

ISIL KONFOR ANALİZİNİN UYGULANMASI

İbrahim ATILGAN
Ö. Ercan ATAER

ÖZET

Bu çalışmada Fanger Yöntemi kullanılarak ısı konfor analizi deneysel olarak yapılmıştır. Çalışmada konfora etki eden parametreler, kişisel ve çevresel parametreler olarak iki bölümde dikkate alınmıştır. Aktivite ve giysi değerleri kişisel değişkenler, hava hızı, nem, kuru termometre ve ışımaya sıcaklığı da çevresel değişkenler olarak alınmıştır. Bu parametrelerin değerleri farklı uygulamalar için belirlenmiş ve konfor denkleminde kullanılmıştır. Isıl konforun analizinde PMV (Predicted Mean Vote) ve PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) hesaplanmıştır. Örnek olarak bir ameliyathanedeki ısı konforu incelenmiştir. Ameliyathanedeki konforun deneysel analizinde, ameliyatı yapan hastane personelinin ısı konforu ele alınmıştır. Sonuç olarak deneysel çalışmalardan alınan veriler, konfor denkleminde kullanılarak PMV değerleri hesaplanmış ve eş-PMV eğrileri çizilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl konfor, analiz, çevresel parametreler

ABSTRACT

In this study, by using the Fanger Method a thermal comfort analysis has been made experimentally. The parameters affecting comfort are taken into account as personal and environmental parameters in the two sections. Activity and clothing properties were considered as personal variables, air speed, humidity, dry thermometer and radiation temperature, however, were considered as environmental variables. The values of these parameters have been specified for different applications and have been used in the comfort equation. In the thermal comfort analysis, the PMV (Predicted Mean Vote) and PPD (Predicted Percentage of dissatisfied) were calculated. As an example, the thermal comfort was investigated in an operation room. In the experimental analysis of comfort in the operation room of a hospital, the thermal comfort for the staff has been considered. Finally using the data from experimental studies, in the comfort equation the values of PMV have been calculated and the corresponding co-PMV curves have been drawn.

Key Words: Thermal comfort, analysis, environmental parameters

1. GİRİŞ

Isıl konfor şartlarının incelenmesinde teorik ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Bu modellerin birçoğu vücut ile çevre arasındaki ısı alışverişlerinin tespitinde, klasik ısı transfer teorisini ve insanın fiziksel kontrol mekanizması için ampirik denklemler kullanmaları sebebiyle birbirlerine benzer özellikler gösterirler [1,2,3].

Teorik ısı konfor modelleri, insan vücudu ile çevre arasındaki enerji dengesinden yararlanılarak uygulanan enerji denklemlerini baz almışlardır. Bu modellerin dezavantajı kullanılan bağımsız değişkenlerin ve parametrelerin çok fazla olmasıdır. Deneysel ısı konfor modelleri ise, gerek mankenler ve gerekse insan grupları üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerin

istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucu bulunmuş denklemleri baz almışlardır. Bu modellerdeki denklemler, teorik ısı konfor modellerindeki denklemlere göre, daha az sayıda bağımsız değişken içerirler ve kullanımları daha basittir.

Literatürde başlıca ısı konfor modelleri Gagge ve Fanger ısı modelleridir. Gagge ısı konfor modeli denklemlerinin çözümü, Fanger modelinin denklemlerine nazaran daha karmaşıktır. Fanger modelinde ise, vücudun ısı dengede olduğu ve enerji depolanmasının ihmal edilebileceği kabul edilmektedir. Sürekli rejimde üretilen ısı enerji, çevreye olan ısı kayıplarına eşittir. Dolayısıyla vücut sıcaklığı zamana göre değişmez.

Yapılan çalışmada örnek olarak bir ameliyathanedeki ısı konfor incelenmiştir. Buna göre, ameliyathanelerin iklimlendirme sistemlerinin tasarımında üç temel problemin çözülmesi gerekir; hava kirliliği, ameliyatı yapan personel ile hastanın ısı konforu ve kaçak anestezi gazlarının neden olduğu patlamalardır. Yapılan uygulama da bu problemlere çözüm getirecek yeni bir iklimlendirme yöntemi belirtilmiş ve yöntem deneysel olarak test edilmiştir. Isı konforun analizi ve deneysel veriler, Fanger' in yöntemi kullanılarak bilgisayar ile yapılmış, uygulanan bu yöntem literatürde elde edilmiş diğer verilerle karşılaştırılmıştır.

2. ISIL KONFOR

Isıl konforun analizinde Fanger yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde ısı konfor şartlarını etkileyen değişkenler çevresel ve kişisel değişkenler olmak üzere iki ana grupta toplanır. Bunlar kişisel değişkenler ve çevresel değişkenlerdir.

2.1. Çevresel Değişkenler:

Kapalı bir ortamda, ısı konforu etkileyen çevresel değişkenler hava sıcaklığı, ortalama ışımaya sıcaklığı, göreceli hava hızı ve havanın nemliliğidir.

Hava Sıcaklığı : Hava sıcaklığı, insan ile çevresi arasında taşınım (konveksiyon) ile yapılan ısı alışverişini belirleyen bir değişkendir. İnsan ile çevresi arasındaki ısı taşınımı, vücut yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı dengeleninceye kadar devam eder. Dengelenmiş durumdaki vücut yüzey sıcaklığı insanın iklimsel açıdan konforda olup olmadığının göstergesidir. Bu nedenle hava sıcaklığı insanın iklimsel konforunu etkileyen önemli çevresel değişkenlerden birisidir.

Ortalama Işıma Sıcaklığı : Ortalama ışımaya sıcaklığı, insanla çevre yüzeyleri arasında ışınım (radyasyon) yoluyla oluşan ısı transferini belirlemek üzere, çevre yüzeylerinin sıcaklıklarının birleşik etkisini ifade eden bir sıcaklıktır. İnsanın mekandaki konumuna, duruş biçimine ve çevre yüzeylerinin sıcaklığına bağlıdır.

Bağıl Hava Hızı : Hava hızı herhangi bir yüzeyle hava arasındaki ısı taşınımını katsayısını etkilediğinden, insanla çevresi arasında taşınım yoluyla oluşan ısı transferi miktarını etkileyen önemli bir çevresel değişkendir.

Havanın Nemi : Havanın nemliliği insanın cildinden çevreye olan su buharı difüzyonu, ter buharlaşması ile vücuttan kaybedilen ısı miktarlarını etkileyen bir çevresel değişkendir. Bu çalışmada yapılan deneysel çalışmalarda, derslikler içerisinde ölçülen bağıl nemdir. Bağıl nem; deneysel şartlarda (veya ölçme yapılan şartlarda) hava içerisindeki su buharı kısmi basıncının (veya mol sayısının), aynı şartlarda doymuş halde bulunan havanın içerisindeki su buharı kısmi basıncına (mol sayısına) oranıdır.

2.2. Kişisel Değişkenler:

Isıl konforu etkileyen kişisel değişkenler olarak adlandırılan, insanla ilgili özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Aktivite Düzeyi : Aktivite düzeyi, insan vücudunun alınan yiyecekleri yakarak birim zamanda ürettiği ve metabolizma düzeyi olarak adlandırılan enerji miktarını etkileyen bir değişkendir. Metabolizma düzeyi insanın yaptığı eylem türü ile yani aktivite seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Fanger' in yaptığı çalışmalar sonucundaki çizelgelerde $kCal/hm^2$ olarak verilen bu değişken, bazı kaynaklarda met birimi ile de ifade edilmektedir. Belirli eylem türlerine göre aktivite seviyelerinin aldığı değerler değişkenlik gösterir. Isıl konfor insanın yaptığı ısı alışverişi miktarının bir fonksiyonu olduğuna göre, aktivite düzeyi ısı konforu etkileyen önemli değişkenlerden birisidir.

Giysi Türü : Giysi türü giysilerin ısı yalıtım direncini belirlediğinden ve dolayısıyla insanla çevresi arasındaki ısı transferi miktarını etkilediğinden ısı konfor koşullarının belirlenmesinde bilinmesi gereken kişisel değişkenlerden birisidir.

3. AMELİYATHANELERDEKİ UYGULAMA

Yapılan çalışmada, uygulama alanı olarak seçilen bir hastanenin diğer kısımlarına oranla, ameliyathanelerin iklimlendirme sistemleri özel dikkat ister. Ameliyathanelerin havası farklı kaynaklardan çeşitli bakterilerle kirlenmektedir. Bunların çoğu zararlıdır ve genellikle kullanılan antibiyotiklere karşı mukavemetleri vardır [4,5,6]. Ameliyathanelerdeki ısı ortamı, personelin konforunu sağlamaktan çok uzaktır. Bunun yanında kaçak anestezi gazları çevredeki alet, kumaş ve örtüler üzerinde toplanan statik elektrikle patlamalara sebep olmaktadır. Bu tehlikeleri azaltmak ve çözüm yolları bulmak bugüne kadar pek çok araştırmacının konusu olmuştur [7,8]. Bu araştırmalar göstermiştir ki, iklimlendirme sistemleri bakterilerle kirlenmiş havanın temizlenmesinde, personel ve hastanın konfor ve çalışma şartlarını sağlamakta ve çevrenin statik elektrik yükünü azaltarak anestezi gazlarının sebep olduğu patlamaların önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Ameliyathanelerin iklimlendirilmesinde iki farklı havalandırma yöntemi yaygın şekilde kullanılır. Bunlar türbülans ve piston yöntemleridir. Türbülans yönteminde hava tavanın üst yanlarından verilir, alt yanlarından çekilir. İdeal şartlarda, oluşturulan türbülansla elde edilen düşük bakteri konsantrasyonlu hava yara ile temas eder. Piston yönteminde hava tavandan verilir ve yan altlardan çekilir. Teorik olarak havanın bir piston gibi aşağı indiği bakterileri yaradan uzak tuttuğu varsayılır. Fakat uygulamada, her iki yöntemde bekleneni vermekten özellikle ameliyatı yapan personelin ısı konforunu sağlamaktan uzaktır [9,10].

Bu araştırmada inşa edilen test odasına hava diffüzörlerle tavandan verildi ve döşemenin yanlarından çekildi. Odanın tavanının bir kesimi hava ile soğutuldu. Havanın hareketi görsel yöntemle (visualisation technique) izlendi. Isıl konforun analizinde Fanger'in [1] yöntemi kullanıldı. Değişik parametrelerin, özellikle soğutulmuş tavanın etkilerini göstermek için deneyler tekrarlandı.

Fanger'in yaklaşımında ısı konforu dört çevre koşulunun ve iki şahıs parametresinin fonksiyonudur. Hava sıcaklığı, ortalama ışımaya sıcaklığı (MRT), hava hızı ve havadaki su buharı basıncı çevre koşullarını, metabolik enerji ve giysilerin ısı direnci de şahıs parametrelerini oluşturur. Fanger'in konfor denklem setinden PMV(Predicted Mean Vote) değerleri hesaplanır. ASHRAE'nin psikofiziksel skalasına göre PMV'nin sıfır olması istenilen koşuldur [11]. Bu bağıntı,

$$\begin{aligned}
 PMV = & \left[0,352 e^{-0,042 (M/A_{DU})} + 0,032 \right] \left[\frac{M}{A_{DU}} (1 - \eta) - 0,35 \right. \\
 & \left. \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{DU}} (1 - \eta) - P_a \right] - 0,42 \left[\frac{M}{A_{DU}} (1 - \eta) - 50 \right] \right. \\
 & \left. - 0,0023 \frac{M}{A_{DU}} (44 - P_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{DU}} (34 - T_a) - 3,4 \times 10^{-8} f_{cl} \right. \\
 & \left. \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

şeklinde yazılır. Bu ifadedeki dış yüzey sıcaklığı T_{cl} ise,

$$T_{cl} = 35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - 0,18 I_{cl} \left\{ 3,4 \times 10^{-8} f_{cl} [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] + f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right\} \quad (2)$$

bağıntısı ile verilir. Denklem 2'deki ısı aktarım katsayısı h_c 'nin değeri,

$$2,05 (T_{cl} - T_a)^{0,25} > 10,4 \sqrt{V} \rightarrow h_c = 2,05 (T_{cl} - T_a)^{0,25} \quad (3)$$

$$2,05 (T_{cl} - T_a)^{0,25} < 10,4 \sqrt{V} \rightarrow h_c = 10,4 \sqrt{V} \quad (4)$$

ifadelerinden hesaplanır. Hava hızının $v < 0,1$ m/s olduğu durumlarda Eş.(3), $v > 0,1$ m/s olduğu durumlarda ise Eş.(4) kullanılır.

Bu denklemlerdeki PMV belirlenen ortalama konfor şartı (Predicted Mean Vote), M/A_{Du} aktivite seviyesine bağlı metabolik oran, η mekanik dış verim, T_a hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), T_{mrt} ortalama ışınma sıcaklığı ($^{\circ}C$), p_a hava içerisindeki su buharı basıncı (mmHg), h_c ısı aktarım katsayısı ($kCal/m^2 h^{\circ}C$) ve T_{cl} giysili insanın ortalama dış yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$), I_{cl} giysi ısı direnci (clo), f_{cl} giysili vücut alanının giysisiz vücut alanına oranı ve V bağıl hava hızıdır (m/s).

Bayan ve erkeklerin ortalama boy ve kilosu dikkate alındığında elde edilen insan vücudu yüzey alanı (DuBois-Area) erkekler ve bayanlar için aşağıdaki Eş. (5) ve Eş. (6) kullanılarak hesaplanır.

Erkekler için alınan ortalama boy 1,73 m; ortalama ağırlık 72 kg

$$A_{Du} = 0,203 W^{0,425} H^{0,725} = 1,88 m^2 \quad (5)$$

Bayanlar için alınan ortalama boy 1,62 m; ortalama ağırlık 63 kg

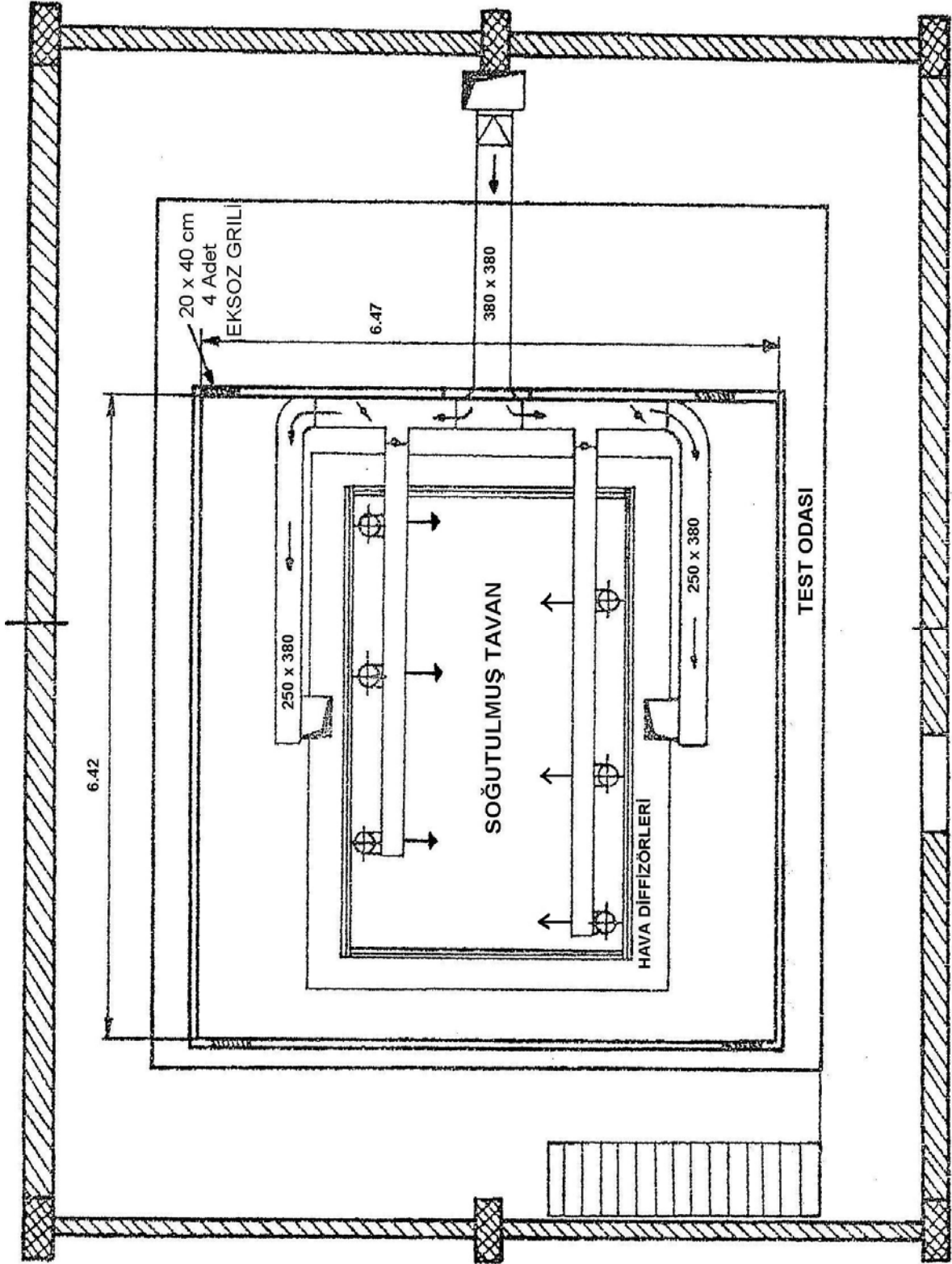
$$A_{Du} = 0,203 W^{0,425} H^{0,725} = 1,68 m^2 \quad (6)$$

4. TEST ODASI VE ÖLÇÜMLER

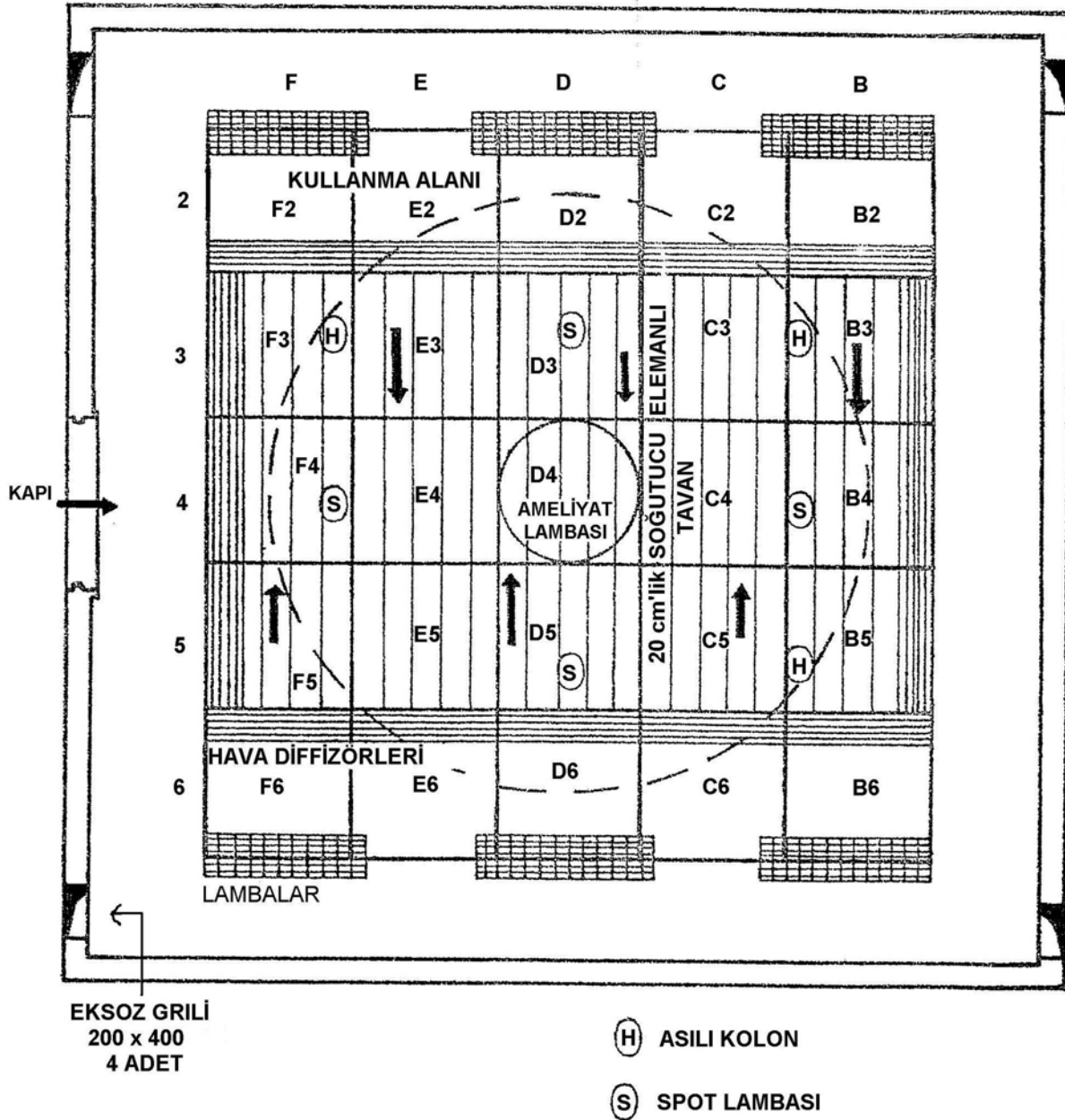
Yüzeyi alçı plakalarla kaplı, iskeleti tahtadan 6,42x6,47x3,40 m boyutlarında test odası tasarlandı ve yapıldı. Ameliyat lambası, masası, havanın hareketini ve ısı konforu etkileyecek araçlar test odasına yerleştirildi. Test odası boyutlarında bir ameliyathanede ameliyat sırasında 10 personelin çalıştığı tespit edildi. 1,75 m yüksekliğinde, 0,30 m çapında ve içerisine 100 W gücünde ampul yerleştirilmiş 10 adet silindirik manken, personel yerine kullanıldı. Mankenlerin boyutlarının tesbitinde DuBois'in [1] yükseklik-ağırlık formülü kullanıldı ve mankenler ameliyat sırasında personelin çalıştıkları konumlara yerleştirildi.

Test odasının iklimlendirme sistemi, 20 cm'lik altı adet soğutma elemanının oluşturduğu soğutma tavanından ve hava diffüzörlerinden oluşmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi hava, soğutulmuş tavadan geçerek veya klapeler yardımıyla tavadan geçmeden diffüzörlerden odaya verilebilmektedir. Piston tipi havalandırma sisteminde olduğu gibi diffüzörler tavana yerleştirildi. Imperialine 6404F2 diffüzörleri ortada, Şekil 2'de görüldüğü gibi 3x5 m boyutlarında bir dikdörtgen oluşturmaktadır. Döşemeden 25 cm yüksekliğinde ve 20x40 cm boyutlarındaki 4 adet eksoz deliğinden hava dışarı çıkmaktadır.

Test odasına verilen havanın debisi 2700 m³/saat'dir. Saatte 20 hava değişimi sağlamak ve pozitif basınç oluşturmaktadır. Test odasındaki ısı kaynaklarının toplam gücü 2980 W' dir ve neden oldukları sıcaklık artışı 3,3 $^{\circ}C$ 'dir.



Şekil 1. Test Odası ve Havalandırma Tesisatı



Şekil 2. Test Odasının Donanımı ve Ameliyat Sırasında Kullanım Alanı

Hava hareketinin yönünün tespitinde kullanılan görsel yöntemde, metaldehyde duman tüpleri (smoke tubes) izleyici olarak kullanıldı. Yönün tayini için döşemeden 0,30, 1,00, 1,70 ve 2,70 m yüksekliğinde dört düzlem seçildi. Duman tüplerinin montajı için yapılan iki destek ile bu düzlemlerde havanın hareket yönü test odasında yapılan pencerelerden kameralarla tespit edildi.

Test odasının ortasındaki 5x5 m²'lik alan, ameliyat sırasında kullanılan alan olarak belirlendi. Bu alan Şekil 2'de görüldüğü gibi birer metrekarelik 25 kareye ayrıldı. Isıl konforun analizi için gerekli olan ölçümler bu karelerin orta noktalarında ve literatürde önerildiği gibi döşemeden 0,30, 1,00 ve 1,90 m yüksekliğinde alındı.

Isıl konfora etki eden parametrelerden giysi ısı direnci, operatörün giysisi için "İklimlendirme Odasında" deneysel yöntemle 0,93 Clo olarak bulundu. Anestezistin operatörle aynı giyside olduğu varsayıldı. Hemşirenin giysi ısı direnci ile ameliyatı yapan personelin ameliyat sırasında birim yüzey

alandan ürettiği metabolik enerji, Kaynak [11] den alındı. Personelin giysi ısı dirençleri ve birim yüzey alandan üretilen metabolik enerji Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Ameliyatı Yapan Personelin Operasyon Sırasında Ürettiği Metabolik Enerji Ve Personelin Giysi Değerleri

Personel	M/A _{Ou} (kCal/m ² -saat)	η	I _{c1} (Clo)	f _{cl}
Operatör ve yardımcı doktorlar	90	0,1	0,93	1,4
Anestezist	65	0	0,93	1,4
Hemşireler ve diğer yardımcı personel	70	0,1	0,65	1,3

Ortalama ışınma sıcaklığı globe termometresi ile ölçüldü. Termometre 12,5 cm çapında ince cidarlı plastik küreden yapıldı ve ortasına termokupıl yerleştirildi. Kürenin dış yüzeyi yayıcılık sabiti 0,9899 olan Nextel Brand Velvet Coating 101-C10 ile boyandı. Taşıma için Bedford ve Wagner’in [12] korrelasyonu kullanılırsa globe termometresinin enerji denge denklemi

$$12,78 \sqrt{V} (T_g - T_a) = 4,96 \cdot 0,98 \left[\left(\frac{T_{mrt}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 \right] \quad (7)$$

şeklinde yazılır. Ortalama ışınma sıcaklığı Denklem 7’den hesaplandı. Termometrenin zaman sabiti iklimlendirme odasında ölçüldü ve 2 dakika bulundu. Havanın hızı sıcak tel anemometresi ile kuru termometre sıcaklığı termokupullarla kaydedildi. Yaş termometre sıcaklığı Wallac EP-400 Thermo-Hygrometer cihazı ile test odası içerisinde bir noktada ve döşemeden 1,0 m yükseklikte ölçüldü. Ölçümlerde Philips’in 24 kanallı kaydedicisi kullanıldı ve cihazlar istenilen ölçüm aralığında kalibre edildi. Deneylerde ölçüm süresi 5 dakika olarak tespit edildi ve ölçüm alınmadan denge şartları gözlemlendi.

5. SONUÇLAR

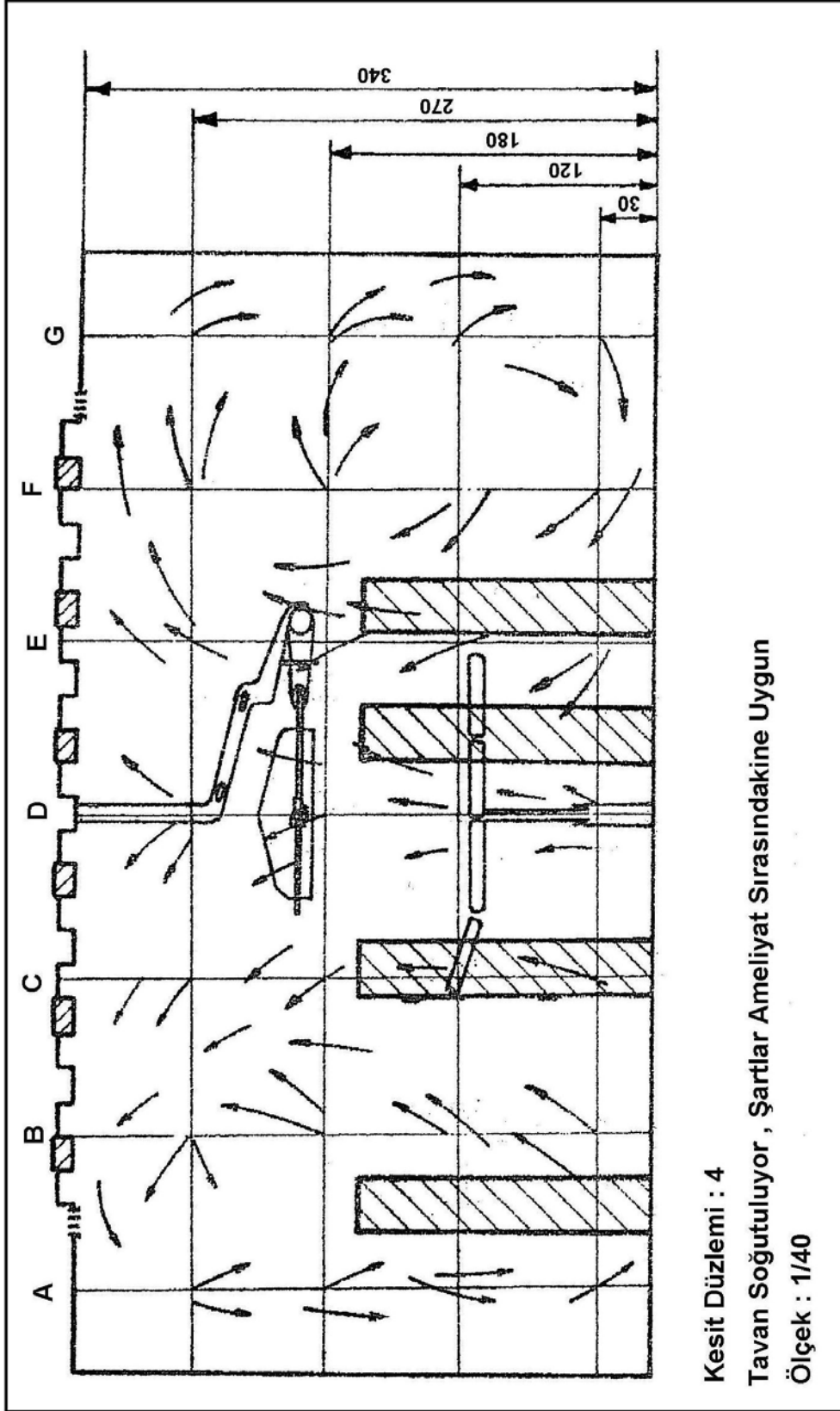
Soğutulmuş tavanın, mankenlerin ve diğer araçların test odasındaki havanın hareketine olan etkileri araştırıldı. Duman tüpleri ile yapılan deney sonuçlarına bir örnek Şekil 3’ de verildi. Deneylerde ameliyat lambası ve mankenler çevresinde tavana doğru konvektif hava akımlarının oluştuğu ve basit soğutulmuş tavanın hava hareketi üzerinde etkisi olmadığı gözlemlendi.

Önerilen havalandırma sistemi, basit asimetric ışınma alanlı klasik piston tipi havalandırma yöntemidir. Şekil 3’ de görüldüğü gibi oda ortasında tavana doğru olan hava akımları uygulamada bakterileri çevreden veya döşemeden alarak kritik bölgede kirlenmeye neden olacaktır. Dolayısıyla önerilen sistem hava kirlenmesini önlemek için yeterli değil ve Billington'un [9] sonuçlarına göre iki klasik yöntemle bu soruna çözüm bulmak güç olacaktır. Başlangıçta hava diffüzörlerinin konumu ve asimetric ışınma alanı ile sorunun çözülebileceği tasarlanmıştır. Soğutma elemanlarında hava sıcaklığındaki artış ortalama 0,5°C idi ve soğutulmuş tavanın havanın hareketi üzerinde etkisi olmadı. Ameliyat esnasındaki personelin hareketi Şekil 3’ de görülen havanın hareket yönünü etkileyebilir. Hava akımlarının başlangıçtaki yönünü diffüzör çıkışından değiştirerek ortadaki yukarı doğru olan hava akımını önlemek mümkün olmadı.

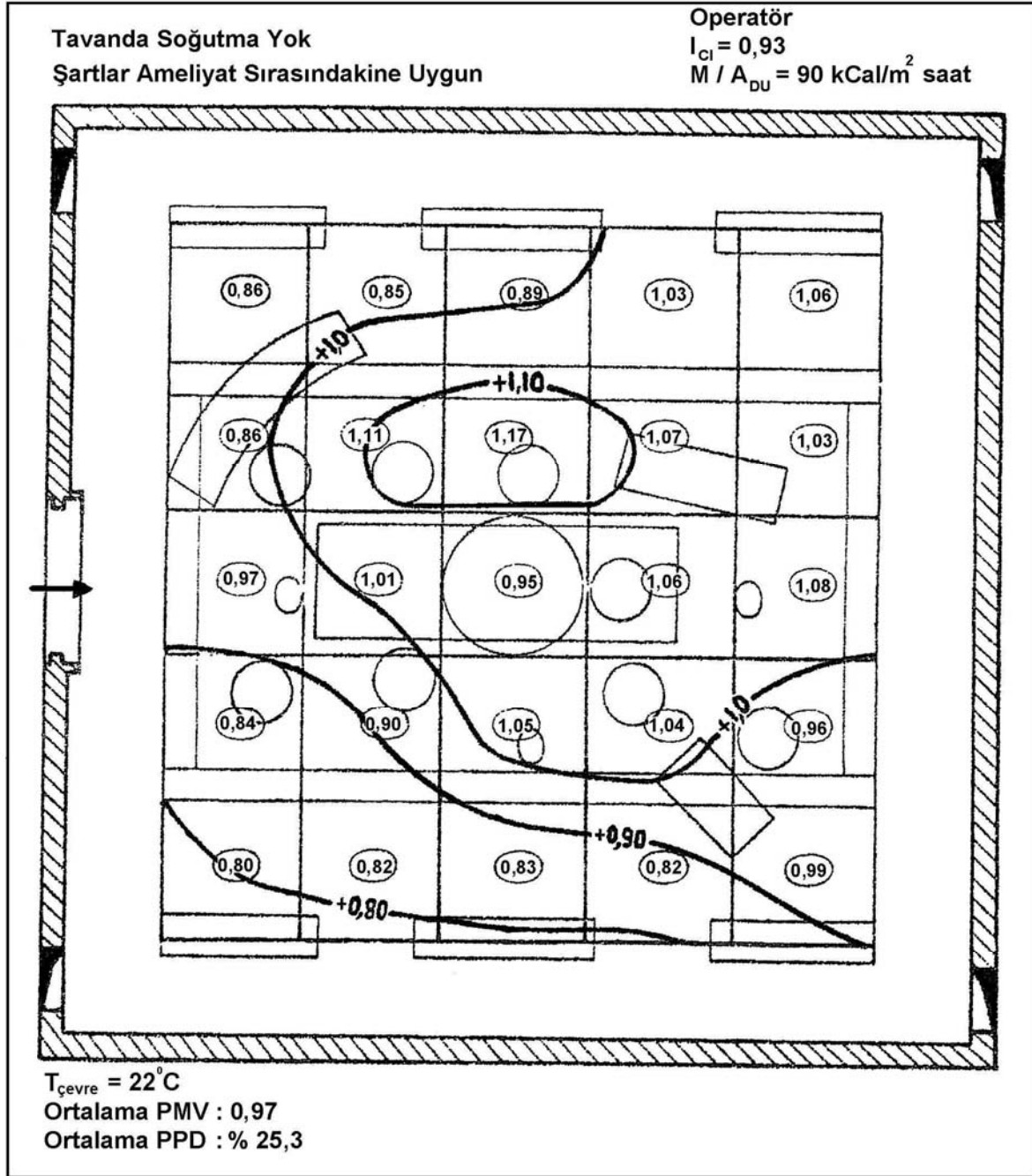
Nem, mikroorganizmaların çoğalmasında olduğu kadar statik elektriğin kontrolünde de etken faktördür. %45' in altındaki nisbi nem miktarı, statik elektriğin neden olabileceği aneztesi gazlarının patlama tehlikesini artırır [8]. Deneylede nisbi nem %50' nin üzerinde tutulmuştur. Diğer taraftan ameliyathaneye verilen taze hava miktarının yüksek olması kaçak gazların konsantrasyonunu azaltacaktır. Çevredeki hacımlardaki kirli havanın ameliyathaneye girmesini önlemek için içeride pozitif basınç oluşturuldu.

Fanger'ın konfor denklem seti iterasyon yöntemi ile sayısal olarak çözüldü. Tablo 1' de verilen şahıs parametreleri kullanılarak operatör, anesteziist ve hemşire için her konumda, üç yükseklikte PMV değerleri kullanılarak çizilen eş-PMV eğrilerine örnek operatör için Şekil 4' de verilmiştir. Hastanın ısı konforu oldukça karmaşıktır ve çevre sıcaklığının 21-24°C arasında olması önerilir [10,13].

Tüm kişilerin benzer olduğunu varsayarak PMV değerleri konforsuzluk derecesini gösterir. Başka bir deyimle "ortalama kişi" için geçerlidir. Fakat kişilerin ısı davranışları farklıdır ve bu fark literatürde PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) değerleri ile gösterilir [11]. Şekil 4' de verilen örnekteki şartlar için operatörün ortalama PMV değeri 0,97 ve PPD değeri ise %25,3 dür. ASHRAE' nin psikofiziksel skalasına göre, özellikle odanın orta kesimi operatör için ılık (slightly warm) ortamdır. İç tasarım sıcaklığı 19°C' ye düşürülürse ortam operatör için normal olmakta, fakat hemşire için serin bir ortam oluşmaktadır. Operatörün konforu sağlanması gereken ilk şart olmalıdır. Metabolik ve giysi değerleri düşük olan hemşireler, daha kalın giysilerle kendileri için normal bir ortam oluşturabilirler. Fakat iç sıcaklık hasta için önerilen sıcaklık aralığının altına düşmektedir.



Şekil 3. Ameliyathane İçerisinde Havanın Hareketi



Şekil 4. Operatör İçin Eş – PMV Eğrileri

KAYNAKLAR

- [1] Fanger, P. O., Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.
- [2] Fernandez-Gonzalez A., Analysis of the performance and comfort conditions produced by five different passive solar heating strategies in the United States Midwest, Solar Energy 2007; 81, 581- 593.
- [3] Ghoneim, A.A., Klein, S.A. and Duffie, J.A., Analysis of collector-storage building walls using phase change materials, Solar energy, 47, 3, 1991, pp. 237-242.
- [4] Blowers, R. and Crew, B., "Ventilation of Operating Theatres", J. Of Hygiene, 58, 427-448, 1960.
- [5] Walter, C., W., "Cross-Infection in Hospitals", ASHRAE Journal 41- 45, October 1966.
- [6] Shooter, R., A. and Willians, R. E. O., "Prevention of Infection in Operating Theatres", Journal of Clinical Pathology, 14, 45-53, 1961.
- [7] Ma, Wm. J.L. , "Air-Conditioning Design for Hospital Operating Rooms", IHVE Journal, 9, 165-179, 1965.
- [8] Mormann, H., "Lüftungstechnische Anlagen für Krankenhäuser", Heizung, Lüftung, Haustechnik, 8, 284-288, 1968.
- [9] Billington, N.S., "Some Observations on the Ventilation of Hospital Operating Theatres, DSOV, 1965.
- [10] "Climate in the Theatres", British Medical Journal, 186, October 1971.
- [11] "ASHRAE, Guide and Data Book, Applications", George Banto Co.Ins., Menasha, 1971.
- [12] Bedford, T. and Warner, C.G., "The Globe Thermometer in Studies of Heating and Ventilating", J. of Hygiene, 35, 458, 1935.
- [13] Clark, E.R., and Orkin, R.L., "Body Temperature Studies in Anesthetized Man", Journal of Am.Med. Ass., January 4, 1954, 311-319, 1954.

ÖZGEÇMİŞ**İbrahim ATILGAN**

Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Isı transferi, enerji sistemleri, termodinamik, yenilenebilir enerji uygulamaları ile yanma ve yakma teknolojileri konularında araştırmalar yapmaktadır. Bu konularda yurtiçi ve yurtdışı 50'nin üzerinde çeşitli makale, bildiri ve projeleri bulunmaktadır.

Ö. Ercan ATAER

Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Isı transferi, termodinamik Stirling motorları ve soğutma sistemleri ile akışkanlar mekaniği konularında araştırmalar yapmaktadır. Bu konularda yurtiçi ve yurtdışı 100'ün üzerinde yayını vardır.