

Seçilen Bir Ortam İçin Isıl Konfor Seviyesinin Belirlenmesi

Tansel Koyun

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta
tanselkoyun@sdu.edu.tr

(Geliş/Received: 10.11.2015; Kabul/Accepted: 13.03.2016)

Özet

Canlılar ve özellikle de insanların yaşadığı ortamlarda ısı konfor şartlarının sağlanması iş verimi açısından önemlidir. İnsan vücudu enerji üreten ve tüketen bir sistemdir. İnsan ancak ürettiği ve tükettiği enerji arasında enerji dengesi kurabilir ve vücut sıcaklığını 37°C de sabitleyebilirse kendisini rahat hisseder ve ısı konforuna ulaşır. Isıl denge sağlanıncaya kadar vücut ve ortam arasında farklı ısı transferi mekanizmaları oluşmaktadır. Bu çalışmada ısı transferi dikkate alınarak ısı konfor parametreleri ayrıntılı olarak incelenmiş, örnek olarak seçilen bir ortama göre konfor seviyesi hesaplanmış ve çıkan sonuçlar tablolar ve diyagramlar halinde verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Isıl konfor, Konfor seviyesi, Isıl konfor parametreleri

Determination of The Thermal Comfort Level For A Selected Environment

Abstract

Ensuring the living conditions and comfort that especially in environments where people live is important in terms of work efficiency. The human body is a system of producing and consuming energy. But if people can set up energy balance between the energy generated and consumed, body temperature that can also fixed at 37 ° C feel comfortable, It reaches thermal comfort. It consists of different heat transfer until it reaches a thermal equilibrium between the human body and atmosphere. In this study considering the heat transfer ,thermal comfort parameters were examined in detail, according to the selected environment comfort level is calculated by selected sample and the results are showed in tables and diagrams.

Keywords: Thermal comfort, comfort level, thermal comfort of parameters

1. Giriş

Yaşam alanlarının iklimlendirilmesindeki temel amaç bu hacimlerde bulunan insanların sağlıklı ve daha üretken olmalarının sağlanmasıdır. Bu amaçla ısı konfor ve ısı konforu etkileyen parametreler ayrıntılı olarak incelenmelidir. Isıl konfor insan boyutları, yaşı, cinsiyeti gibi birçok parametreye bağlı olsa bile en genel anlamda ısı konforu etkileyen parametreler çevresel ve kişisel parametreler olarak sınıflandırılabilir. Ortam sıcaklığı, ortam bağıl nemi, ortam hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklığı çevresel parametreler olarak adlandırılırken, kişisel

parametreleri ise kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinme durumu oluşturmaktadır[1]. Bu parametreler daha ayrıntılı olarak aşağıda açıklanmıştır[2].

1.1. Çevresel Parametreler

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

Hava sıcaklığı, insan ile çevresi arasında taşınım (konveksiyon) ile yapılan ısı alışverişi miktarını belirleyen bir değişkendir. Belirli ortam şartlarında vücut sıcaklığı, ürettiği metabolik enerji ve çevresi ile olan ısı transferleri neticesinde denge sıcaklığına ulaşır.

Dengelenmiş durumdaki vücut yüzey sıcaklığı insanın iklimsel açıdan konforda olup olmadığını göstergesidir. Bu nedenle hava sıcaklığı insanın iklimsel konforunu etkileyen önemli çevresel değişkenlerden birisidir.

Ortalama ışıma sıcaklığı, insanla çevre yüzeyler arasında ışıma (radyasyon) yoluyla oluşan ısı transferini belirlemek üzere, çevre yüzeylerin sıcaklıklarının birleşik etkisini ifade eden bir sıcaklıktır. İnsanın mekandaki konumuna, duruş biçimine ve çevre yüzeylerin sıcaklığına bağlıdır.

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

Havanın nemliliği insanın cildinden çevreye olan su buharı difüzyonu, ter buharlaşması ile vücuttan kaybedilen ısı miktarlarını etkileyen bir çevresel değişkendir. Bağıl nem; deneysel şartlarda (veya ölçme yapılan şartlarda) hava içerisindeki su buharı kısmi basıncının (veya mol sayısının), aynı şartlarda doygun halde bulunan havanın içerisindeki su buharı kısmi basıncına (mol sayısına) oranıdır.

1.2. Kişisel Parametreler

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

Aktivite düzeyi, insan vücudunun alınan yiyecekleri oksijen ile 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/hm² 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 giysilerin ısı yalıtım direncini belirlediğinden ve dolayısıyla insanla çevresi arasındaki ısı transferi miktarını etkilediğinden ısı konfor koşullarının

belirlenmesinde bilinmesi gereken kişisel değişkenlerden birisidir.

Kaynaklı ve Yamankaradeniz [3] ısı konfor parametrelerinin optimizasyonu üzerine bir çalışma yapmış ve elde ettikleri optimum sonuçları grafikler halinde sunmuşlardır. Atmaca ve Yiğit [1] ısı konfor ile ilgili mevcut standartlar ve konfor parametrelerini çeşitli modeller ile incelemişlerdir. Güncel standartlarda verilen konfor sınırlarının dışında kalan fakat konfor bölgelerine yakın 20 °C ve 22 °C ortam sıcaklığı ile 0.4 m/s ve 0.6 m/s hava hızları değerlerinin ortamı kullanan insanlar için sadece konforsuzluk yaratmadığı aynı zamanda boyun hareket kısıtlıklarına sebebiyet verebildiği de göstermişlerdir. Öztürk [4], binalarda yalıtımın ısı konfora ve enerji verimliliğine etkisini incelemiştir. Sonuç olarak yalıtılmış binalarda daha az enerji tüketimi ile çevreye duyarlı, konforlu ve sağlıklı mekanların oluşturulacağını göstermiştir.

Bu çalışmada seçilen bir ortamın ısı konfor analizi için analitik konfor modellerinden, kararlı analitik ısı konfor modeli yani Fanger ısı konfor denklemi kullanılmıştır. Rasyonel olarak enerji dengesinin kurulduğu çevre, yani vücudun net enerji kazancının sıfır olduğu (kararlı enerji dengesi) çevre ısı açıdan konforlu çevre olacaktır. Ancak enerji dengesi, değişen koşullara karşı vücudun fizyolojik tedbirler (terleme, kalp atış hızının değişmesi gibi) almasından ötürü, konforlu kabul edilmeyen ortamlarda da kurulabilir. O halde enerji dengesinin kurulduğu her ortam konforlu değildir. Vücudun aktivite ve çevre değiştirme süreçleri de önemlidir. Değişim süreci, termostatın ON/OFF konumlarına bağlı olarak değişen ortam sıcaklığındaki dalgalanmaların periyodu gibi kısa süreli olabileceği gibi, iklim koşullarının ve giyim geleneklerinin tamamen değiştiği coğrafi yer değiştirmeler sonucu gelişen iklime uyum süreleri gibi uzun bir zaman dilimi (4-6 ay) dengesinin içinde de yer alabilir. O halde yapılacak rasyonel işlem, uygun bir kontrol hacmi tanımlamak ve enerji transferi mekanizmalarının ısı transfer denklemlerini kullanarak Enerjinin Korunumu Kanununu uygulamaktır. İşte bu yöntem burada analitik modeller olarak adlandırılan ısı konfor modellerinin temelidir [5].

Isıl Rahatlık indisi PMV(Predicted Mean Vote), Hoşnutsuzluk Yüzdesi PPD(Predicted Percentage Dissatisfied) ve Lokal Isıl Hoşnutsuzluk PD değerleri farklı metabolizma enerji üretim ve giysi durumlarına göre hesaplanmıştır. Mekan olarak bir banka seçilmiştir. Sonuçlar tablolar ve diyagramlar halinde sunulmuştur.

2. Metot

2.1. PMV ısı rahatlık indisi

PMV (Predicted Mean Vote) büyük bir insan grubunun bir ortamda nasıl hissettiklerine dair yaptıkları değerlendirmenin sonucu olarak ortaya çıkmış bir değerlendirme indisi[6]. PMV indisinin aldığı değere göre insanların ısı duyarlılıkları Tablo 1.'de gösterilmiştir.

PMV	Isıl Duyarlılık
+3	Çok sıcak
+2	Sıcak
+1	Ilık
0	Nötr
-1	Serin
-2	Soğuk
-3	Çok soğuk

Bu çalışmada bir bankadaki farklı metabolik enerji üretimi ve kıyafetlere sahip insan durumuna göre önce kabuller yapılmış daha sonra da EES program yardımıyla çözüm yapılarak istenilen sonuçlara ulaşılmıştır. Aşağıdaki tabloda iki farklı m değeri ve her m değerine karşılık gelen farklı üç durum (giysi) için yapılan kabuller verilmiştir. V_L değeri ya $0,05 \leq v_L < 0,5$ arasında alınır ya da $V_L < 0,05$ ise $0,05$ olarak kabul edilir. T_u , Lokal türbülans intensitesi (%) ise bilinmiyorsa %40 kabuledilir[6]. Bu değerler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Isıl duyarlılık cetveli[6]

Tablo 2. Metabolik enerji üretimine göre farklı 3 durum için yapılan kabuller[6]

	m=70 W/m ² (oturarak, ayakta ve dinlenme) ve m=90 W/ m ² (yazma, bilgisayar kullanma, hafif malzemeleri tasnif etme gibi çok hafif işler)		
	1.Durum (pantolon+uzun kollu gömlek)	2.Durum (takım elbise)	3.Durum (etek+kısa kollu gömlek+külotlu çorap)
T_{oda} [°C]	22	22	22
T_{rad} [°C]	22	22	22
BN[φ]	%50	%50	%50
R_g [m ² °C/W]	0.095	0.020	0.084
R_r [m ² °C/W]	0.188	0.239	0.171
A_d [m ²]	1.8	1.8	1.8
A_g [m ²]	2.16	2.16	2.16
A_g/A_d	1.2	1.23	1.26
T_{deri} [°C]	33.7	33.7	33.7
$h_{fg,d}$ [kJ/kg]	2421.79	2421.79	2421.79
h_{konv} [W/m ² °C]	3.1	3.1	3.1
h_{rad} [W/m ² °C]	4.7	4.7	4.7
w [kg _{sb} /kg _h]	0.008251	0.008251	0.008251
w_d [kg _{sb} /kg _h]	0.03406	0.03406	0.03406
W_{is}	0	0	0
T_u	0.4	0.4	0.4
T_z [°C]	22	22	22
ΔT [°C]	7	7	7
$\Delta T_{rad,1}$ [°C]	21	21	21
$\Delta T_{rad,2}$ [°C]	12	12	12
$\Delta T_{rad,3}$ [°C]	12	12	12
$\Delta T_{rad,4}$ [°C]	28	28	28
P_{atm} [kPa]	101	101	101
V_L [m/s]	0.18	0.18	0.18
i	0.45	0.45	0.41

Metabolik enerji üretimi, farklı iki durum için (oturarak, ayakta vb.dinlenme ve yazma,

bilgisayar kullanma, hafif malzemeleri tasnif etme gibi çok hafif işler) seçilmiş ve bu

değerlere göre farklı 3 tip giysi tipi seçilmiştir. Dolayısıyla sonuç olarak 6 farklı sonuç elde edilmiştir. Bu 6 durum için de M (Tüm vücut için Metabolik enerji üretimi değeri) $M=m.A_d$ şeklinde hesaplanmıştır. Çoğu uygulamada mekanik iş ısı transferine göre küçük olup ihmal edilmektedir. Tanımlanan birinci tip giysi (pantolon +uzun kollu gömlek), ikinci tip giysi (takım elbise, pantolon +uzun kollu gömlek) ve üçüncü tip giysi ise (etek+kısa kollu gömlek+külotlu çorap) dır. Tablodaki bazı değerler ise doğrudan literatürden alınmıştır [6]. İnsan vücudu çevreyle sürekli ısı alışverişinde bulunmaktadır. İnsan vücudu için enerji dengesini yazmadan önce vücut ile ortam arasındaki ısı alışverişlerini inceleyecek olursak [6], bir kişinin solunumdan konveksiyonla olan ısı kaybı,

$$(\dot{Q}_{konv})_s = 0.00152 * M * (28.56 + 0.885 * T_{oda} + 0.641 * P_{sb}) \quad (1)$$

$$\text{Solunumdan buharlaşma ile olan ısı kaybı ise,} \\ (\dot{Q}_{buh})_s = 0.00127 * M * (59.34 + 0.53 * T_{oda} + 11.63 * P_{sb}) \quad (2)$$

Burada su buharı kısmi basıncı ise,

$$P_{sb} = BN * 0.611 * e^{\left(\frac{17.269 * T_{oda}}{237.3 + T_{oda}}\right)} \quad (3)$$

şeklinde hesaplanır. İnsan vücudundan konveksiyon ve radyasyon yolu ile meydana gelen toplam ısı kaybı ise,

$$\dot{Q}_{(konv.rad)d} = A_g * \left(\frac{T_{deri} - T_o}{R_T}\right) \quad (4)$$

Oda hava sıcaklığı ile odayı çevreleyen yüzeylerin ortalama radyant sıcaklığının etkilerini birlikte içeren bir büyüklük olan T_o sıcaklığı ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$T_o = \frac{h_{konv} * T_{oda} + h_{rad} * T_{oda}}{h_{konv} + h_{rad}} \quad (5)$$

Deriden buharlaşma yolu ile olan ısı kaybı ise

$$(\dot{Q}_{buh})_d = \frac{A_{lg} * (w_d - w) * h_{fg,d}}{R_{T,buh}} \quad (6)$$

$$R_{T,buh} = 0.9 \frac{R_T}{i} \quad (7)$$

$$w = 0.622 \frac{P_{sb}}{P_{atm} - P_{sb}} \quad (8)$$

İnsan vücudunun enerji dengesini,

$$M - W = \dot{Q}_d + \dot{Q}_s = (\dot{Q}_{konv} + \dot{Q}_{rad} + \dot{Q}_{buh} + \dot{Q}_{kond})_d + (\dot{Q}_{konv} + \dot{Q}_{buh})_s \quad (9)$$

şeklinde yazılır.

Hesaplarda, deri yüzeyinden kondüksiyonla olan ısı kaybı ($\dot{Q}_{kond,d}$) vücut herhangi bir katı yüzeyle temasta olduğu zaman alınır. Normal

şartlarda konveksiyon ve radyasyonla olan ısı kaybı çok daha fazla olduğu için iletim kayıpları çoğu durumda hesaba katılmaz[6]. EES'de çözebilmek için denklemleri kısımlara ayırarak olursak,

$$x_1 = 0.303 * e^{(-0.036 * m)} + 0.028$$

$$x_2 = m_1 - W_{is}$$

$$x_3 = 3.05 * 10^{-3} * (5733 - 6.99 * (m_1 - W_{is}) - P_{sb} * 1000)$$

$$x_4 = 0.42 * ((m_1 - W_{is}) - 58.15)$$

$$x_5 = 1.7 * 10^{-5} * m_1 * (5867 - P_{sb} * 1000)$$

$$x_6 = 0.0014 * m_1 * (34 - T_{oda})$$

$$x_7 = 3.96 * 10^{-8} * f_g * ((T_g + 273)^4 - (T_{rad} + 273)^4)$$

$$x_8 = f_g * h_{konv} * (T_g - T_{oda})$$

$$f_g = 1.05 + 0.645 * R_g \quad (10)$$

$$T_g = 35.7 - 0.028 * (m_1 - W_{is}) - R_g * (3.96 * 10^{-8} * f_g * ((T_g + 273)^4 - (T_{rad} + 273)^4) + f_g * h_{konv} * (T_g - T_{oda}) \quad (11)$$

$$PMV = x_1 * (x_2 - x_3 - x_4 - x_5 - x_6 - x_7 - x_8) \quad (12)$$

Bir ortamın sıcaklığı sayısal olarak ifade edilmesine rağmen, konfor hissi diğer fizyolojik duyular gibi niteliksel olarak değerlendirilir. Isıl çevrenin bir grup tarafından fizyolojik değerlendirilmesini sayısalılaştırmak amacıyla kullanılan tahmini ortalama oy (PMV) ısı konfor ölçütü Tablo 1.'de verilen 7 noktalı sayısal ölçeğe dayanmaktadır[3].

2.2. PPD Hoşnutsuzluk Yüzdesi

PMV değeri büyük bir topluluk içerisindeki insanların ısı ortamında nasıl hissettiklerine dair kullandıkları oyların ortalamasını veren değerdir. Ancak bu topluluk içinde ortalamadan farklı olarak sıcak ve soğuk hissedenler de olacaktır. PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) ortalamadan farklı hisseden insanların hoşnutsuzluğunu belirten bir sapma ölçütüdür[6].

$$PPD =$$

$$100 - 95 * e^{(-0.03353 * PMV^4 - 0.2179 * (PMV)^2)} \quad (13)$$

2.3. Lokal Isıl Hoşnutsuzluk

PMV ve PPD değerleri insanların hangi ortam şartlarında rahat ettiklerini göstermektedir. Ancak bir ortamda konfor şartlarının sağlanmasına rağmen olumsuz lokal şartlar da insanların hoşnutsuzluğuna neden olabilir (örneğin baş, ayak). Bu hoşnutsuzluk dört madde halinde incelenebilir[6].

2.4. Hava akımından Kaynaklanan Hoşnutsuzluk

Her insan vücudu çevresindeki hava akımına karşı farklı tepkiler verir. Hava akımından rahatsız olan insanlar yüzdesi,
 $PD_H = (34 - T_L)(V_L - 0,05)^{0,62}(0,37 * V_L * Tu_{+3,14})$ (14)
 denkleminde hesaplanır[6].

2.5. Dikey Hava Sıcaklığı Farkından Kaynaklanan Hoşnutsuzluk

Baş ve ayaklar arasındaki yüksek sıcaklık farkı nedeniyle bulunduğu ortamda rahatsız olanların listesi ise
 $PD_D = \frac{100}{1+e^{(5,76-0,856*\Delta T)}}$ (15)
 denkleminde hesaplanır[6].

2.6. Sıcak veya Soğuk Zeminden Kaynaklanan Hoşnutsuzluk

Zeminin çok sıcak veya soğuk olması da insanlarda hoşnutsuzluğa neden olur. Bu insanların oranı ise,

$$PD_Z = 100 - 94 * e^{(-1,387+0,118*T_Z-0,0025*T_Z^2)}$$
 (16)

denkleminde hesaplanır[6].

2.7. Radyant Asimetriden Kaynaklanan Hoşnutsuzluk

İnsanlar buldukları ortamı çevreleyen yüzeylerin çok farklı sıcaklıklara sahip olması nedeniyle de hoşnutsuzluk hissederler. Bu hoşnutsuzluk ise[6],
 Sıcak tavan nedeni ile,

$$PD_{st} = \frac{100}{1+e^{(2,84-0,174*\Delta T_{rad,1})}} - 5,5$$
 (17)

Soğuk duvar nedeni ile,

$$PD_{sod} = \frac{100}{1+e^{(6,61-0,345*\Delta T_{rad,2})}}$$
 (18)

Soğuk tavan nedeni ile,

$$PD_{sot} = \frac{100}{1+e^{(9,93-0,5*\Delta T_{rad,3})}} - 5,5$$
 (19)

Sıcak duvar nedeni ile,

$$PD_{sd} = \frac{100}{1+e^{3,72-0,052*\Delta T_{rad,4}}} - 3,5$$
 (20)

Bu ifadelerde ΔT_{rad} radyant asimetri sıcaklık farkı olup sıcak tavan için $\Delta T_{rad} < 23^\circ C$, soğuk duvar ve tavan için $\Delta T_{rad} < 15^\circ C$, sıcak duvar için ise $\Delta T_{rad} < 35^\circ C$ olduğu zaman hesaplamalarda kullanılabilir. Yapılan hesaplarda uygun ΔT_{rad} değerleri alınmış ve Tablo 2.de gösterilmiştir. Ayrıca insanların bulunduğu ortamda kendilerini iyi hissetme durumlarına göre ısı çevreler de Tablo 3.de gösterildiği şekilde sınıflara ayrılmıştır.

Kabul edilen şartlarda konfor seviyesinin belirlenebilmesi için gerekli hesaplar yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Isıl çevrelerin sınıflandırılması[6]

Sınıf	Vücut Isıl Durumu		Lokal Hoşnutsuzluk			
	PPD %	PMV	PD _H %	PD %		
				Dikey Hava Sıcaklık Farkı	Sıcak veya Soğuk Zemin	Radyant Asimetri
A	<6	-0.2<PMV<+0.2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0.5<PMV<+0.5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0.7<PMV<+0.7	<30	<10	<15	<10

Seçilen Bir Ortam İçin Isıl Konfor Seviyesinin Belirlenmesi

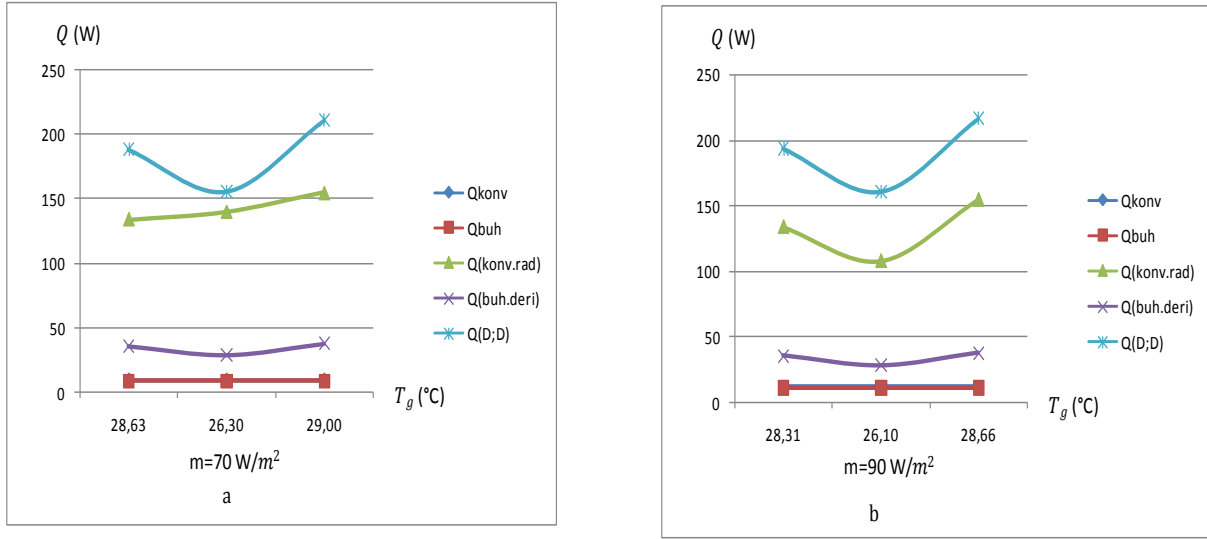
Tablo 4. Metabolik enerji üretimine göre odadaki konfor seviyesini belirlemek üzere yapılan hesaplar

m=70 W/m ² (oturarak, ayakta ve dinlenme)				m=90 W/ m ² (yazma, bilgisayar kullanma, hafif malzemeleri tasnif etme gibi çok hafif işler)		
Değişkenler	1.	2.	3.	1.	2.	3.
$\dot{Q}_{konv}[W]$	9.361	9.361	9.361	12.04	12.04	12.04
$\dot{Q}_{buh}[W]$	8.901	8.901	8.901	11.44	11.44	11.44
$\dot{Q}_{konv,rad}[W]$	134.4	108.4	155.2	134.4	108.4	155.2
$\dot{Q}_{buh,deri}[W]$	35.91	28.95	37.77	35.91	28.95	37.77
$Q_{D,D}(M - W)[W]$	188.6	155.6	211.2	193.8	160.8	216.4
$T_o[^\circ C]$	22	22	22	22	22	22
$T_g[^\circ C]$	28.63	26.3	29	28.31	26.1	28.66
$M[W]$	126	126	126	162	162	162
x_1	0.05238	0.05238	0.05238	0.03987	0.03987	0.03987
x_2	70	70	70	90	90	90
x_3	11.96	11.96	11.96	11.53	11.53	11.53
x_4	4.977	4.977	4.977	13.38	13.38	13.38
x_5	5.408	5.408	5.408	6.953	6.953	6.953
x_6	1.176	1.176	1.176	1.512	1.512	1.512
x_7	30.98	21.1	32.54	29.46	20.08	30.95
x_8	22.83	15.73	23.94	21.75	14.99	22.81
R_g	0.095	0.202	0.084	0.095	0.202	0.084
f_g	1.111	1.18	1.104	1.111	1.18	1.104
PMV	-0.384	0.5054	-0.5243	0.2156	0.8594	0.1141
$PPD[\%]$	8.071	10.34	10.75	5.964	20.59	5.27
PD_H	33.62	33.62	33.62	33.62	33.62	33.62
PD_D	55.77	55.77	55.77	55.77	55.77	55.77
PD_Z	6.094	6.094	6.094	6.094	6.094	6.094
PD_{st}	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8
PD_{sod}	7.799	7.799	7.799	7.799	7.799	7.799
PD_{sot}	1.927	1.927	1.927	1.927	1.927	1.927
PD_{sd}	5.915	5.915	5.915	5.915	5.915	5.915

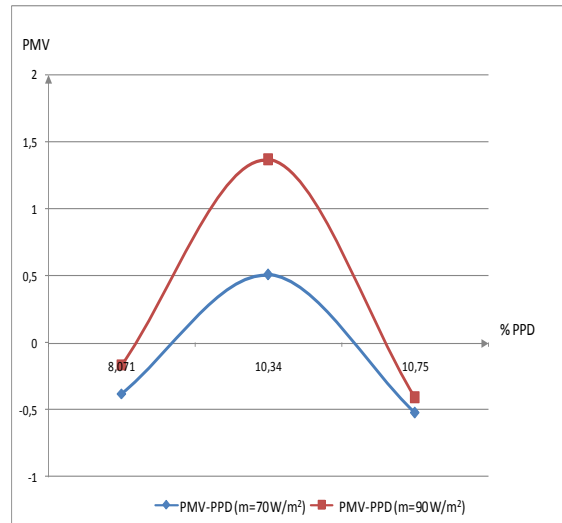
3.Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada bir bankada, kararlı analitik ısı konfor modeli olarak Fanger Isıl Konfor Denklemi (denklem 12) kullanılarak farklı iki metabolik enerji üretimine göre (M), her bir enerji üretimi için farklı 3 kıyafet tipi seçilmiş ve bu kıyafetlere göre ortamdaki konfor seviyesi belirlenmiştir. Hesaplar EES programı ile yapılmıştır. Çalışmada hesaplarda kullanılacak

veriler Tablo[2]'de verilmiştir. Bu amaçla öncelikle vücut için enerji dengesi ifadesi yazılarak eşitsizlik olup olmadığına bakılır. Bu çalışmada yapılan hesaplara göre her durum için de insan vücudunun ısı denge halinde olmadığı görülmüştür. Böyle bir ortamda bir kişinin nasıl hissettiğini ölçmek için PMV, PPD(%), PD_D , PD_Z , PD_{st} , PD_{sod} , PD_{sot} , PD_{sd} parametrelerini hesaplamak gerekmektedir. Bu hesapların sonuçları ise Tablo[4]'de verilmiştir.



Şekil 1. (a) (70 W/m^2) metabolik enerji üretiminde giysi yüzey sıcaklığına göre vücuttan olan ısı kaybı değerleri (Üç tip giysi durumu için).
 (b) (90 W/m^2) metabolik enerji üretiminde giysi yüzey sıcaklığına göre vücuttan olan ısı kaybı değerleri (Üç tip giysi durumu için).



Şekil 2.Farklı iki metabolik enerji üretimi için, PPD hoşnutsuzluk yüzdesinin PMV ısı rahatlık hissine göre değişimi (Üç tip giysi durumu için).

Metabolizma üretimi $m=70 \text{ W/m}^2$ (oturarak, ayakta ve dinlenme) ye göre yapılan hesaplarda 1. duruma göre nötr ve serin arasında nötr'e yakın bir değer, 2.duruma göre nötr ve ılık arasında ılığa daha yakın, 3. duruma göre ise nötr ve serin arasında ortada hissederler. Ayrıca 1., 2. ve 3. Durum için sırasıyla %8.071, %17.3 ve %10.75 insanın ortalamadan farklı hissettiği hesaplanmıştır. Yine aynı ortamda lokal ısı

hoşnutsuzluk incelenirse, hava akımından kaynaklanan hoşnutsuzluk yüzdesi sırasıyla %33.62, %33.62 ve %33.62 olarak hesaplanmıştır. Dikey hava sıcaklığı farkından dolayı hoşnutsuz olanların oranı ise %55.77, %55.77 ve %55.77 şeklindedir.Sıcak ve soğuk zeminden dolayı hoşnutsuz olanların oranı ise 6.094, 6.094 ve 6.094 dür. Radyant asimetriden kaynaklanan hoşnutsuzluk ise sıcak tavan var ise

sırasıyla 63.8, 63.8 ve 63.8; soğuk duvar nedeni ile sırasıyla 7.799, 7.799 ve 7.799; soğuk tavan nedeni ile 1.927, 1.927 ve 1.927; sıcak duvar nedeni ile 5.915, 5.915 ve 5.915 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlardan da görüldüğü üzere PMV ısı rahatlık indisi ve PPD hoşnutsuzluk yüzdesi dışında diğer değerler farklı giysi durumlarına rağmen değişiklik göstermemiştir.

Metabolizma enerji üretimi 90W/m^2 için ise insanlar ortamı PMV ısı rahatlık indisi hesaplarında 1.duruma göre nötr, 2.duruma göre ılık, 3.duruma göre nötr'e yakın hissederler. Ayrıca 1., 2. ve 3. Durum için %5.964, %20.59 ve %5.7 insanın ortalamadan farklı hissettiği hesaplanmıştır. Yine aynı ortamda lokal ısı hoşnutsuzluk incelenirse, hava akımından kaynaklanan hoşnutsuzluk yüzdesi sırasıyla %33.62, %33.62 ve %33.62 olarak hesaplanmıştır. Dikey hava sıcaklığı farkından dolayı hoşnutsuz olanların oranı ise %55.77, %55.77 ve %55.77 şeklindedir. Sıcak ve soğuk zeminden dolayı hoşnutsuz olanların oranı ise 6.094, 6.094 ve 6.094 dür. Radyant asimetriden kaynaklanan hoşnutsuzluk ise sıcak tavan var ise sırasıyla 63.8, 63.8 ve 63.8; soğuk duvar nedeni ile sırasıyla 7.799, 7.799 ve 7.799; soğuk tavan nedeni ile 1.927, 1.927 ve 1.927; sıcak duvar nedeni ile 5.915, 5.915 ve 5.915 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlardan da görüldüğü üzere PMV ısı rahatlık indisi ve PPD hoşnutsuzluk yüzdesi dışında diğer değerler farklı giysi durumlarına rağmen değişiklik göstermemiştir. Hatta farklı iki metabolizma enerji üretimine göre de bu değerler sabit kalmıştır. Tabloda hesaplanan bu değerler Şekil 1 ve 2 de ayrıntılı olarak diyagram halinde gösterilmiştir. Şekil 1.' de farklı iki metabolik enerji üretimi 70W/m^2 , 90W/m^2 ve farklı üç tip giysi durumu için \dot{Q}_{konv} , \dot{Q}_{buh} , $\dot{Q}_{\text{konv.rad}}$, $\dot{Q}_{\text{buh.der.}}$, Q_D ; D değerlerinin Tg giysi sıcaklığına göre değişimi görülmektedir. Şekil 2.de farklı iki metabolik enerji üretimi için, PPD hoşnutsuzluk yüzdesinin PMV ısı rahatlık hissine göre değişimi (Üç tip giysi durumu için) gösterilmiştir.

4. Sonuçlar

İnsan vücudu sürekli enerji üreten ve aynı zamanda ısı kaybeden bir sistemdir. İnsan vücudu için, belli ortam şartlarında ürettiği ve kaybettiği

enerji arasında denge sağlanması insanın kendisini rahat hissetmesini sağlar. Bu çalışmada, insanların içinde buldukları çevrenin çevresel parametreleri ve kişisel parametreleri dikkate alınarak Fanger Isıl Konfor Denklemi'ne göre örnek bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

*Metabolizma üretimi $m=70\text{W/m}^2$ ve $m=90\text{W/m}^2$ değerine göre bakıldığında, sonuçlardan da görüldüğü üzere PMV ısı rahatlık indisi ve PPD hoşnutsuzluk yüzdesi dışında diğer değerler farklı giysi durumlarına rağmen değişiklik göstermemiştir.

*Şekil 1.den görüldüğü üzere ise tüm vücut ısı kaybı değerlerinin \dot{Q}_{buh} ve $\dot{Q}_{\text{buh.der.}}$ değerleri hariç, $m=90\text{W/m}^2$ de, $m=70\text{W/m}^2$ deki değerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca vücuttan olan ısı transfer mekanizmaları içinde en büyük değeri, hem $m=70\text{W/m}^2$ hem de $m=90\text{W/m}^2$ de konveksiyon+radyasyon ile olan ısı transferi almaktadır. Ancak değişimin $m=70\text{W/m}^2$ daha lineerken, $m=90\text{W/m}^2$ de daha parabolik ve 2. giysi durumunda azalan bir karakterde olduğu görülmüştür.

* $m=90\text{W/m}^2$ deki PMV ısı rahatlık hissi değerinin, her üç tip giysi durumu için $m=70\text{W/m}^2$ ye göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

*PPD hoşnutsuzluk hissini ise $m=70\text{W/m}^2$ de 3. tip giysi için, $m=90\text{W/m}^2$ de ise 2. tip giysi durumu için en yüksek olduğu görülmüştür.

5. Kaynaklar

1. Atmaca, İ. ve Yiğit, A.(2009). Isıl konfor ile ilgili mevcut standartlar ve konfor parametrelerinin çeşitli modeller ile incelenmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 543-555.
2. Atılğan, İ. ve Ataer, Ö.E.(2009). Isıl konfor analizinin uygulanması. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 571-581.
3. Kaynaklı, Ö. ve Yamankaradeniz, R.(2002). Isıl konfor parametrelerinin optimizasyonu. Mühendis ve Makine Dergisi, 515: 28-35.
4. Öztürk, İ.T.(2011). Isıl konfor ve enerji verimliliği. X. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi, İzmir.
5. Toksoy, M.(1993). Isıl Konfor. I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
6. Pirasacı, T. ve Sivrioğlu M.(2015). Isıl çevre mühendisliği, s.199, ISBN 978-605-133-354-1