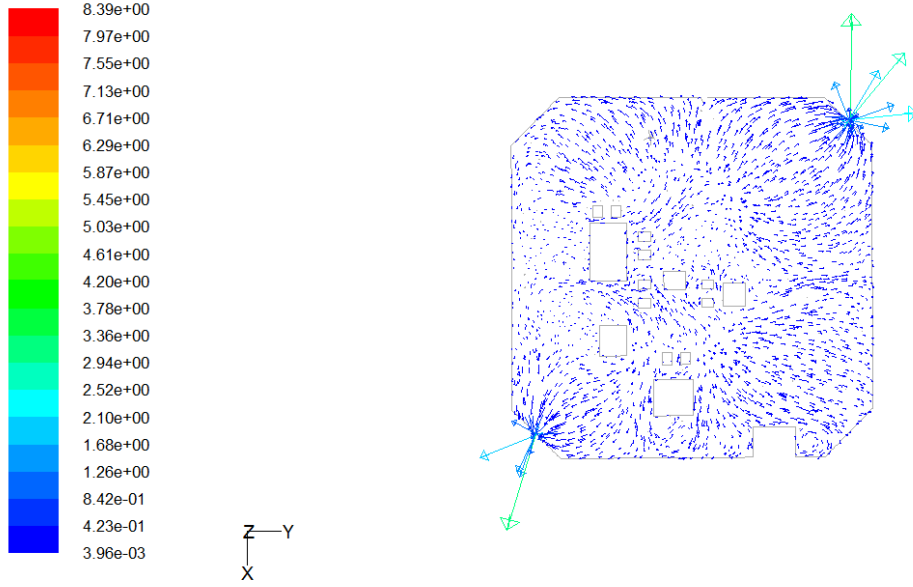
Şekil 4.12 Model 1 için Ocak ayında x-4 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



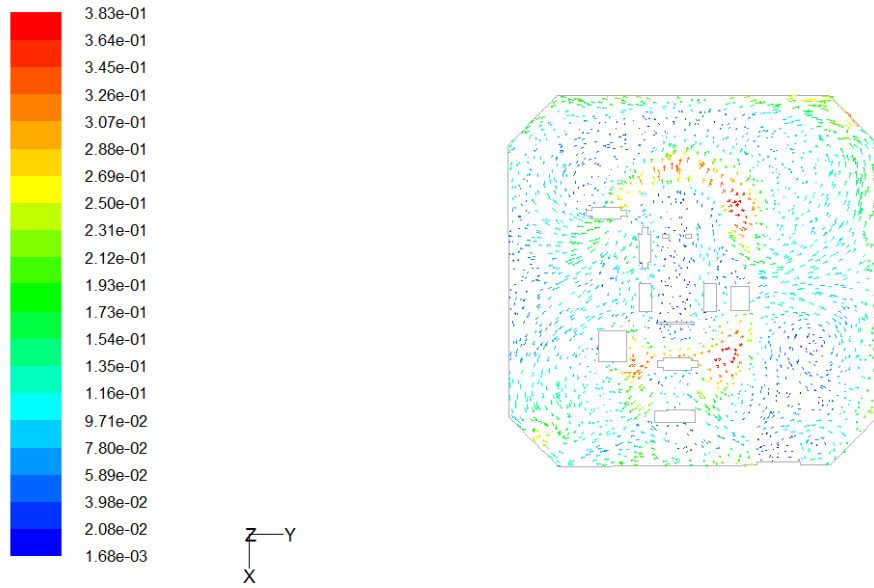
Şekil 4.13 Model 1 için Ocak ayında x-5 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

Şekil 4.14 - 4.16 incelendiğinde, z-1 düzleminde emme menfezleri girişinde çok yüksek değerlerde emme hızları kalan kısımlarda ise çok düşük hızlar mevcuttur. z-2 ve z-3 düzlemlerinde ise personeli rahatsız edecek hızlar bulunmamakta olup üfleme menfezleri çıkışlarında 0.35 m/sn civarında üfleme hızı, üfleme menfezleri çıkışlarındaki havanın çeşitli engellere çarpması neticesinde cerrahi alan üzerinde ve salonun bazı kısımlarında 0.05 m/sn hızdaki ölü akış bölgeleri görülmektedir. Ölü akış

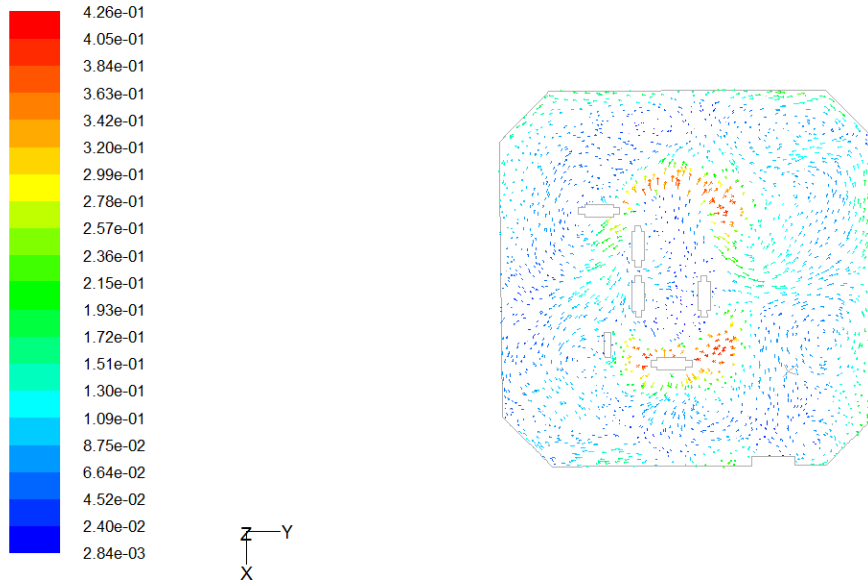
bölgelerinin varlığından kaynaklanan olumsuz durumun oluşturduğu sıkıntılardan daha önce bahsedilmiştir.



Şekil 4.14 Model 1 için Ocak ayında z-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.15 Model 1 için Ocak ayında z-2 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.16 Model 1 için Ocak ayında z-3 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

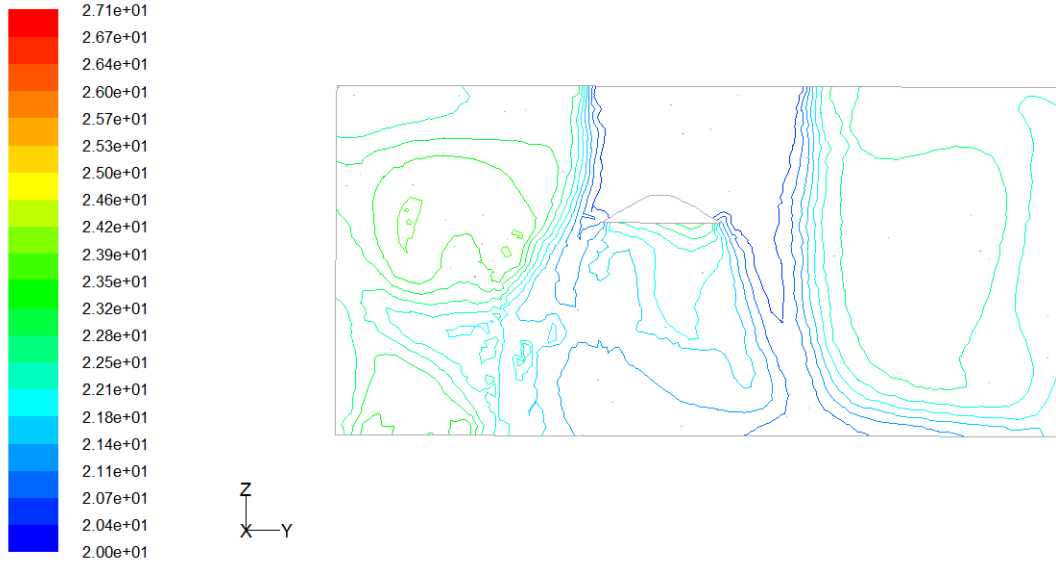
Model 1' de Temmuz ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 25°C

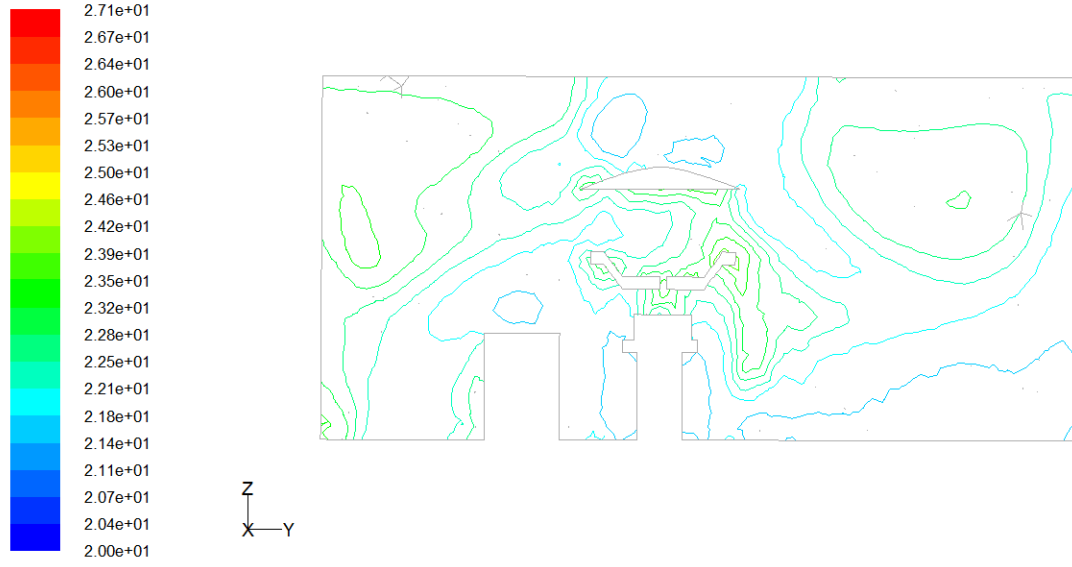
Üfleme havası sıcaklığı : 20°C

Üfleme hızı 0.4 m/sn dir. Bu değerler ve Çizelge 1' deki ısı değerleri FLUENT' e girilerek 1 saatlik çalışma süresi sonuna kadar elde edilen sonuçlar ele alınarak incelenmiştir.

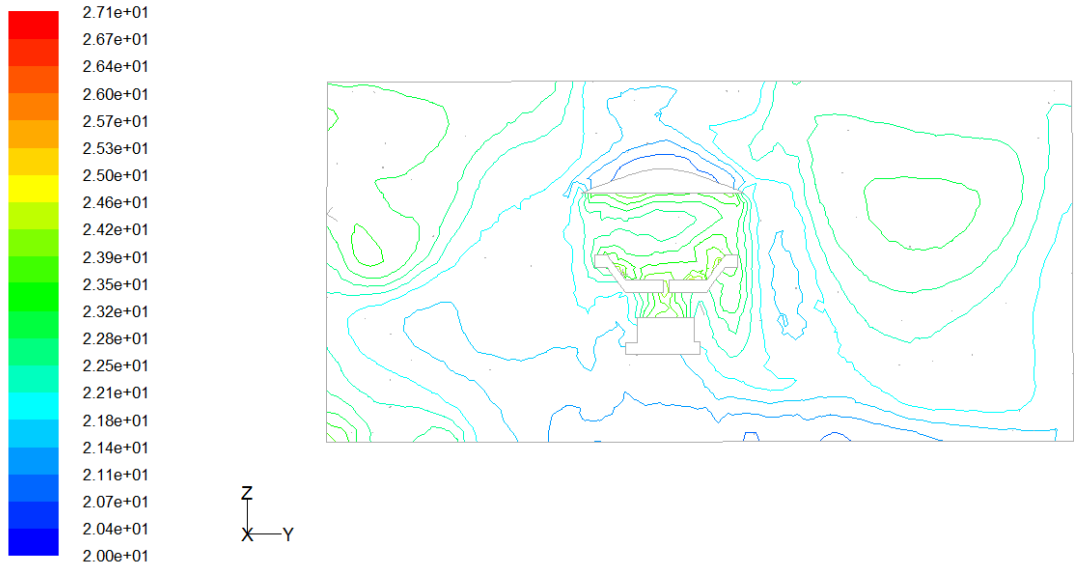
Şekil 4.17 - 4.21 incelendiğinde, cerrahi alanda ve ameliyathane personelinin bulunduğu bölgede sıcaklığın 23°C civarında olduğu ve bu bölgede yerden personelin baş hizasına kadar olan seviyede sıcaklık değerlerinin standartlarda belirtilen sınırlara (17°C - 23°C) uygun olduğu dolayısıyla sıcaklık yönünden rahatsızlık verici bir durumun olmadığı görülmüştür. Ameliyat lambalarından kaynaklanan ısının oluşturduğu alan Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19' da belirgin haldedir. Burada üfleme menfezlerinden çıkan havanın ameliyat lambalarına çarparak etrafa dağılması ile cerrahi alan üzerinde etkin bir iklimlendirme yapılamadığı görülmektedir.



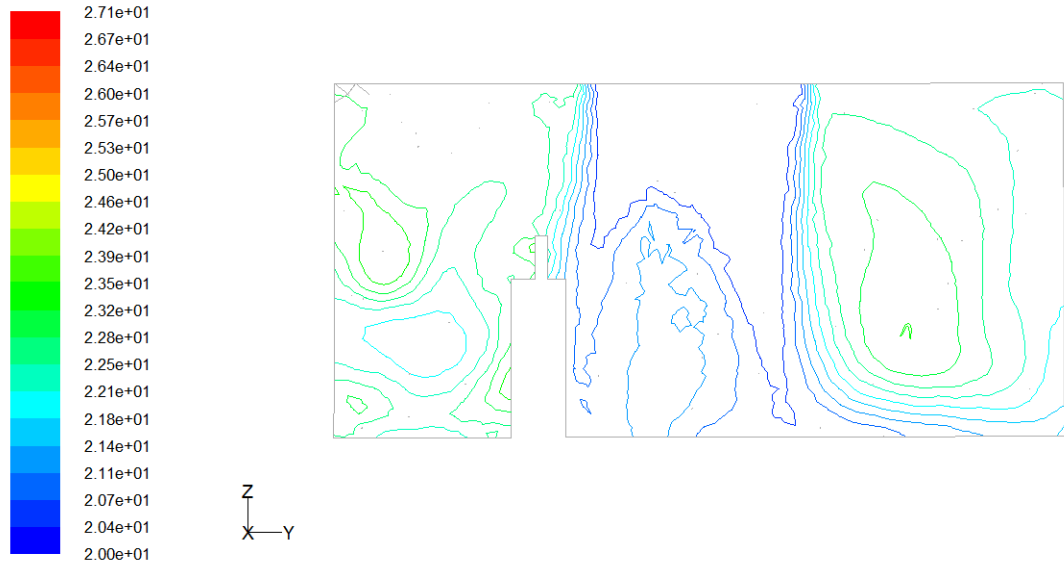
Şekil 4.17 Model 1 için Temmuz ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



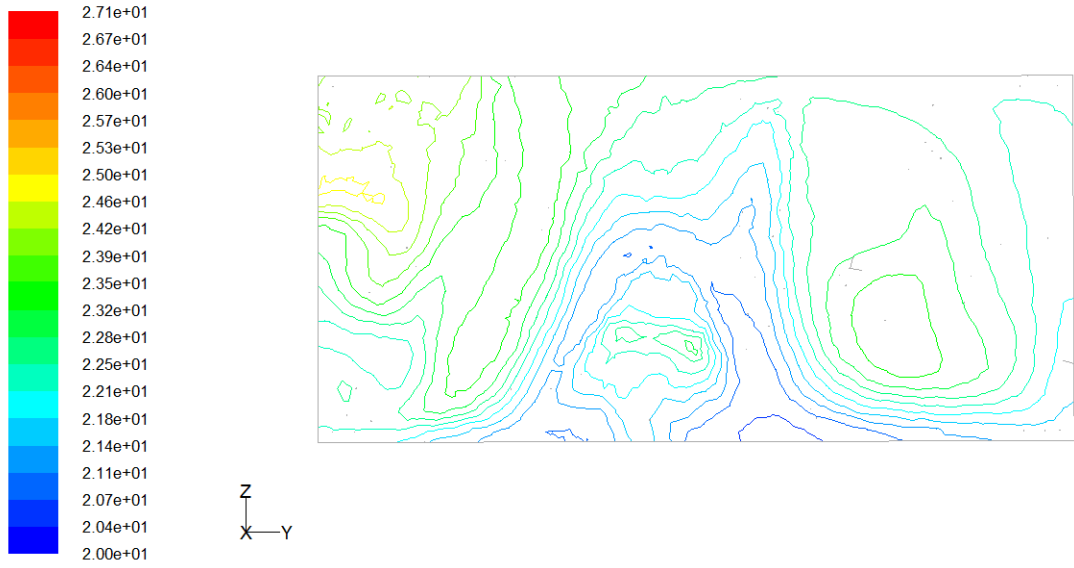
Şekil 4.18 Model 1 için Temmuz ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.19 Model 1 için Temmuz ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)

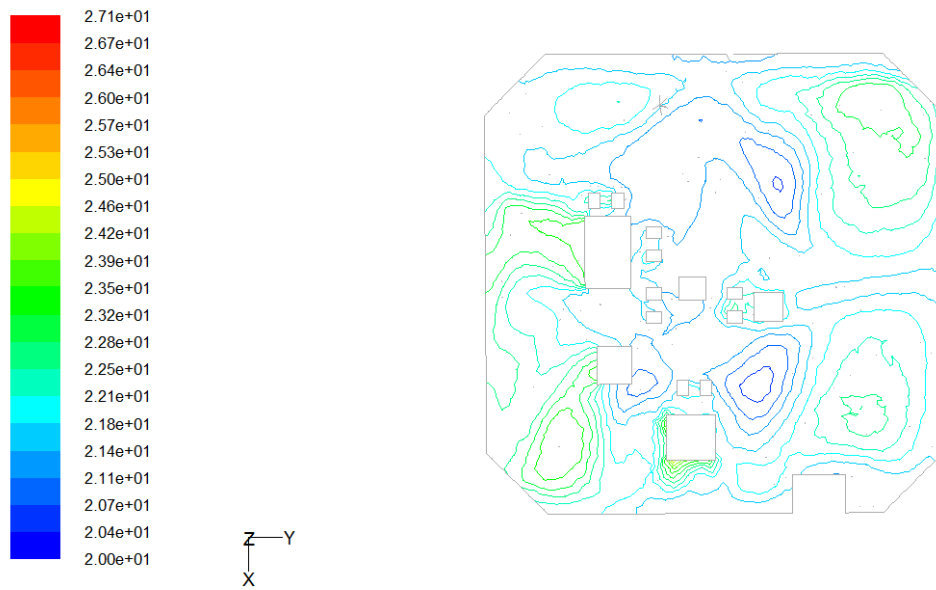


Şekil 4.20 Model 1 için Temmuz ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları (°C)

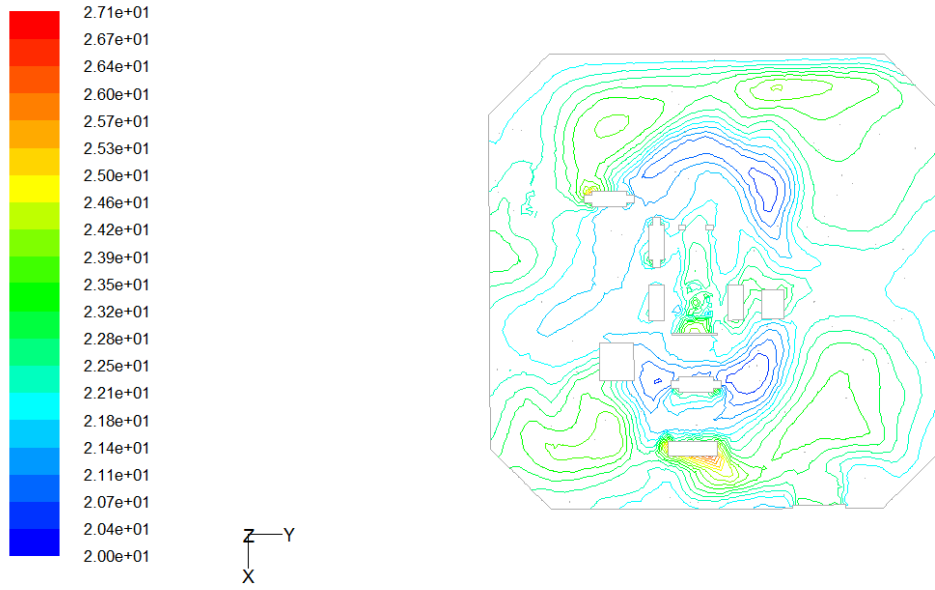


Şekil 4.21 Model 1 için Temmuz ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları (°C)

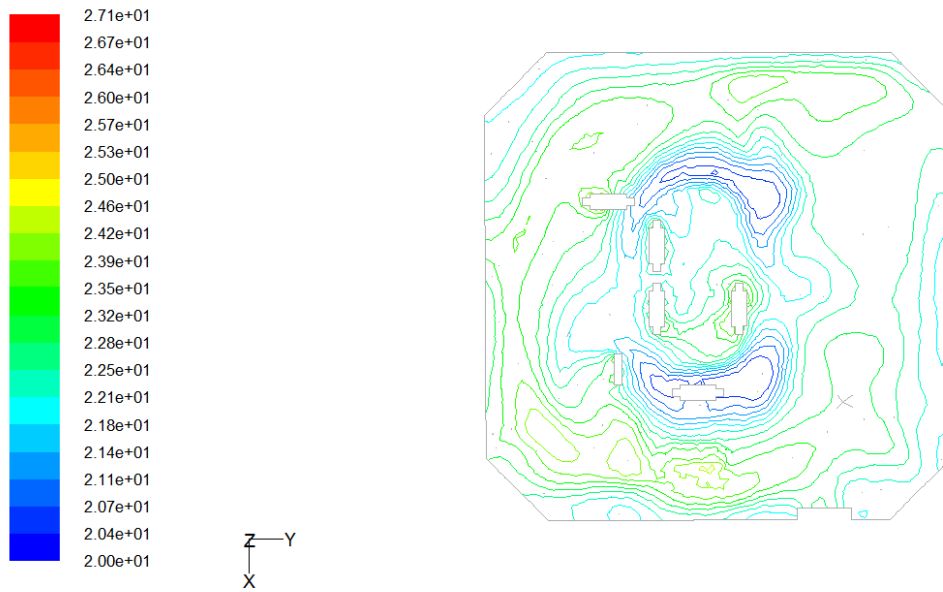
Şekil 4.22 - 4.24 incelendiğinde, üfleme menfezlerinin alt kısımlarında 20°C civarında sıcaklıklar, salonun genelinde 23°C sıcaklık görülmekte olup sıcaklığın katmanlı bir şekilde aşağıdan yukarıya doğru arttığı da anlaşılmaktadır. Şekil 4.22' de cerrahi alan üzerindeki mevcut ısının azaltılmasında sorun olduğu görülmektedir. Bu duruma da ameliyat lambalarının cerrahi alan üzerine konumlandırılmasının neden olduğu açıktır.



Şekil 4.22 Model 1 için Temmuz ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.23 Model 1 için Temmuz ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.24 Model 1 için Temmuz ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)

Şekil 4.25 - 4.29 incelendiğinde, x-1, x-4 ve x-5 düzlemlerinde laminar akış şartlarının sağlandığı görülmektedir. Salonun laminar akış olmayan kısımlarında düşük hızlı türbülanslı akış bölgeleri görülmektedir.

x-1 düzleminde; üfleme menfezi çıkışında 0.4 m/sn hızla çıkan havanın ameliyat lambasına çarptıktan sonra etrafa dağılarak hızının düştüğü, yardımcı personelin bel

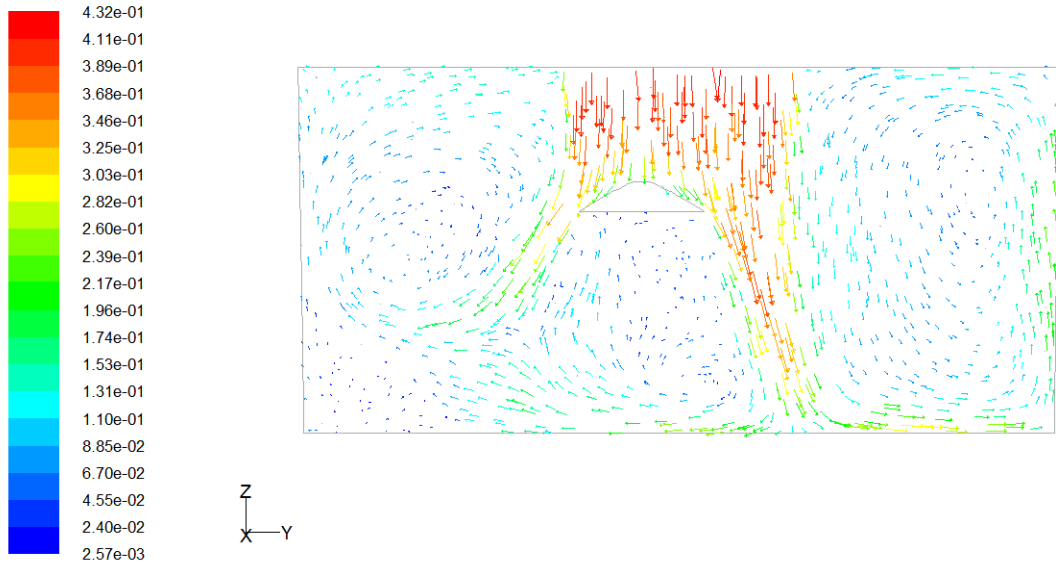
seviyesinde 0.15 m/sn, baş ve ayak kısımlarında 0.02 m/sn civarında düşük hızların oluştuğu görülmüştür.

x-2 ve x-3 düzlemlerinde; cerrahi alan üzerinde 0.03 m/sn civarında neredeyse durgun hava akışı, cerrahi alet masası üzerinde de 0.07 m/sn civarında düşük hızlı türbülanslı akış bölgelerinin oluştuğu görülmüştür. Mevcut durumda hastanın düşük hava hızları ve türbülanslı akış nedeniyle enfeksiyon kapma riski oluşmaktadır. Salonun diğer kısımlarında görülen farklı hava hızların oluşumunun, salon içinde yer alan cihazlara çarpan hava akımının ve emme menfezlerinin vakum etkisinin neden olduğu düşünülmektedir.

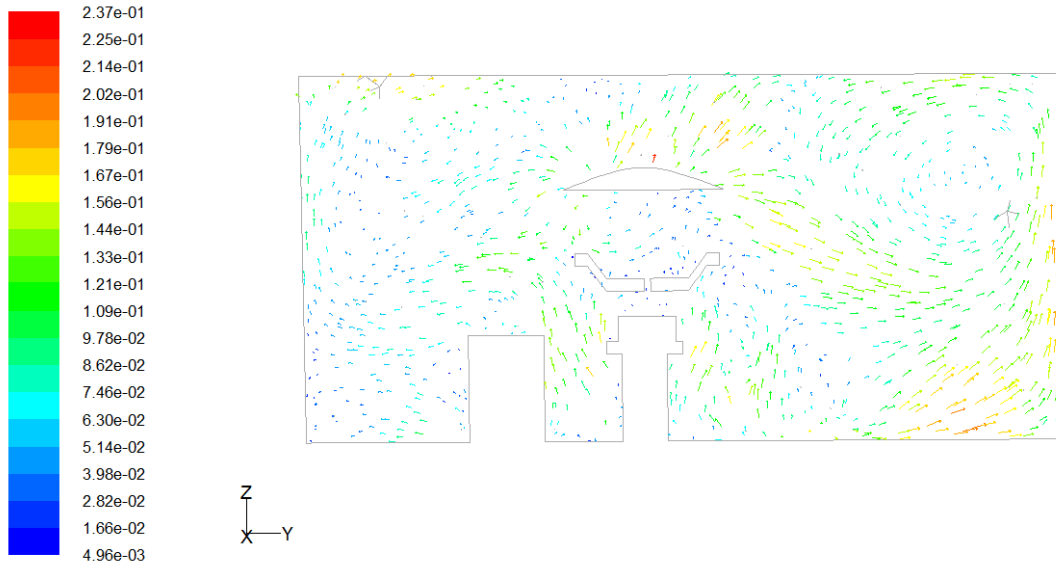
Ameliyat lambalarının cerrahi alanın üzerinde konumlandırılması nedeniyle koruma alanı üzerinde laminer akışın kesintiye uğradığı bu düzlemlerde de görülmektedir. Eğer ameliyat lambaları uygun yere konumlandırılırsa laminer akışın tam anlamıyla sağlanacağı düşünülmektedir.

x-4 düzleminde; salonun orta kısmında 0.4 m/sn hızında laminer akış bölgesi ve bu bölgenin etrafında sağ tarafta dönümlü hava bölgesinin oluştuğu görülüyor. Sol kısımda monitör ve standının laminer akış bölgesi etrafında dönümlü hava bölgesi oluşumunu engellediği görülmektedir. Sol üst kısım ve sağ orta kısımda ölü akış bölgeleri bulunmaktadır.

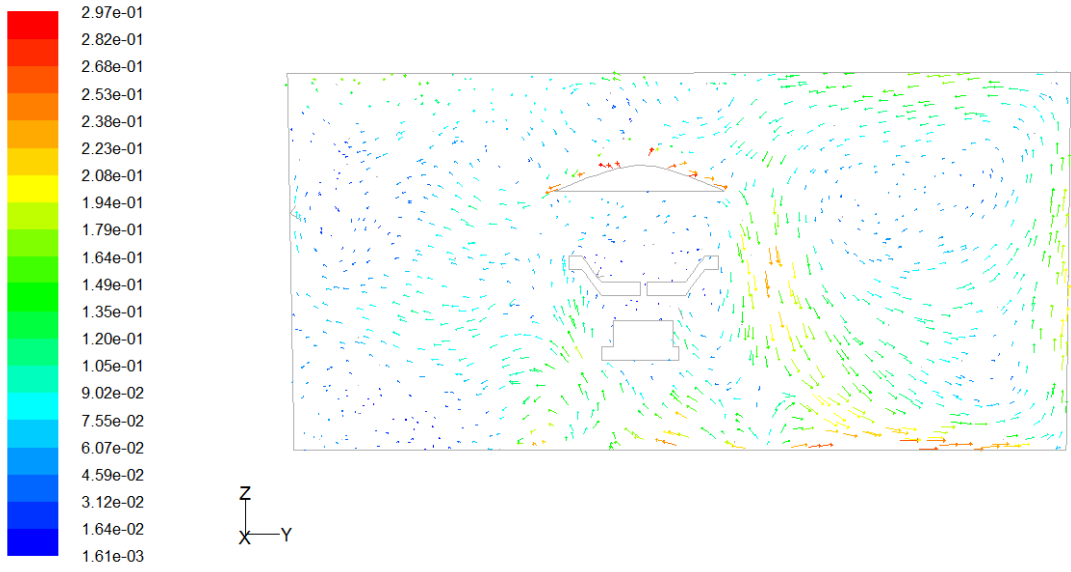
x-5 düzleminde; üfleme menfezinin çıkışındaki laminer hava akışı etkisini yitirmeye başlamış olup farklı hızlardaki düzensiz hava akış bölgeleri salonuna hakim durumdadır. Ölü akış bölgeleri bu kesitte de mevcuttur.



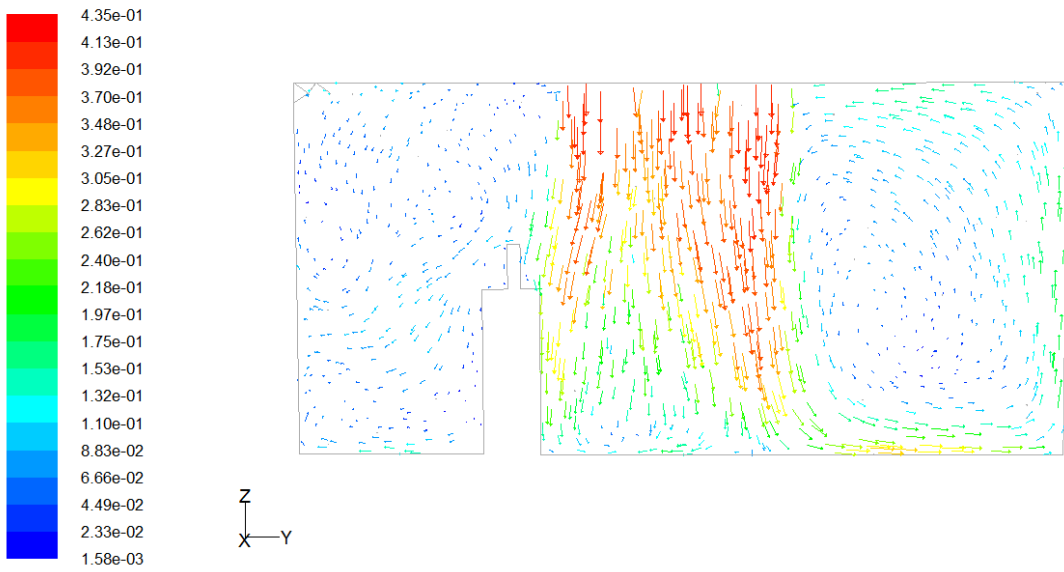
Şekil 4.25 Model 1 için Temmuz ayında x-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



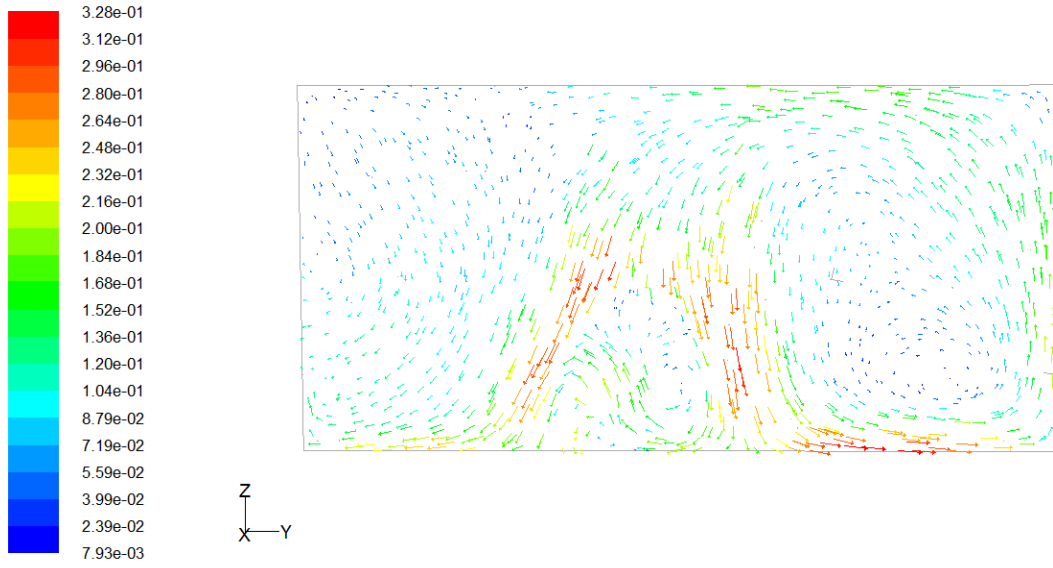
Şekil 4.26 Model 1 için Temmuz ayında x-2 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.27 Model 1 için Temmuz ayında x-3 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

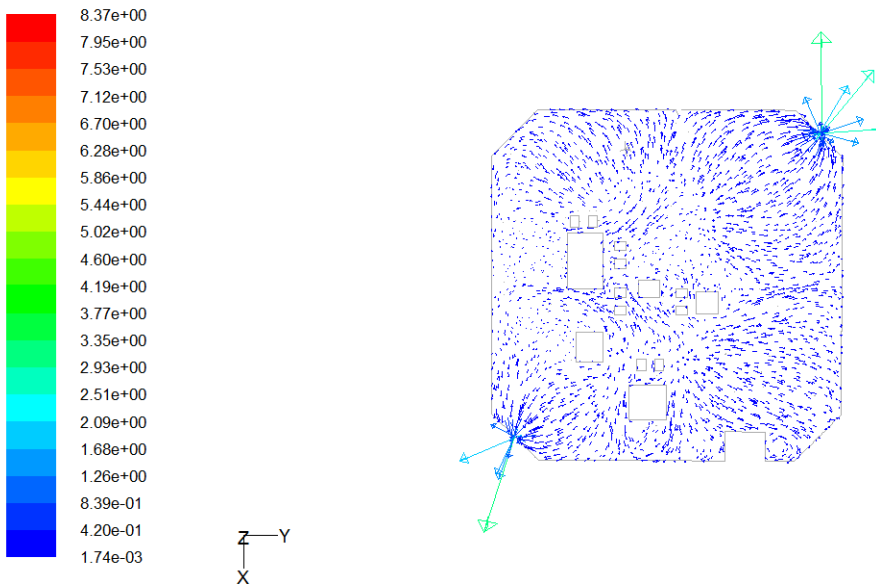


Şekil 4.28 Model 1 için Temmuz ayında x-4 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

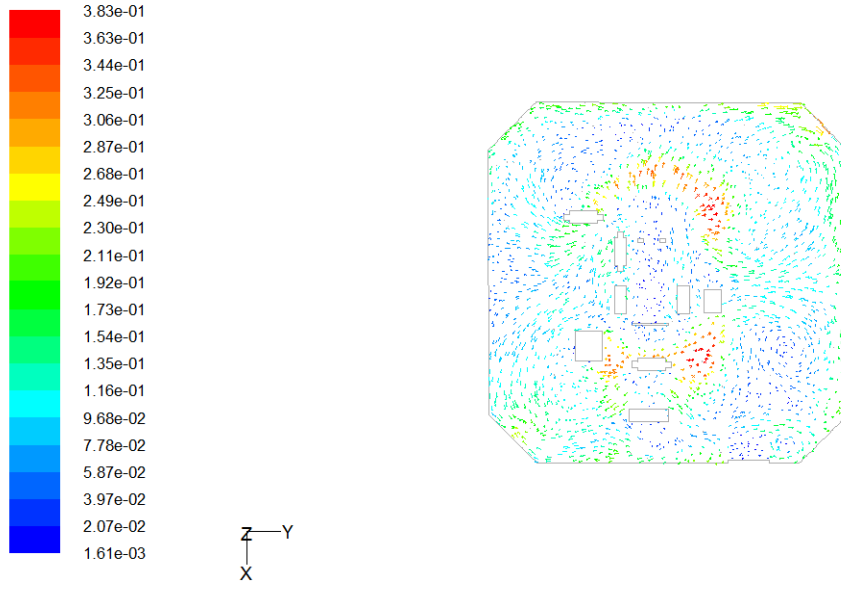


Şekil 4.29 Model 1 için Temmuz ayında x-5 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

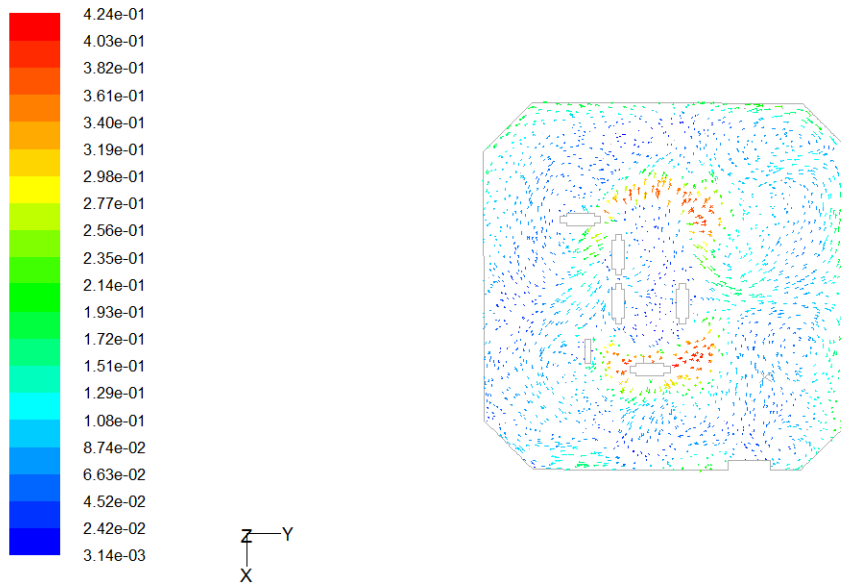
Şekil 4.30 - 4.32 incelendiğinde, z-1 düzleminde emme menfezleri girişinde çok yüksek değerde emme hızları kalan kısımlarda ise çok düşük hızlar mevcut olup z-2 ve z-3 düzlemlerinde ise personeli rahatsız edecek hızlar bulunmamaktadır.



Şekil 4.30 Model 1 için Temmuz ayında z-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.31 Model 1 için Temmuz ayında z-2 düzleminde hız vektörleri



Şekil 4.32 Model 1 için Temmuz ayında z-3 düzleminde hız vektörleri

4.2. Model 2 İçin FLUENT Analiz Sonuçları

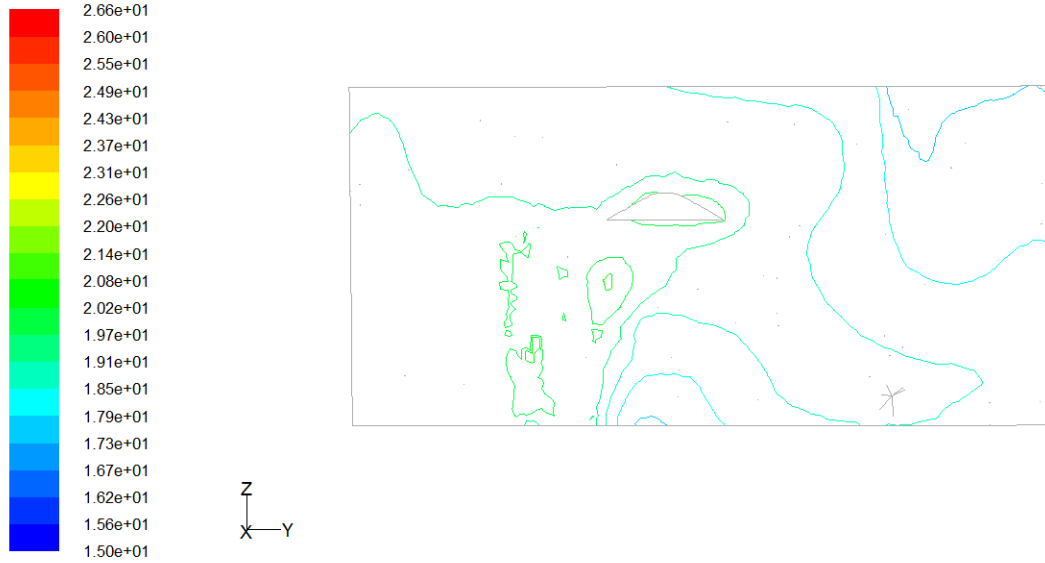
Model 2' de Ocak ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 15°C

Üfleme havası sıcaklığı : 21° C

Üfleme hızı 1 m/sn dir. Bu değerler ve izelge 2' deki ısı değerleri FLUENT' e girilerek 1 saatlik çalışma süresi sonuna kadar elde edilen sonuçlar ele alınarak incelenmiştir.

şekil 4.33 - 4.40 incelendiğinde, cerrahi alanda ve ameliyathane personelinin bulunduğu bölgede sıcaklığın 21°C civarında olduğu ve bu bölgede yerden personelin baş hizasına kadar olan seviyede sıcaklık değerlerinin standartlarda belirtilen sınırlara (17°C - 23°C) uygun olduğu dolayısıyla sıcaklık yönünden rahatsızlık verici bir durumun olmadığı görülmüştür. Aseptizör sağ tarafta olup üfleme menfezleri de sol kısma doğru üflediği için sıcaklık sağdan sola doğru katmanlı olarak artmaktadır. şekil 4.36 ve şekil 4.37' de aseptizör üfleme menfezleri çıkışlarında bahsedilen durum daha açık olarak görülmektedir.



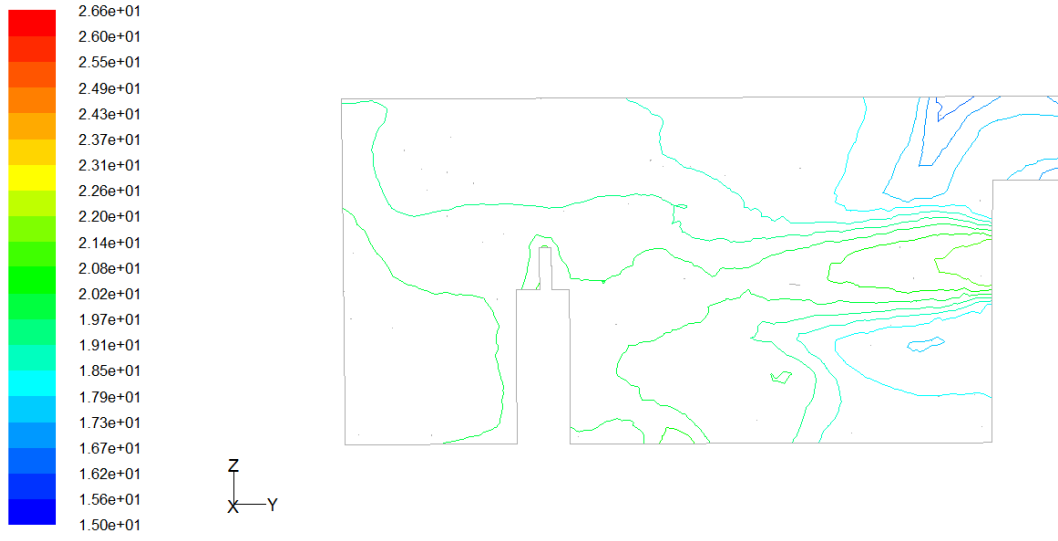
şekil 4.33 Model 2 için Ocak ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



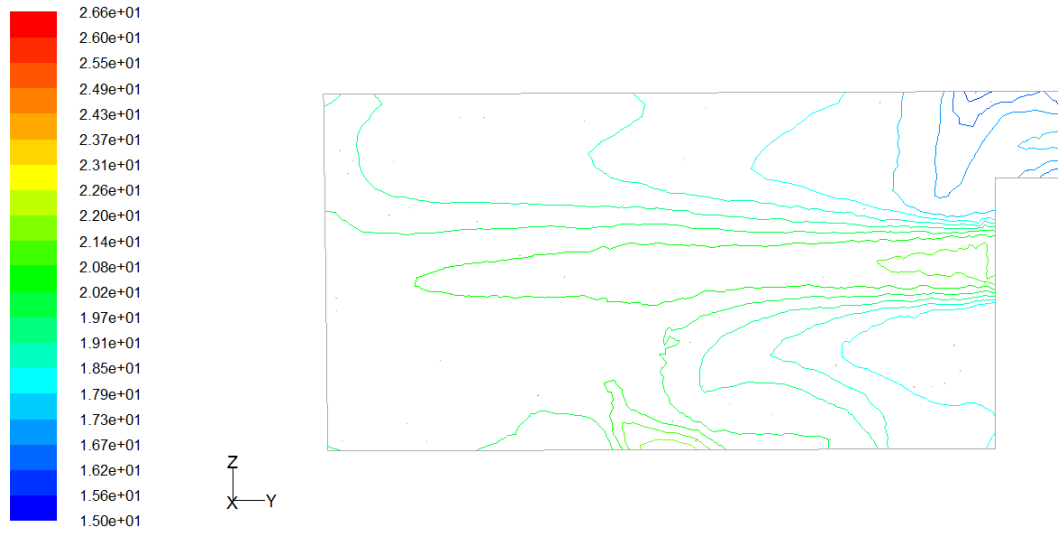
Şekil 4.34 Model 2 için Ocak ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



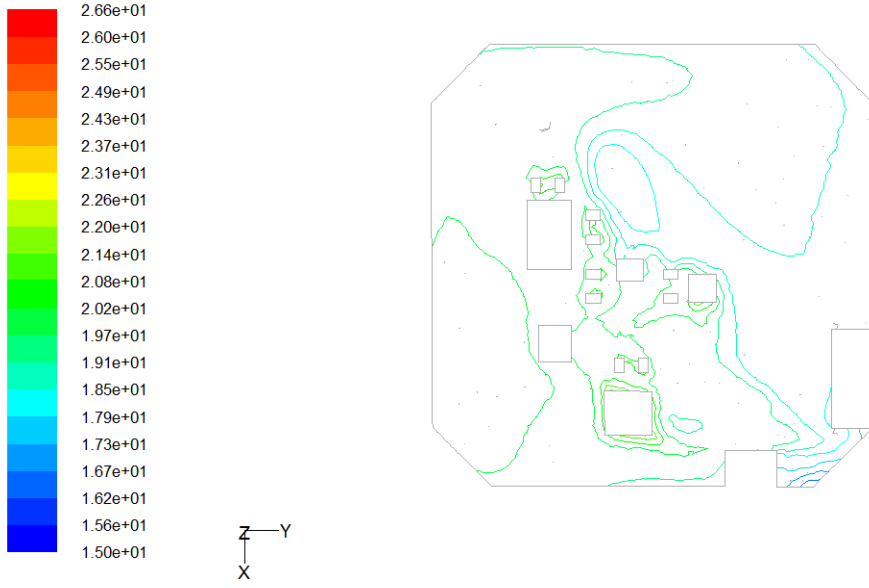
Şekil 4.35 Model 2 için Ocak ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



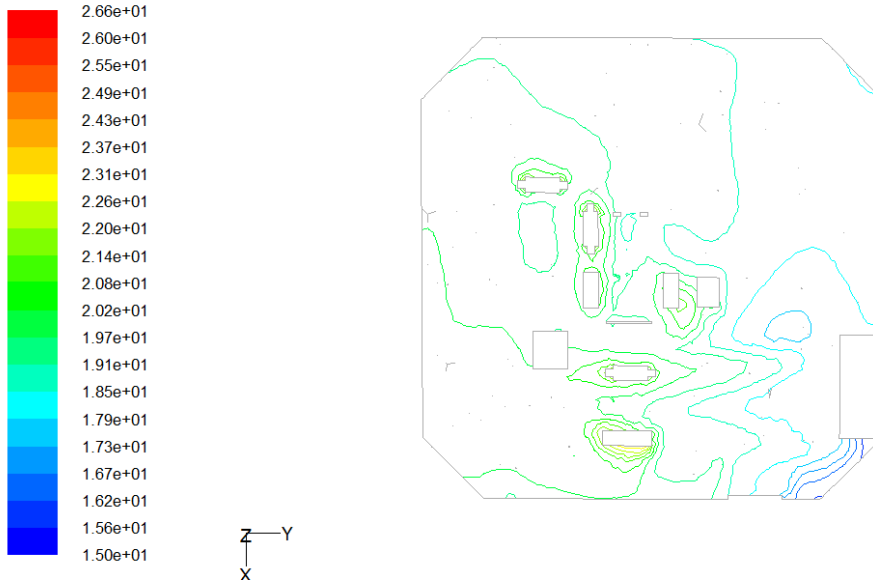
Şekil 4.36 Model 2 için Ocak ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



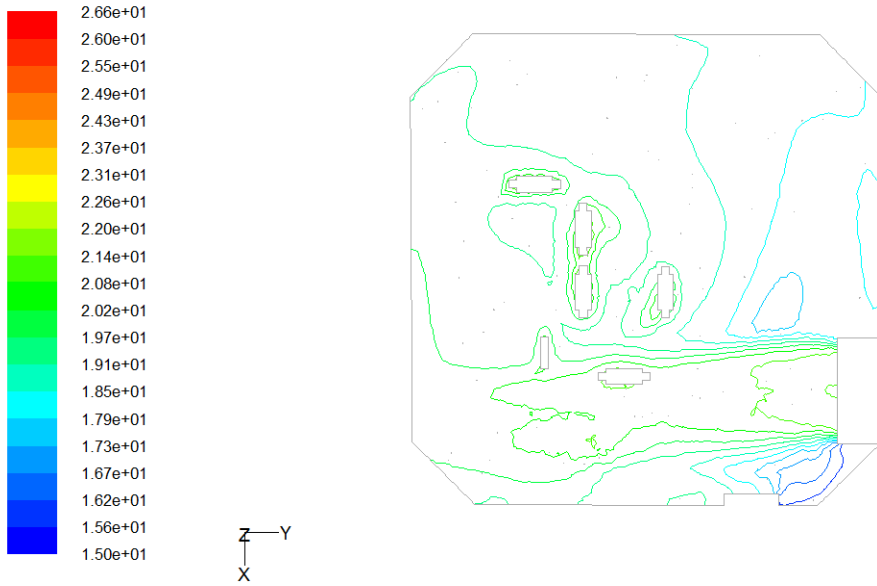
Şekil 4.37 Model 2 için Ocak ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.38 Model 2 için Ocak ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.39 Model 2 için Ocak ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.40 Model 2 için Ocak ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)

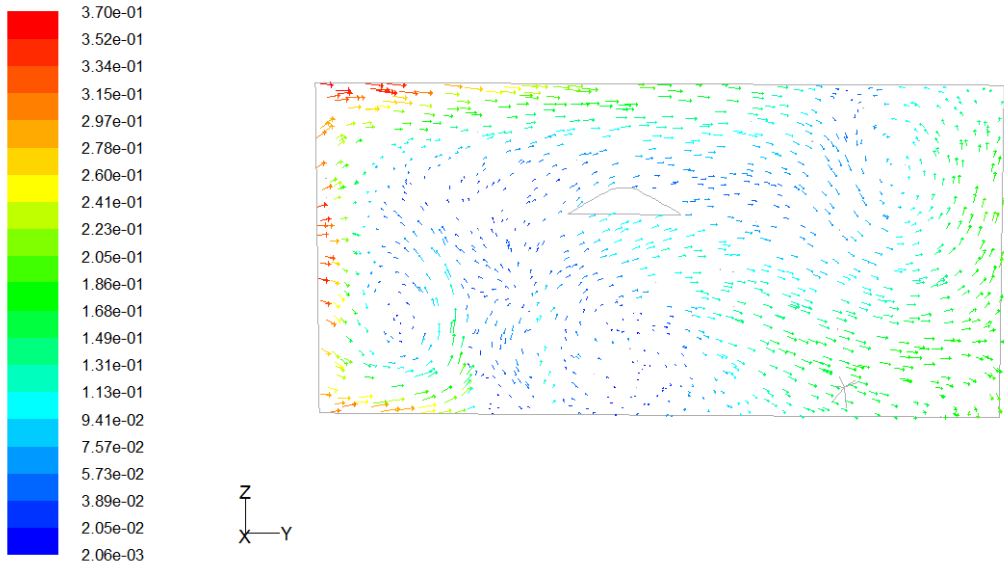
Şekil 4.41 - 4.45 incelendiğinde, x-1, x-2 ve x-3 düzlemlerindeki kesitlerde aseptizör cihazının karşısında bulunan duvar boyunca türbülanslı akışların oluştuğu görülmektedir.

x-1 düzleminde; 0.1 m/sn civarında düşük hızlı türbülanslı hava akışı bölgeleri görülmektedir. Ölü akış bölgeleri oluşumu dolayısıyla enfeksiyon riski artmaktadır. Sağ üst kısımda ve sol alt kısımda küçük döngüler, orta kısımda ise ölü akış bölgeleri gözlemlenmektedir.

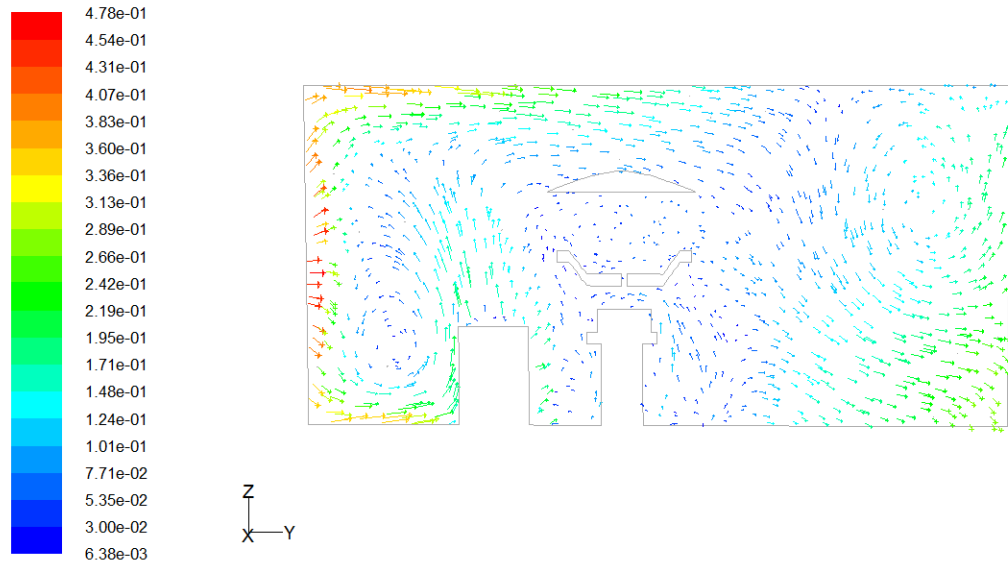
x-2 düzleminde; cerrahi alet masası ve salonun sağ üst kısmında 0.1 m/sn civarında hıza sahip hava döngüleri, cerrahi alan üzerinde de yine aynı hızda türbülanslı hava akış bölgesi görülmektedir.

x-3 düzleminde; sağ kısımda aseptizörün emme menfezi girişinde 0.9 m/sn hızında vakum edilen havanın oluşturduğu vakum bölgesi, uzman doktorun sırtı ile duvar arasında kalan kısımda 0.1 m/sn hıza sahip büyük bir döngü gözlemlenmektedir.

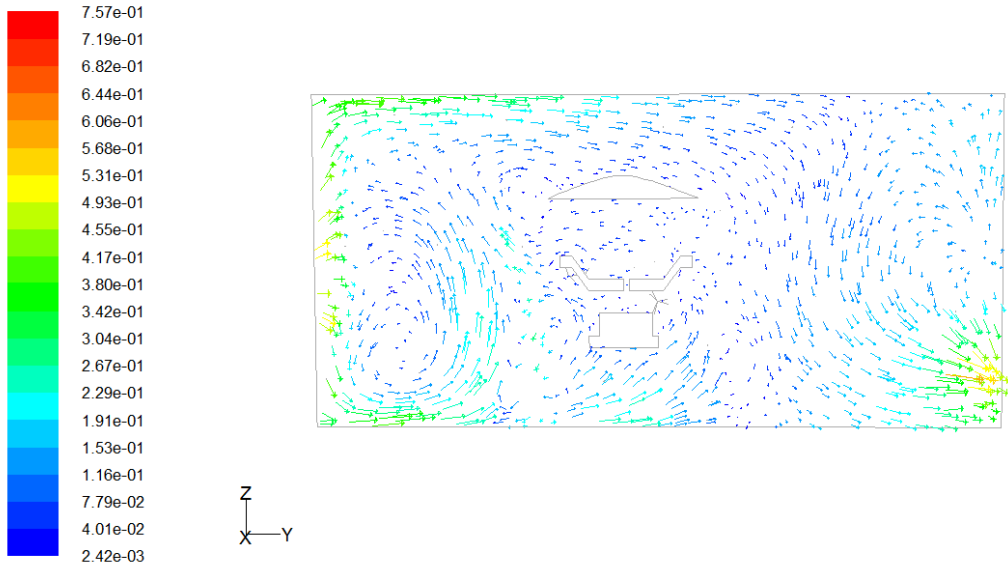
x-4 ve x-5 düzlemlerinde yüksek hızlı, laminer akışlı bölge dikkat çekmekte olup monitör ve standı arkasında, laminer akış bölgesinin alt ve üst kısmında 0.1 m/sn ortalama hıza sahip hava döngüleri görülmektedir. Buradaki laminer akışın bir önemi yoktur çünkü oluşan laminer havanın cerrahi alandaki kontaminasyonun uzaklaştırılmasına bir faydası olmamaktadır. Ayrıca anesteziğin maruz kaldığı 1 m/sn 'lik yüksek hava akış hızları konfor şartları sınırının çok üzerinde olup anesteziğin bu durumdan rahatsız olduğu açıktır.



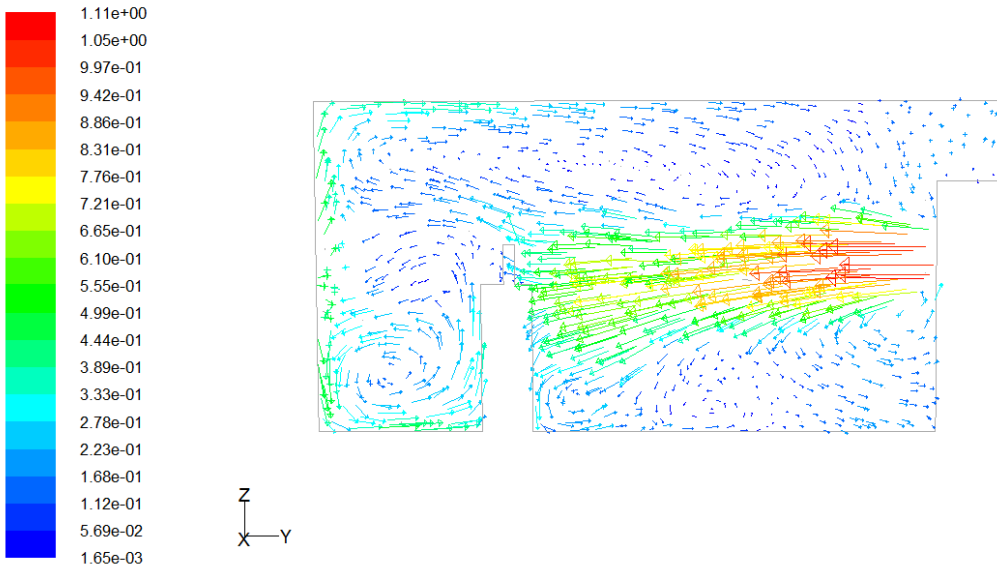
Şekil 4.41 Model 2 için Ocak ayında x-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



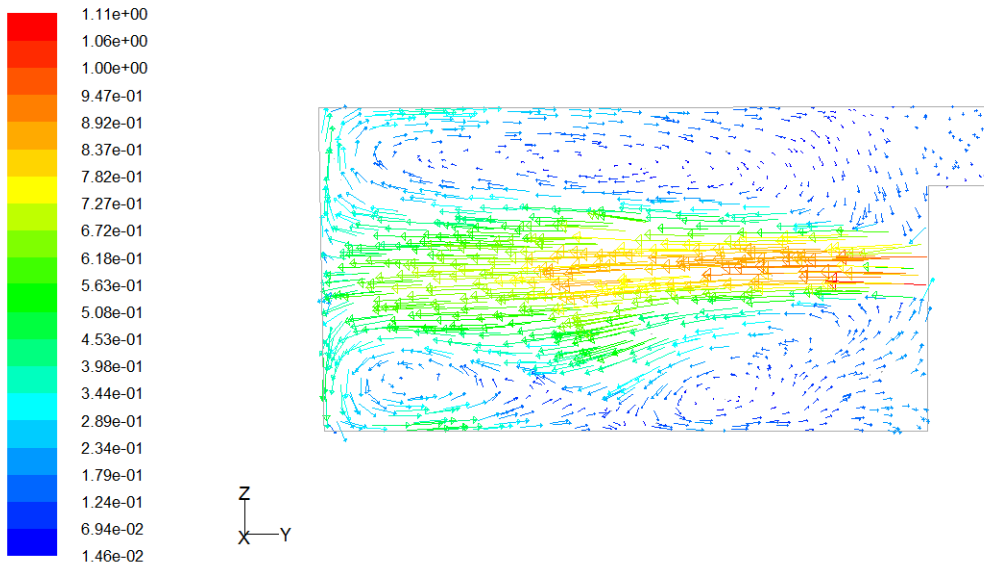
Şekil 4.42 Model 2 için Ocak ayında x-2 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.43 Model 2 için Ocak ayında x-3 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

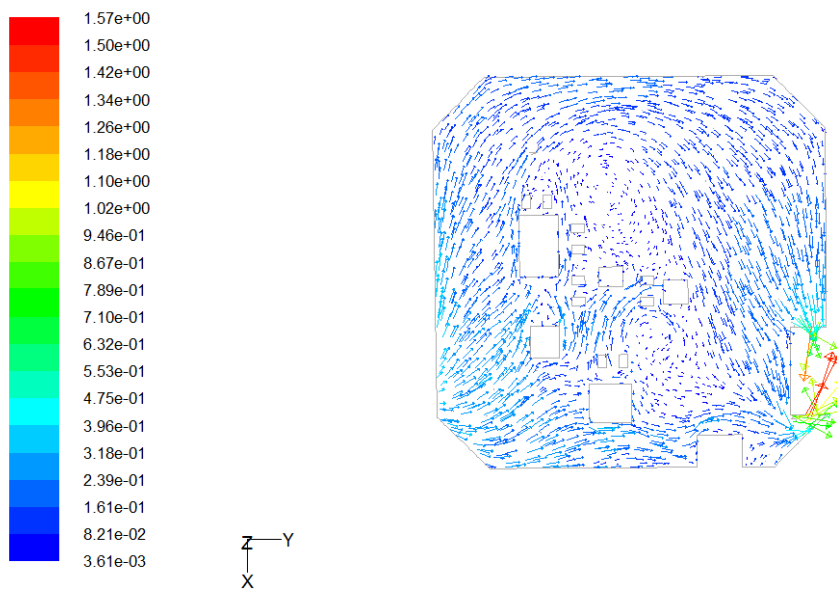


Şekil 4.44 Model 2 için Ocak ayında x-4 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

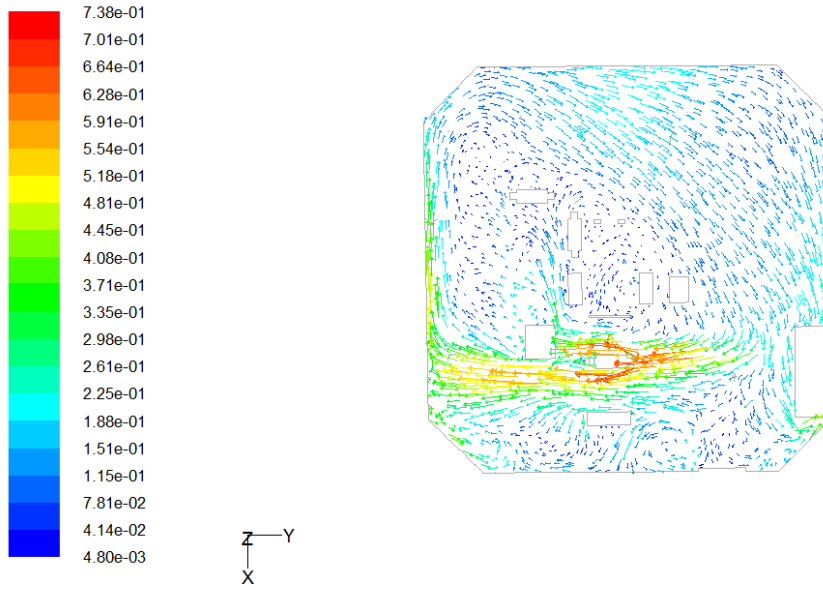


Şekil 4.45 Model 2 için Ocak ayında x-5 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

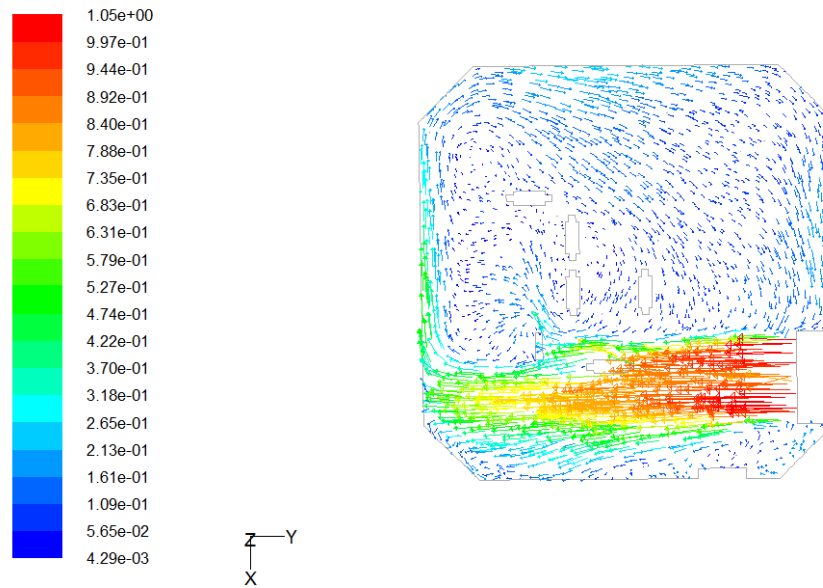
Şekil 4.46 - 4.48 incelendiğinde, z-1 düzleminde emme menfezleri girişinde 1.69 m/sn hıza ulaşabilen çok yüksek emiş hızları kalan kısımlarda ise emme menfezleri girişindeki hızlara nispeten düşük 0.1 m/sn civarında hızlar mevcut olup z-2 ve z-3 düzlemlerinde ise 1m/sn civarında anestezisti rahatsız edecek hızların oluşması neticesinde konforsuzluk yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu düzlemlerde salonun diğer kısımlarında 0.1 m/sn civarında neredeyse durgun hava akışı bölgeleri önemli enfeksiyon riski oluşturmaktadır.



Şekil 4.46 Model 2 için Ocak ayında z-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.47 Model 2 için Ocak ayında z-2 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.48 Model 2 için Ocak ayında z-3 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

Model 2' de Temmuz ayı için ;

Ortam havası sıcaklığı : 25°C

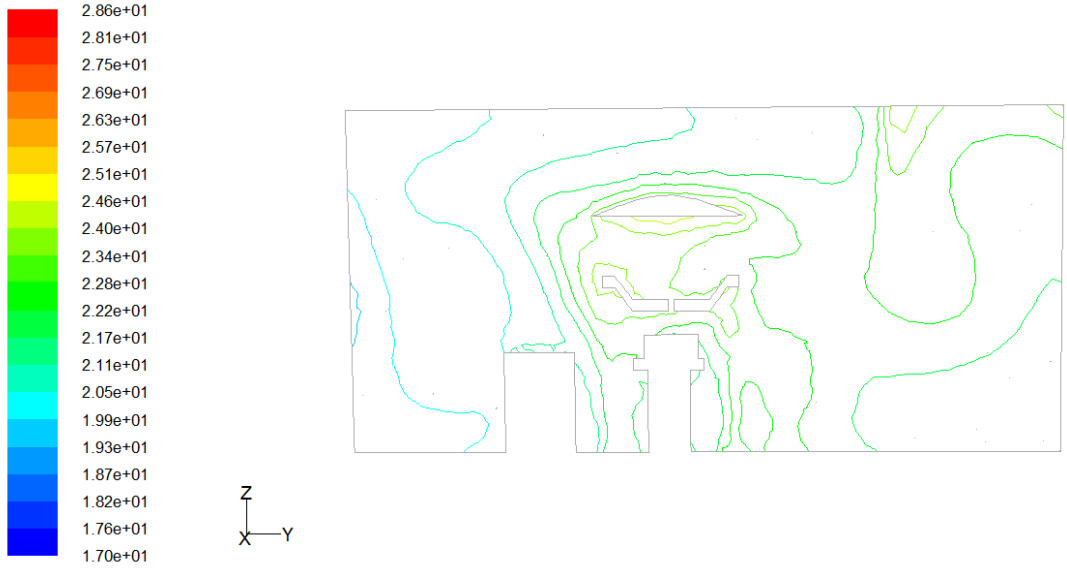
Üfleme havası sıcaklığı : 17°C

Üfleme hızı 1 m/sn dir. Bu değerler ve Çizelge 2' deki ısı değerleri FLUENT' e girilerek 1 saatlik çalışma süresi sonuna kadar elde edilen sonuçlar ele alınarak incelenmiştir.

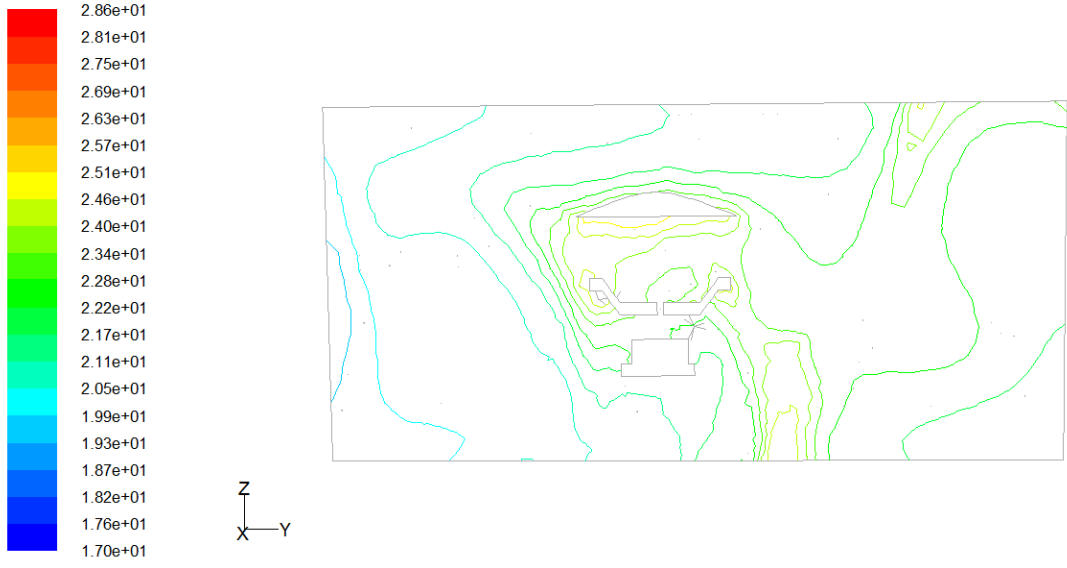
Şekil 4.49 - 4.56 incelendiğinde, cerrahi alanda ve ameliyathane personelinin bulunduğu bölgede sıcaklığın 22°C civarında olduğu ve bu bölgede yerden personelin baş hizasına kadar olan seviyede sıcaklık değerlerinin standartlarda belirtilen sınırlara (17°C - 23°C) uygun olduğu dolayısıyla sıcaklık yönünden rahatsızlık verici bir durumun olmadığı görülmüştür. Aseptizör sağ tarafta olup üfleme menfezleri de sol kısma doğru üflediği için sıcaklık sağdan sola doğru katmanlı olarak azalmaktadır. Şekil 4.52 ve Şekil 4.53' de aseptizör üfleme menfezleri çıkışlarında bahsedilen durum görülmektedir. Şekil 4.55 ve Şekil 4.56' da z düzlemlerinde aseptizör üfleme menfezleri çıkışından üflenmiş havanın salon içerisindeki sıcaklığa etkisi görülmektedir.



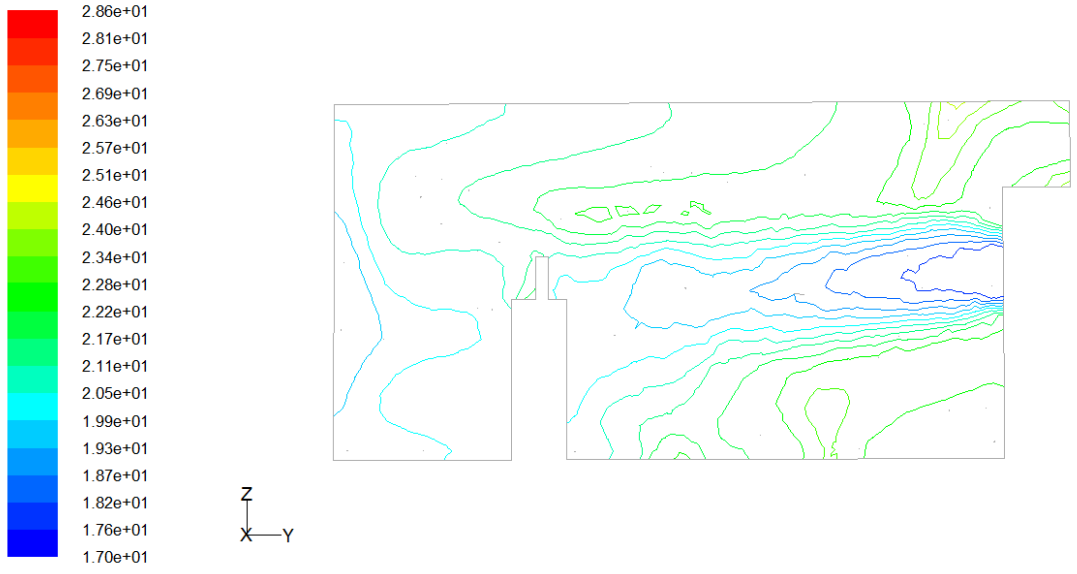
Şekil 4.49 Model 2 için Temmuz ayında x-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



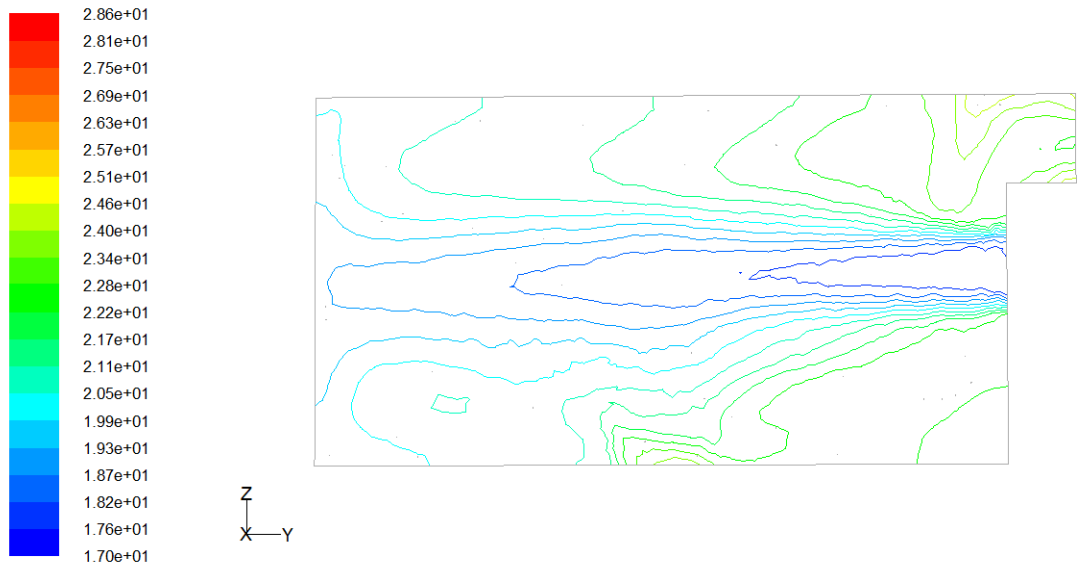
Şekil 4.50 Model 2 için Temmuz ayında x-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.51 Model 2 için Temmuz ayında x-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



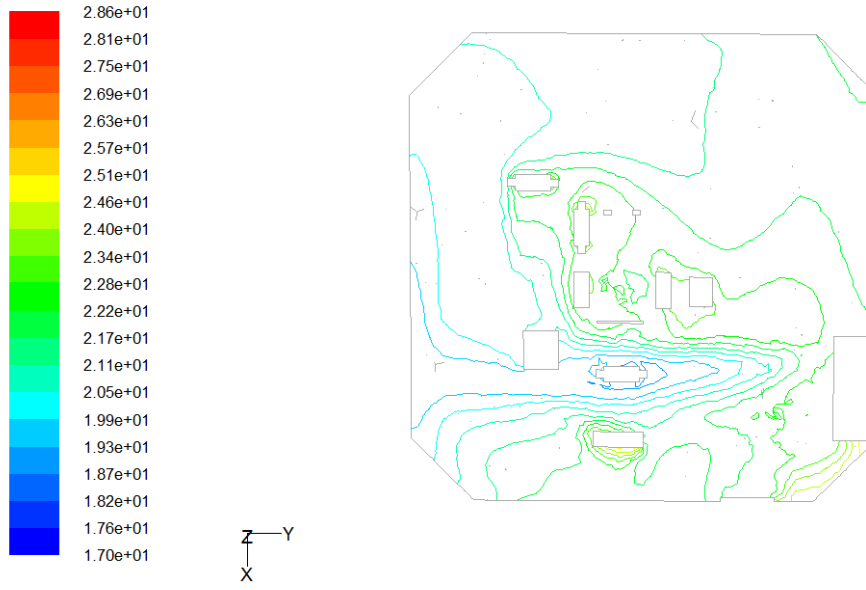
Şekil 4.52 Model 2 için Temmuz ayında x-4 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



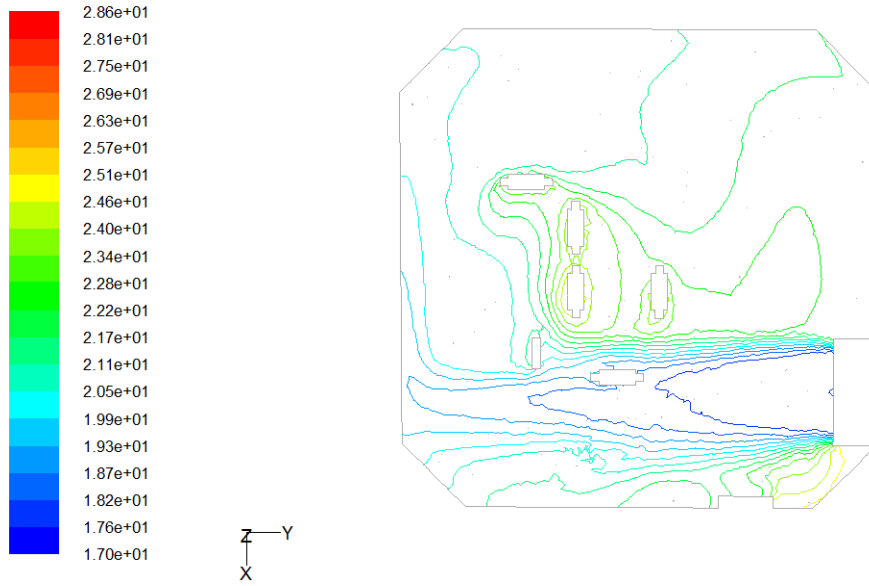
Şekil 4.53 Model 2 için Temmuz ayında x-5 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.54 Model 2 için Temmuz ayında z-1 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.55 Model 2 için Temmuz ayında z-2 düzleminde sıcaklık konturları (°C)



Şekil 4.56 Model 2 için Temmuz ayında z-3 düzleminde sıcaklık konturları (°C)

Şekil 4.57 - 4.61 incelendiğinde, x-1, x-2 ve x-3 düzlemlerindeki kesitlerde aseptizör cihazının karşısında bulunan duvar boyunca türbülanslı akışların oluştuğu görülmektedir. Cerrahi alan üzerinde laminer akışın sağlanmadığı da açıkça görülmektedir.

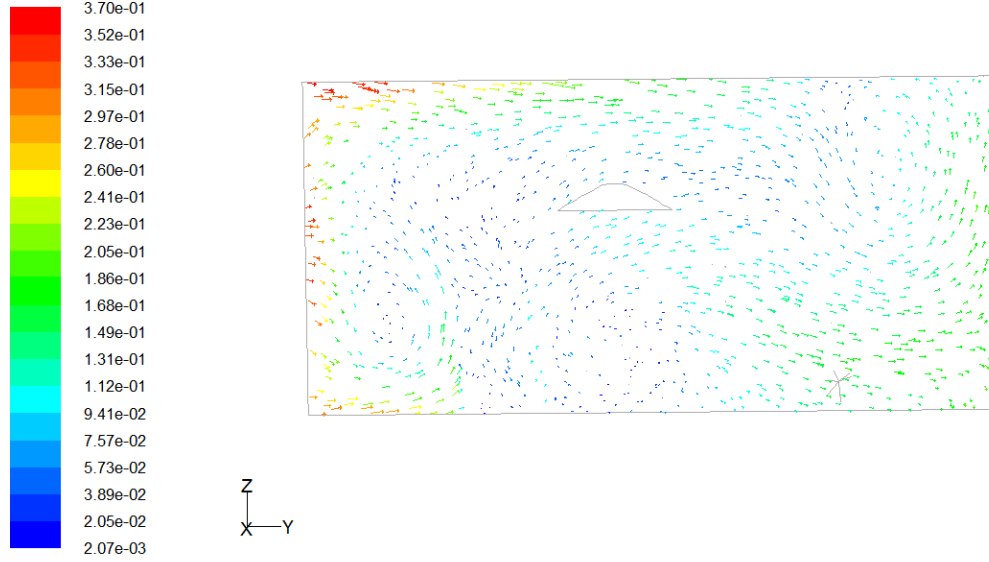
x-1 düzleminde; 0.1 m/sn civarında düşük hızlı türbülanslı hava akışı bölgeleri görülmektedir. Ölü hava bölgeleri oluşumu dolayısıyla enfeksiyon bulaşma riski mevcuttur.

x-2 düzleminde; cerrahi alet masası ve salonun sağ üst kısmında 0.1 m/sn civarında hıza sahip hava döngüleri, cerrahi alan üzerinde de yine aynı hızda türbülanslı hava akış bölgesi görülmektedir.

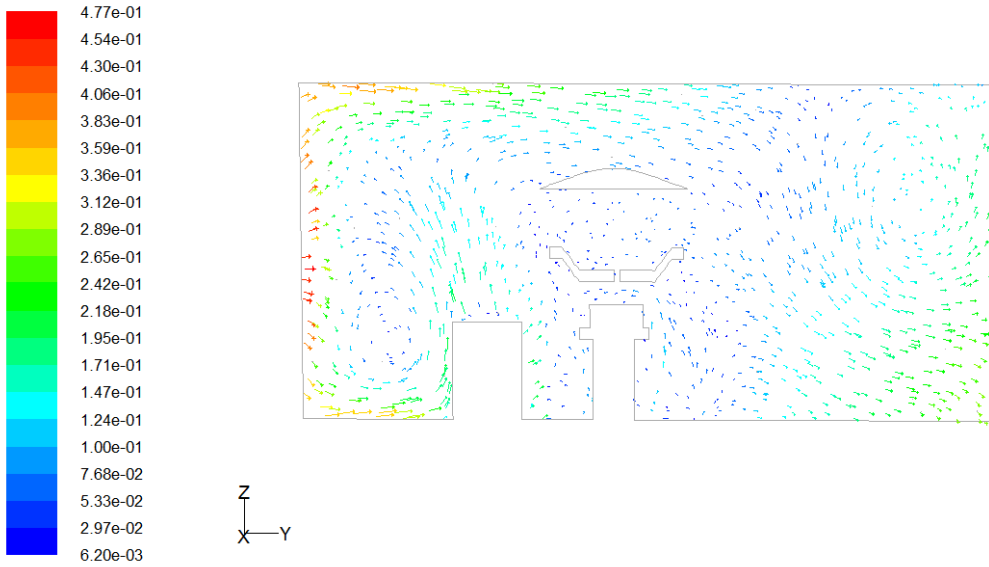
x-3 düzleminde; sağ kısımda aseptizörün emme menfezi girişinde 0.9 m/sn hızında vakum edilen havanın oluşturduğu vakum bölgesi, uzman doktorun sırtı ile duvar arasında kalan kısımda 0.1 m/sn hıza sahip büyük bir döngü gözlemlenmektedir.

x-4 ve x-5 düzlemlerinde 1 m/sn hızında laminer akışlı bölge dikkat çekmekte olup monitör ve standı arkasında, laminer akış bölgesinin alt ve üst kısmında 0.1 m/sn ortalama hızına sahip hava döngüleri görülmektedir. Laminer akışın sadece aseptizör çıkışında olmasının bir önemi yoktur çünkü oluşan laminer havanın cerrahi alandaki kontaminasyonun uzaklaştırılmasına bir faydası olmamaktadır. Bu kesitlerde de Ocak ayındaki modelde olduğu gibi anesteziistin maruz kaldığı 1 m/sn' lik yüksek hava akış

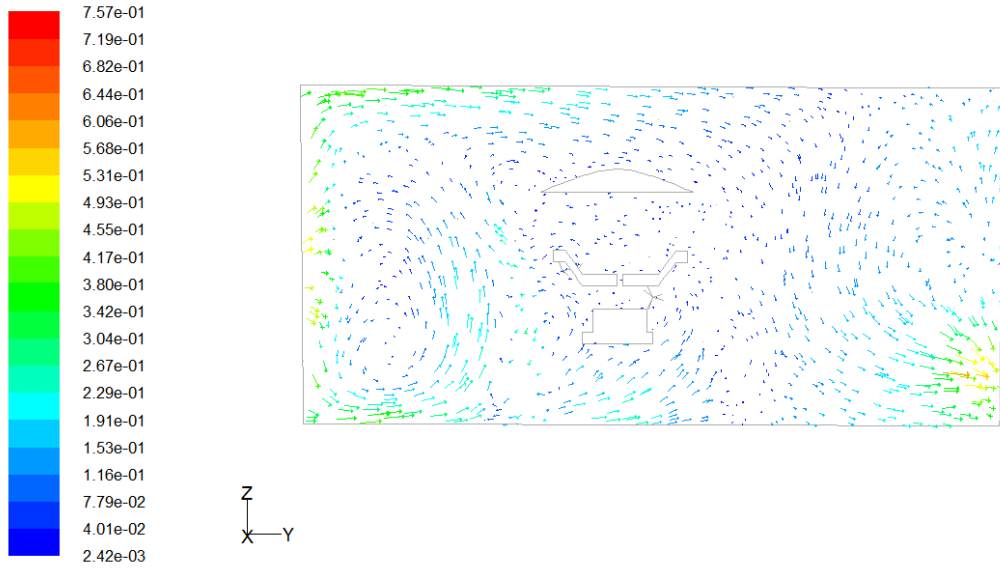
hızları konfor şartları sınırının çok üzerinde olup anesteziğin bu durumdan rahatsız olduğu açıktır.



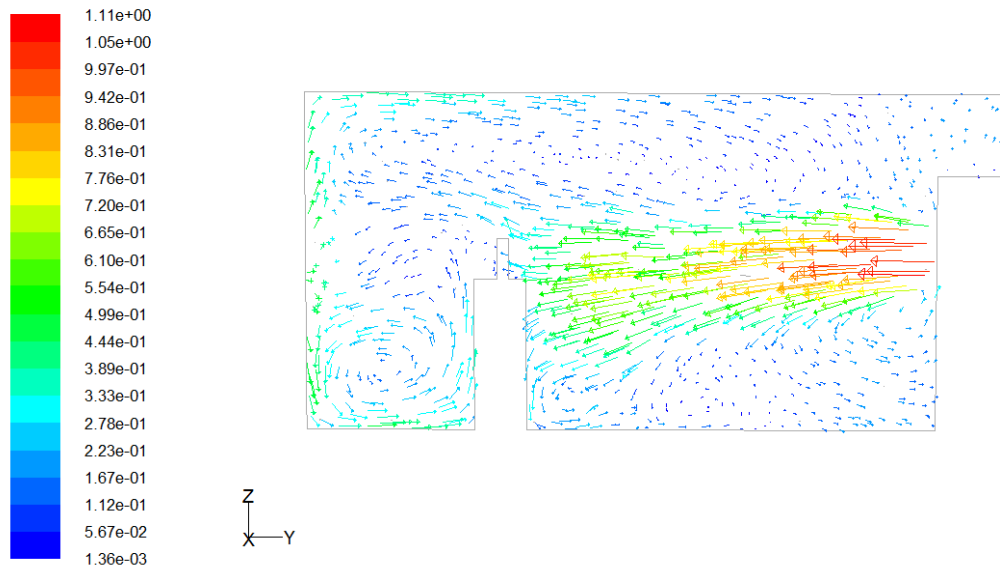
Şekil 4.57 Model 2 için Temmuz ayında x-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



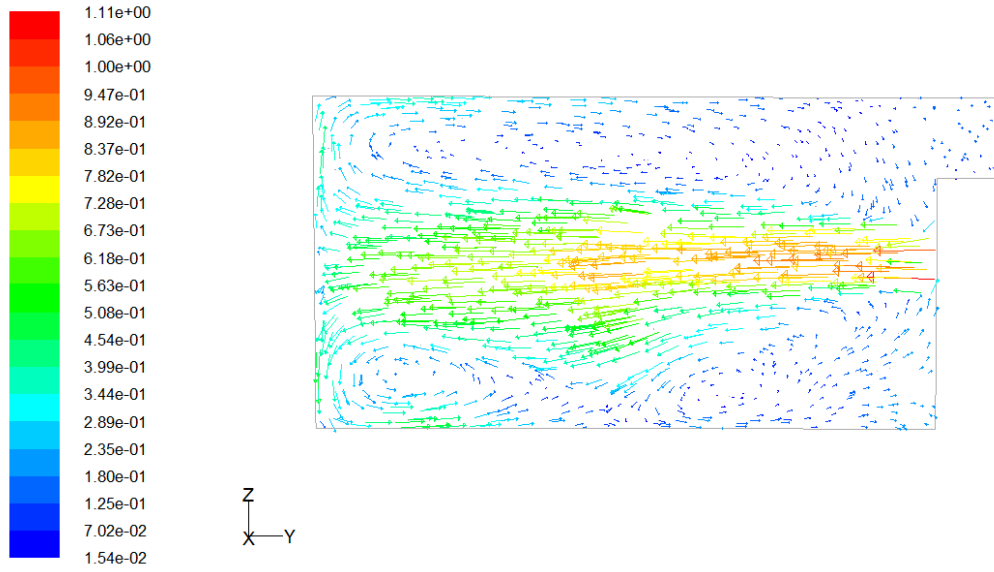
Şekil 4.58 Model 2 için Temmuz ayında x-2 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.59 Model 2 için Temmuz ayında x-3 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

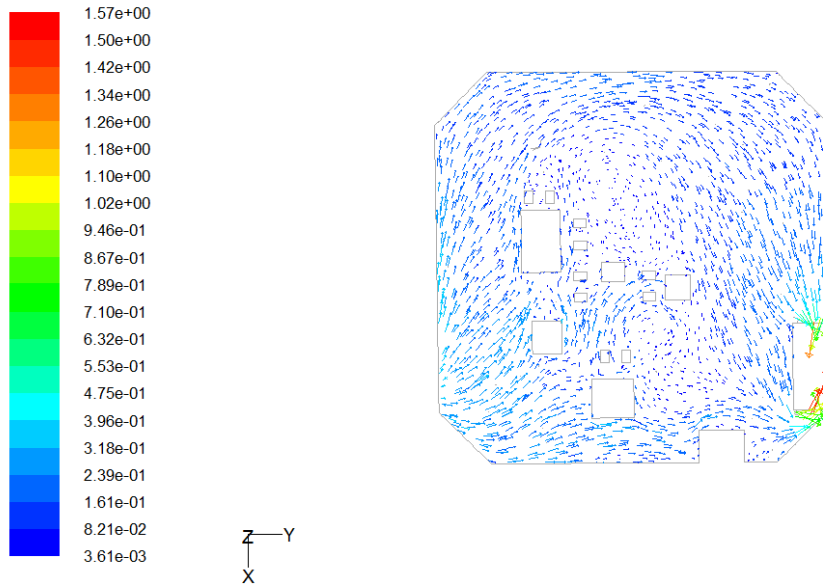


Şekil 4.60 Model 2 için Temmuz ayında x-4 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

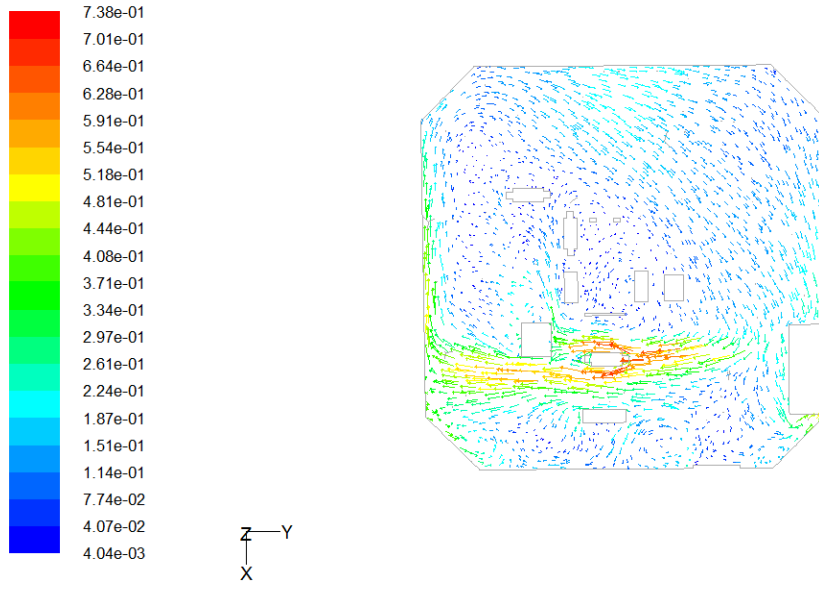


Şekil 4.61 Model 2 için Temmuz ayında x-5 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

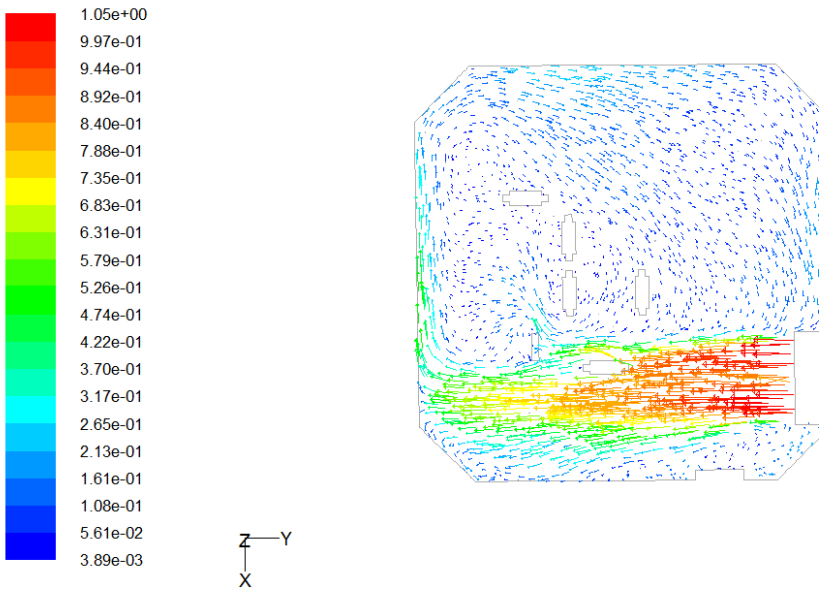
Şekil 4.62 - 4.64 incelendiğinde, z-1 düzleminde aseptizörün emme menfezleri girişinde 1.69 m/sn hıza ulaşabilen çok yüksek emiş hızları kalan kısımlarda ise emme menfezleri girişindeki hızlara nispeten düşük 0.1 m/sn civarında hızlar mevcut olup z-2 ve z-3 düzlemlerinde ise 1 m/sn civarında anesteziyi rahatsız edecek hızların oluşması neticesinde konforsuzluk yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu düzlemlerde salonun diğer kısımlarında 0.1 m/sn civarında neredeyse durgun hava akışı bölgeleri önemli enfeksiyon riski oluşturmaktadır.



Şekil 4.62 Model 2 için Temmuz ayında z-1 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.63 Model 2 için Temmuz ayında z-2 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri



Şekil 4.64 Model 2 için Temmuz ayında z-3 düzleminde m/sn biriminden hız vektörleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir ameliyathane salonu iki ayrı modelde FLUENT paket programı ile sayısal olarak çözülmüştür. Birinci modelde tavandan üfleme, kenarlardan emme menfezleri ile hava emme şeklinde çalışan sistem x düzleminde beş, z düzleminde üç kesitte incelenmiştir. İkinci modelde aseptizör cihazı ile üfleme ve emme yapılması şeklinde çalışan sistem x düzleminde beş, z düzleminde üç kesitte incelenmiştir. Ameliyat salonunun fiziksel ölçülerine göre bu kesit sayılarının inceleme yapmak için yeterli olduğu kanısına varılmıştır.

Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, standartlara ve literatürdeki çalışmaların sonuçlarına da uygun olarak ameliyathanelerde en uygun havalandırma tekniğinin tavandan üfleme, yan duvarlardan emme menfezleri vasıtasıyla iklimlendirme olduğu görülmüştür.

Model 1 olarak tasarlanan tavandan üfleme, kenarlardan emme menfezleri ile hava emilen modelde incelenen kesitlerde, ameliyat lambalarının cerrahi alan üzerinde konumlandırılması sonucu ölü akış bölgelerinin oluştuğu ve düzensiz akışların meydana geldiği görülmüştür. Cerrahi alan üzerinde laminer akışın kesintiye uğraması sebebiyle cerrahi yara enfeksiyonu gelişiminin mümkün olabileceği görülmüştür. Bu sebeple, laminer akışın cerrahi alan ve ameliyat personelinin içerisinde bulunduğu koruma alanı içerisinde kesintiye uğramaması için ameliyat lambalarının cerrahi alan üzerinde konumlandırılmaması gerekmektedir. Yine benzer şekilde monitör, cerrahi alet masası, koter vb. cihazlar tavandan askılı olmadığı için hava sirkülasyonunun engellendiği ve ölü akış bölgelerinin oluştuğu görülmüş olup ameliyat salonu içindeki cihazların mümkünse tavandan askılı olmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Bu modelde incelenen kesitlerde salondaki sıcaklık değerlerinin personeli ve hastayı rahatsız edici değerler olmadığı görülmüştür. Yine aynı modelde üfleme hızı uygun olduğu için hava akış hızlarının da rahatsız edici seviyelerde olmadığı tespit edilmiştir.

Model 2 olarak tasarlanan aseptizör cihazı ile iklimlendirme yapılan modelde incelenen kesitlerde, yüksek değerdeki hava akış hızı nedeniyle ameliyathane personelinin konforsuzluk yaşadığı, cerrahi alan üzerinde laminer akışın sağlanamaması nedeniyle cerrahi yara enfeksiyonu gelişiminin mümkün olabileceği görülmüştür. Bu modelde de 1. modele benzer şekilde monitör, cerrahi alet masası, koter vb. cihazlar

tavandan askılı olmadığı için hava sirkülasyonunun engellendiği ve ölü akış bölgelerinin oluştuğu görülmüştür. Ölü akış bölgelerinin oluşumuna aseptizör cihazının yerinin, üfleme menfezleri ve emme menfezlerinin konumunun neden olduğu düşünülmektedir.

Aseptizör cihazı ameliyathane salonu içerisinde yer aldığı için filtrelerinin bakımı ve değiştirilmesi esnasında filtrelerdeki partiküllerin salona dökülmesi sonucu ameliyathanede enfeksiyon üreme riski mevcuttur. Ayrıca aseptizör cihazı emme girişinde emilen havanın nemini almaya yönelik bir düzenek olmadığından aseptizör içerisindeki havanın yoğunlaşması ve bunun neticesinde cihaz içinde nem oluşumu nedeniyle enfeksiyon üreme riski bulunmaktadır.

Mevcut durumda, incelenen aseptizör cihazı ameliyathane salonu içerisinde yer aldığı için standartlarda belirtilen 40 dB' lik gürültünün neredeyse iki katı olan 68 dB civarında bir gürültünün oluştuğu yapılan gürültü testinden anlaşılmıştır. Aşırı gürültülü ortamdaki ameliyathane personelinin rahatsız olduğu, cerrahların oluşan gürültü nedeniyle kimi zaman aseptizörün kapatılmasını istediği ve kapattığı ilgili personelle yapılan mülakattan öğrenilmiştir. Aseptizörün kapatıldığı durumlarda enfeksiyon bulaşma riski oluşumu ile ilgili ne kadar sıkıntılı durumların ortaya çıkabileceği açıktır.

Son olarak aseptizör cihazının standartların belirttiği şekilde cerrahi alan üzerinde ve ameliyat personelinin içerisinde bulunduğu koruma alanında laminer hava akımı oluşturmadığı, cihaz ameliyathane salonu içerisinde bulunduğundan tamir ve bakım zamanlarında, cihaz içinde nemli ortam oluşumu hallerinde enfeksiyon üreme riski oluştuğu, cihaz aşırı gürültülü çalıştığı için ameliyat personelinin rahatsız olduğu, aseptizör cihazının üfleme menfezlerinin konumu nedeniyle ayrıca konforsuzluk yaşandığı belirlenmiş olup bu sayılan sebepler ve ameliyathane içinde ölü akış bölgeleri oluşumu sonucunda enfeksiyon üreme riskinden ötürü cihazın ameliyathanelerde kullanılmamasının uygun olduğu kanısına varılmıştır.

Aynı zamanda yapılan bu sayısal çalışmanın, ameliyat salonunda partikül sayımı, hız ve sıcaklık ölçümü yapılarak deneysel çalışmalarla da desteklenmesi halinde daha sağlıklı sonuçların alınması mümkündür. Halihazırda ülkemizdeki ameliyathanelerde kurulu bulunan aseptizör cihazları ameliyathaneler yerine acil cerrahi müdahale salonu, resüsitasyon odası, yoğun bakım üniteleri ve bağışıklık sistemi zayıf olan hastaların bakım ve tedavilerinin yapıldığı İntaniye Servislerindeki mekanların iklimlendirilmesinde kullanılarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Boylu, A., 2005, **Ülkemizde Hastane Hijyenik Alan Klima ve Havalandırma Tekniğinin Durumu**. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Seminer Bildirisi, İzmir. 547 - 561.
- Chow, T. T., Yang, X. Y., 2003, Performance of Ventilation System in a Non Standart Operating Room. **Building and Environment**. 38 (12) : 1401 - 1411.
- Dedehayır , B., 2005, **Temiz Oda Tasarımı ve Ameliyathanelerde Kullanılan Laminar Akış Üniteleri**. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dong, S., Tu, G., Cao, R., Yu, Z., 2009, Numerical Study on Effects of Door - Opening on Airflow Patterns and Dynamics Crosss - Contamination in an ISO Class 5 Operating Room. **Transations of Tianjin University**. 15 (3) : 210 - 216.
- Hart, J. B., French, M. L. V., Ritter, M. A., 1974, Airflow Determination In a Horizontal Laminar Airflow Operating Room. **Biomedical Engineering, IEEE Transactions on**. BME 21 (1) : 70 - 73.
- Heperkan ve Meral, 2009, (Makina Mühendisleri Odası 503 no' lu yayım) **Hastane ve Klinikler İçin HVAC Tasarım Kılavuzu**.
- Kameel, R., Khalil, E. E., 2004, **Energy Efficient Air Conditioning Systems In Hospitals Operating Theatres**. Energy Conversion Engineering Conference, 2002. IECC' 02. 2002 37 th Intersociety.
- Koca, A., 2005, **Farklı Çatı Tiplerinde Laminer Doğal Konveksiyonla Isı Transferinin Sayısal Olarak İncelenmesi**. Fırat Üniversitesi Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kuas, G., 2002, **Bir Ofis Odası Cebri Havalandırılmasının Sayısal Analizi**. Gazi Üniv. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Nilsson, A., 2002, Ventilation Systems in Operating Theatres. **A Johnson Medical Bulletin**.
- Özcan, E., 2006 , **Radıyatör ve Pencerele Bir Hacımdaki Isı Transferinin Sayısal Olarak İncelenmesi**. YTÜ Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özer, M., 2007 **Bir Ameliyathane Klima Santrali Tasarımı, Termodinamik Testleri ve Analizi**. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özgür, K., 2006 **Hastanelerde Ameliyathanelerin Hijyenik Olarak Klimatize Edilmesi**. YTÜ Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pereira, M. L., Tribess, A., 2005, A Review of Air Distribution Patterns in Surgery Rooms Under Infection Control Focus. **Engenharia Termica (Thermal Engineering)**. 4 (2) : 113 - 121.
- Rahman, S., 2000, **F.Ü. Fırat Tıp Merkezi Ameliyathanesinde Uygulanan Aylık Dezenfeksiyon İşleminin Etkinliğinin Araştırılması**. Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Tekin, N., 2004, **İklimlendirilen Bir Ofis Odasındaki Hava Dağılımının Menfez ve Havalandırma Yöntemlerine Göre Deneysel İncelenmesi**. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Üneş, F., Ağırlioğlu, N., 2004. **Matematik Model Kullanılarak Haznedeki Yoğunluk Akımın İncelenmesi**. İTÜ dergisi /d, (3) (6), İstanbul.

- Üneş, F., 2004 , **Coriolis İvmesinin ve Hazne Çıkış Seviyesinin Haznelerdeki Dalmış Akıma Etkilerinin Matematik Modelle İncelenmesi.** İTÜ Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Woloszyn, M., Virgone, J., Melen, S.,2004, Diagonal Air Distribution System for Operating Room. **Building and Environment.** 39 (10) : 1171 - 1178.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince desteklerini gördüğüm danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Yıldız KOÇ' a ve Prof. Dr. Ali KOÇ' a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın başlangıcından son kısmına kadar her konuda ve her aşamada desteğini sağlayan, benim için çok kıymetli olan Öğr. Gör. Hakan VARÇİN 'i teşekkür ve minnet duygularıyla anmak isterim. Onun desteği olmasa her şey daha zor, karmaşık ve uzun sürebilirdi. Tezimin yorum kısımlarında ve son düzeltmelerinde büyük emek harcayarak bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ' a da ayrıca teşekkürlerimi bildiririm.

Tezimin yazım aşamasında saatlerce bilgisayarda yazı yazarak yardımcı olan kardeşim Yunus Emre POLAT' a ve bana destek olan aileme teşekkür ederim.

Her zaman daha iyi öğrenim almam için beni teşvik eden ve maddi, manevi desteğini daima sağlayan kıymetli öğretmen Recep BİLGİN' e de ayrıca teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Bursa' nın Orhangazi ilçesinde doğdu. Liseyi Orhangazi Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümü' nde tamamlayarak Elektronik Teknisyeni oldu. Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O' nda Kontrol Sistemleri Teknolojisi Bölümü' nü bitirerek 2003 yılında Tekniker olduktan sonra bir müddet otomotiv yan sanayi fabrikasında çalıştı.

2008 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun olduktan sonra 2008 - 2010 yılları arasında mesaisinin tamamını hastanede çalışarak geçirmek suretiyle 450 yataklı bir devlet hastanesinin teknik destek hizmetlerini yürüten özel bir şirkette şef olarak çalıştı. Makine mühendisliğinin yanı sıra aynı zamanda ODTÜ KTM' den Uluslararası Kaynak Mühendisliği diplomasına da sahip bir teknik eleman olarak en verimli şekilde hizmet etmeye çalışmaktadır.