

ISIL KONFORUN FANGER YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Koray TUNCER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2006

ANKARA

Koray TUNCER tarafından hazırlanan ISIL KONFORUN FANGER YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Y. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mecit SİVRİOĞLU



Üye : Prof. Dr. Ö. Ercan ATAER



Üye : Doç. Dr. İrfan AR



Üye : Doç. Dr. Cemil YAMALI



Üye : Y. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN



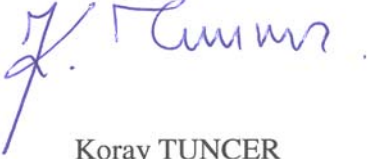
Tarih : 15/05/2006



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Koray TUNCER

ISIL KONFORUN FANGER YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Koray TUNCER

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2006

ÖZET

Isıl konfor; kişinin bulunduğu ortamdan hissettiği ısıl rahatlık olarak tarif edilebilir. Isıl konforu etkileyen parametreler ortam sıcaklığı, ortalama ısıma sıcaklığı, bağıl nem, bağıl hava hızı, aktivite seviyesi ve giysi ısıl değeridir. Kapalı bir ortam içerisinde ısıl konforun belirlenmesi, o ortamdaki çeşitli parametrelerin ölçülerek bilimsel yöntemlere dayalı kriterlere göre değerlendirilmesi ile mümkündür. Bu çalışmada, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Binası 2. katında bulunan 201, 203 numaralı çizim salonlarında ve 222 numaralı sınıfta, ısıl konfor açısından gerekli şartların sağlanıp sağlanmadığı Fanger yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Fanger yöntemi için verilen vücut ile çevre arasındaki ısı geçişi denklemlerinden ve ısıl konfor ile vücuttaki fizyolojik kontrol mekanizmalarının etkilerini ifade eden ampirik bağıntılardan yararlanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ortam sıcaklığı, ortalama ısıma sıcaklığı, bağıl nem ve bağıl hava hızı değerleri kapalı hacim içerisinde belirlenen hücrelerde üç farklı yükseklik için ölçülmüştür. Yazılan fortran bilgisayar programı yardımıyla PMV (Ortalama tahmini oy), PPD (Ortalama memnuniyetsizlik yüzdesi) değerleri hesaplanmış ve standartlardaki değerlerle karşılaştırılmıştır. Hesaplanan PMV değerleri kullanılarak dersliklerdeki eş-PMV eğrileri çizilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dersliklerin, hacim içerisine mümkün olduğu kadar homojen olarak dağıtılmış bir ısıtma sistemiyle ısıtılması, ısıl konfor açısından birbirine daha yakın alanlar yaratmaktadır. Ayrıca 222 numaralı dersliğin binanın güneye bakan tarafında bulunmasından dolayı güneş ışınlarının yoğun olarak

geldiği yerlerde konforsuz alanlar oluşmaktadır. Bu nedenle pencerelere güneş önleyici bir sistemin takılması gerekmektedir.

Bilim Kodu : 914.1.065
Anahtar Kelimeler : Isıl konfor, Fanger yöntemi, Konfor diyagramları
Sayfa Adedi : 132
Tez Yneticisi : Y. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN

EXAMINATION OF THERMAL COMFORT BY FANGER'S METHOD
(M.Sc. Thesis)

Koray TUNCER

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
May 2006

ABSTRACT

Thermal comfort can be described as feeling comfortable in an environment in terms of thermal conditions. Parameters affecting the thermal comfort are actually; air temperature, mean radiant temperature, relative humidity, relative velocity, activity level and thermal resistance of the clothes. Meanwhile, the Indoor Thermal Comfort can be determined by measuring several environmental parameters and their evaluation in conformity with scientific methods. At this study, the thermal comfort is investigated by applying Fanger Method, in two drawing rooms and a classroom located at the second floor of Gazi University Faculty of Architecture & Engineering Building, where the classroom number is 222 and drawing room numbers are 201 and 203. Thermal equations given for Fanger's method which describes the heat flow between human body and environment are used. In addition, the empirical relations between thermal comfort and physiological control mechanisms which express the effects of the heat transfer between human body and environment are taken into account. During experimental studies, air temperature, mean radiant temperature, relative humidity and relative velocity are measured for determined cells at three different height levels. By writing a software in Fortran language, the values of predicted mean vote (PMV) and predicted percentage of dissatisfied (PPD) are calculated and compared by the standard values. Equivalent-PMV curves are drawn by using calculated PMV values. According to the results obtained, it has been seen that more homogeneous

distribution of heating radiators will create more thermally similar areas which means better thermal comfort. Furthermore, since the classroom (room no 222) is situated on the south side of the building, the sunshine penetrates directly into the classroom and causes poor thermal comfort. Therefore, a system should be put into practice to prevent direct penetration of the sunshine in this classrom, it is highly recommended.

Science Code : 914.1.065
Key Words : Thermal comfort, Fanger's method, Comfort diagrams
Page Number : 132
Adviser : Asist. Prof. Dr. İbrahim ATILGAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarını eksik etmeyen hocam Y. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN' a, çok değerli bilgileriyle beni yönlendiren ve çalışmama büyük katkıları olan Prof. Dr. Ö. Ercan ATAER' e, Araş. Gör. Yusuf TEKİN' e, Nilüfer APAYDIN' a ve manevi olarak bana her zaman destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ	1
2. BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	3
3. ISIL KONFOR	10
3.1. Isıl Konforun Tanımı	10
3.2. İnsanın Metabolizma Faaliyetlerine Göre Enerji Üretimi	11
3.3. Isıl Konfor Modelleri	13
4. ISIL KONFORU ETKİLEYEN DEĞİŞKENLER	16
4.1. Çevresel Değişkenler	16
4.1.1. Hava sıcaklığı	16
4.1.2. Ortalama ısıma sıcaklığı	16
4.1.3. Bağlı hava hızı	16
4.1.4. Havanın nemliliği	17
4.2. Kişisel Değişkenler	17
4.2.1. Aktivite düzeyi	17

Sayfa

4.2.2. Giysi türü.....	17
5. FANGER YÖNTEMİ	18
5.1. Isıl Konforun Ana Koşulları.....	18
5.2. Isı Dengesi.....	20
5.3. İç Isı Üretimi	20
5.4. Deriden Su Buharı Difüzyonu ile Kaybedilen Isı	21
5.5. Solunum ile Kaybedilen Gizli Isı.....	22
5.6. Kuru Solunum ile Kaybedilen Isı.....	24
5.7. Giysili Vücutta Ciltten Yüzeye Olan Isı Transferi.....	25
5.8. Giysili Vücuttan Işınım ile Kaybedilen Isı	26
5.9. Giysili Vücuttan Taşınım ile Kaybedilen Isı.....	28
5.10. PMV Denklemi	32
5.10.1. Isıl duyum (Y).....	33
5.11. PPD Denklemi.....	37
5.12. Konfor Diyagramları	38
6. DENEYSEL ÇALIŞMA	39
6.1. Deney Düzeneği	39
6.2. Deneysel Yöntem	39
6.3. Ölçüm Cihazları, Gereçler ve Kalibrasyon	47
6.3.1. Veri toplama cihazı	47
6.3.2. Isıl çiftler	49
6.3.3. Isıl çiftlerin kalibrasyonu	50
6.3.4. Anemometre.....	51

Sayfa

6.3.5. Higrometre.....	53
6.4. Ölçümler.....	53
6.5. Hata Analizi.....	56
6.6. Deneysel Sonuçlar.....	59
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	60
EKLER.....	80
EK-1. Değişik aktivitelerde metabolizma hızları.....	81
EK-2. Çeşitli giysilerin ısı dirençleri.....	84
EK-3. 201 numaralı sınıf planı.....	85
EK-4. 203 numaralı sınıf planı.....	86
EK-5. 222 numaralı sınıf planı.....	87
EK-6. 201 numaralı sınıf için ölçüm yapılan hücreler.....	88
EK-7. 203 numaralı sınıf için ölçüm yapılan hücreler.....	89
EK-8. 222 numaralı sınıf için ölçüm yapılan hücreler.....	90
EK-9. Deney sırasında öğrencilerin 201 numaralı sınıftaki dağılımı.....	91
EK-10. Deney sırasında öğrencilerin 203 numaralı sınıftaki dağılımı.....	92
EK-11. Deney sırasında öğrencilerin 222 numaralı sınıftaki dağılımı.....	93
EK-12. 201 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (27.02.2006/14:00-15:40).....	94
EK-13. 203 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (27.02.2006/11:00-12:40).....	95
EK-14. 222 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (27.02.2006/16:00-17:20).....	96
EK-15. 222 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (02.03.2006/15:30-16:50).....	97
EK-16. Doymuş su sıcaklık – su buharı basıncı çizelgesi.....	98
EK-17. 201 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerlerinin hesabı için bilgisayar programı (27.02.2006).....	99
EK-18. 203 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerlerinin hesabı için bilgisayar programı (27.02.2006).....	101
EK-19. 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerlerinin hesabı için bilgisayar programı (27.02.2006).....	103
EK-20. 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerlerinin hesabı için bilgisayar programı (02.03.2006).....	105
EK-21. 201 numaralı sınıf için PMV ve PPD değerleri (27.02.2006).....	107
EK-22. 203 numaralı sınıf için PMV ve PPD değerleri (27.02.2006).....	108
EK-23. 222 numaralı sınıf için PMV ve PPD değerleri (27.02.2006).....	109
EK-24. 222 numaralı sınıf için PMV ve PPD değerleri (02.03.2006).....	110
EK-25. 1 ve 2 numaralı ısı çift için kalibrasyon eğrisi.....	111
EK-26. 3 ve 4 numaralı ısı çift için kalibrasyon eğrisi.....	112
EK-27. 5 ve 6 numaralı ısı çift için kalibrasyon eğrisi.....	113

Sayfa

EK-28. 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları	114
EK-29. Konfor diyagramları	124
EK-30. 27.02.2006 tarihinde Ankara ili için hava durumu.....	128
EK-31. 02.03.2006 tarihinde Ankara ili için hava durumu.....	129
EK-32. 201 numaralı sınıf için (9. hücre, 0,6 m yükseklik) PMV ve PPD hesabı	130
ÖZGEÇMİŞ.	132

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Etkin radyasyon alan faktörü (f_{eff})	27
Çizelge 5.2. Dört farklı aktivite seviyesi için ortalama oy ve ortam sıcaklığı arasındaki ilişki	34
Çizelge 5.3. Yedi noktalı ASHRAE ölçütü.....	36
Çizelge 6.1. Dört farklı sıcaklık değeri için p_g değerleri.....	45
Çizelge 6.2. Kalibrasyon ölçüm değerleri.....	51
Çizelge 6.3. Veri toplama cihazı, higrometre için ölçülen büyüklükler ve belirsizlikler.....	56
Çizelge 7.1. 201 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (27.02.2006)	59
Çizelge 7.2. 203 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (27.02.2006)	59
Çizelge 7.3. 222 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (27.02.2006)	60
Çizelge 7.4. 222 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (02.03.2006)	60

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı ve nem aktarım mekanizmaları	13
Şekil 5.1. İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı ve nem aktarım mekanizmaları (Fanger modeli)	18
Şekil 5.2. Ortalama deri yüzey sıcaklığının aktivite seviyesine göre değişimi.....	30
Şekil 5.3. Terleme yoluyla olan ısı kaybının aktivite seviyesine göre değişimi.....	30
Şekil 5.4. $\delta Y/\delta L$ ' nin metabolik orana göre değişimi	35
Şekil 5.5. PMV ile PPD arasındaki ilişki	37
Şekil 6.1. Program akış şeması	42
Şekil 6.2. Elimko 680 veri toplama cihazı boyutları.....	48
Şekil 6.3. Tek delikli izolator	49
Şekil 6.4. Isıl çift ucuna takılan koruyucu kılıf.....	50
Şekil 6.5. Anemometrenin ön paneli ve hava akımı sensörü	52
Şekil 6.6. 201 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (27.02.2006).....	62
Şekil 6.7. 201 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (27.02.2006).....	63
Şekil 6.8. 201 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (27.02.2006).....	64
Şekil 6.9. 203 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (27.02.2006).....	65
Şekil 6.10. 203 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (27.02.2006).....	66
Şekil 6.11. 203 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (27.02.2006).....	67
Şekil 6.12. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (27.02.2006).....	68
Şekil 6.13. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (27.02.2006).....	69
Şekil 6.14. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (27.02.2006).....	70

Şekil	Sayfa
Şekil 6.15. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (27.02.2006).....	71
Şekil 6.16. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (27.02.2006).....	72
Şekil 6.17. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (27.02.2006).....	73

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1. Sıcaklıkların ölçümü için deney düzeneği	40
Resim 6.2. Isıl çiftlerin yerleşimi	46
Resim 6.3. Hava hızı ölçümü için anemometrenin kullanımı	47
Resim 6.4. 0,2 m yükseklik için sıcaklık değerlerinin veri toplama cihazından okunması	48
Resim 6.5. 0,6 m yükseklik için sıcaklık değerlerinin veri toplama cihazından okunması	48
Resim 6.6. 1,0 m yükseklik için sıcaklık değerlerinin veri toplama cihazından okunması	49
Resim 6.7. Anemometre	52
Resim 6.8. Higrometre	53
Resim 6.9. 201 numaralı sınıf	54
Resim 6.10. 203 numaralı sınıf	54
Resim 6.11. 222 numaralı sınıfta güneşin ısı konfora olan etkisi	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A_{Du}	DuBois alanı (İnsan vücudu yüzey alanı), m^2
A_{eff}	İnsan vücudu efektif ışıınım yüzey alanı, m^2
c_p	Sabit bacinçtaki havanın özgül ısısı, $kcal/kg^{\circ}C$
C	Giysili vücuttan taşınım ile olan ısı kaybı, $kcal/h$
E_d	Deriden su buharı difüzyonu ile kaybedilen ısı, $kcal/h$
E_{re}	Solunum ile kaybedilen gizli ısı, $kcal/h$
E_{sw}	Deriden terin buharlaşması ile kaybedilen ısı, $kcal/h$
f_{cl}	Giysili vücut yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı
f_{eff}	Etkin radyasyon alan faktörü
h_c	Taşınım ile ısı geçişi katsayısı, $kcal/hm^2^{\circ}C$
H	Vücut iç ısı üretimi, $kcal$
I_{cl}	Giysi ısı direnci, clo
K	Giysili vücutta ciltten yüzeye olan ısı transferi, $kcal/h$
L	Kuru solunum ile kaybedilen ısı, Isıl yük, $kcal/h$
m	Deri geçirgenlik katsayısı, kg/hm^2mmHg
M	Metabolik oran, $kcal/hm^2$
p_a	Hava içerisindeki su buharı basıncı, $mmHg$
p_g	Belirli bir sıcaklık değeri için suyun doyma basıncı, $mmHg$
p_s	Deri yüzeyi sıcaklığındaki doymuş su buharı basıncı, $mmHg$
p	Deniz seviyesindeki barometrik basınç, $mmHg$
PMV	Ortalama tahmini oy
PPD	Tahmini memnuniyetsizlik yüzdesi

Simgeler	Açıklama
R	Giysili vücuttan taşınım ile kaybedilen ısı, $m^2h^{\circ}C/kcal$
R_{cl}	Ciltten giysi yüzeyine toplam ısı transfer direnci, $m^2^{\circ}C/kcal$
T_a	Hava sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_{cl}	Giysi yüzeyi sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_{ex}	Akciğerlerden dışarıya verilen havanın sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_{mrt}	Ortalama ışıma sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_s	Ortalama deri yüzeyi sıcaklığı, $^{\circ}C$
v	Bağıl hava hızı, m/s
V	Akciğerlere alınıp verilen hava miktarı, kg/h
W	Mekanik dış güç, kcal/h
w_a	Akciğerlere alınan havanın nem oranı, kgsu/kgkuru hava
w_{ex}	Akciğerlerden verilen havanın nem oranı, kgsu/kgkuru hava
Y	Isıl duyum
ε	İnsan derisinin ışıyım yayma oranı
λ	Suyun buharlaşma ısısı, kcal/kg
η	İnsan vücudu mekanik dış verimi
ω	Bağıl nem
σ	Stefan-Boltzmann sabiti, $kcal/m^2hK^4$

1. GİRİŞ

Vücut ile çevre arasındaki ısı etkileşim insan sağlığını etkilemektedir. İnsanlar doğalarından kaynaklanan barınma ihtiyacı sonucu ihtiyaçların karşılanması amacıyla hayatlarının oldukça büyük bir bölümünü yapay iklimde geçirmektedirler. Bunun amacı bireyin rahat edebileceği ortamları hazırlamaktır. Bu yapay ortamları tasarılma sürecinde, tasarımcıdan beklenen, yapma çevre içerisinde kullanıcının, biyolojik, psikolojik ve sosyal-kültürel ihtiyaçlarına en uygun ortamı yaratmasıdır. Biyolojik ihtiyaçların karşılanabilmesi için önemli etkenlerden birisi de ısı konfordur. Isıl konforun sağlandığı bir ortamda insanın algı ve kavrayış performansı genelde en yüksek seviyededir[1].

İnsan vücudu sürekli olarak enerji ürettiği gibi, çevreyle de bir ısı etkileşim içerisinde. Metabolik faaliyetlerle üretilen enerjinin bir kısmı yapılan iş için kullanılmakta, geri kalan önemli bir kısmı ise çevreye ısı kayıpları şeklinde verilmektedir. Isıl konfor ile ilgili çevresel ve kişisel parametrelerin değişmesi sonucu vücut, denetim mekanizmalarını harekete geçirerek çevre ile ısı dengesi kurmaya çalışır. Yani vücuttan olan ısı kaybını, yaptığı aktiviteler ve denetim mekanizmaları (titreme, terleme gibi faaliyetler) ile karşılama yoluna gider[2].

Isıl konfor şartlarını etkileyen en önemli değişkenler yapılan faaliyetin/aktivitenin düzeyi, giyiniş tarzının ısıya olan direnci, hava sıcaklığı, ortalama ışıma sıcaklığı, bağıl hava hızı ve havanın buhar basıncıdır. Fanger' in yaptığı araştırmalardan önceki çalışmalarda bu altı değişken kontrol edilmemiş, ölçülmemiş ve raporlanmamıştır. Bazı çalışmalarda değişkenler kontrol edilmiş, bir ya da iki değişkenin etkili olduğu saptanmıştır. Fanger yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda, vücut ısı ve aktivite sonucu ter salgılanmasının ısı konforla bağlantılı olduğunu ve bu iki fonksiyonun ısı konforun temel şartları olduğunu söylemiştir. Fanger modeli insan vücudunu deri ile sınırlandırılmış tek bir sıcaklığa sahip bir kontrol hacmi olarak ele alır[3]. İnsan vücudu ısı transfer denklemleriyle bu iki fonksiyonun birleştirilmesi sonucunda altı ısı konfor değişkeni de kapsayan genel ısı konfor denklemi oluşturulmuştur. Bu denklem en uygun ısı konforun elde edilebilmesi için

bu değişkenlerin nasıl birleştirilebileceğini gösterir. Denklemin kullanılmasıyla herhangi bir aktivite düzeyi ve giysi çeşidi için ısı konfor şartlarını hesaplamak mümkündür. Fanger bu denklemi bilgisayar yardımıyla çözerek mühendislik uygulamaları için pratik olarak kullanılabilen çeşitli tablo ve konfor diyagramlarını da elde etmiştir. Altı değişken ile oluşturulan genel ısı konfor denklemi ile PMV (Predicted Mean Vote – ortalama ısı duyumu) indeksi oluşturulmuştur. Bu indeks, konfor denklemindeki sapma ve konforsuzluk değeri hakkında bilgi verir. PMV değerinin hesaplanmasıyla ortam içerisindeki PPD (Predicted Percentage Dissatisfied - tahmini memnuniyetsizlik yüzdesi) değeri de hesaplanabilir[3].

2. BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Isıl konforun belirlenmesi ile ilgili literatürde yapılmış pek çok çalışma vardır. Kaynaklı ve Yiğit, vücut ile çevre arasındaki ısı geçişi eşitliklerinden ve ısıl konfor ile fizyolojik denetim mekanizmalarının etkilerini ifade eden ampirik bağıntılardan yararlanarak, insanların ısıl konfor şartlarını etkileyen çevresel ve kişisel parametreleri incelemişlerdir. Çevresel parametrelerden sıcaklık, nem, hız ve kişisel parametrelerden giysinin ısıl direnci ve hareketlilik (metabolik ısı üretimi) gibi parametrelerin, insanın ısıl konfor bölgesinde kalması için nasıl değiştiği ve birbirlerini ne ölçüde etkilediğini grafikler halinde vermişler, vücuttan olan duyulur ve gizli ısı kayıpları, kan debisi, deri ıslaklığı gibi bir çok özelliğin ısıl konfor parametreleri ile değişimini karşılaştırmalı olarak incelenmişlerdir. Matematiksel model kısmında verilen bağıntılar fortran programlama diliyle bilgisayar ortamına aktarılmıştır[4].

Tanebe ve arkadaşları çıplak ve giyinik vücuttan olan ısı kayıplarını belirlemek için bir manken üzerinde deneysel çalışmalar yapmışlardır. Vücudu belli bölümlere ayırarak her bir kısımdaki ısıl direnci ve duyulur ısı kayıplarını bulmuşlardır. Ancak çalışmada, ısıl konforla ilgili bir sonuca varılmamış ve ortamdaki hava hızlarının, bağıl nemin ve metabolik aktivitenin etkisi incelenmemiştir[5].

Kaynaklı ve Yamankaradeniz insan vücudunun çeşitli kısımlarından olan ısı kayıpları, üretilen ter miktarı ve buna bağlı olarak deri ıslaklıklarını belirlemiş ve bunların ısıl konfor şartlarına olan etkisini incelemiştir. Vücut üzerindeki hava hızlarının ve giyilen giysilerin dirençlerinin farklılığı göz önünde bulundurularak 16 kısıma ayrılan insan vücudunun her bir kısmının çevreyle olan ısı ve kütle transferinin simülasyonu yapmıştır[6].

Arıcı ve arkadaşları genellikle insanın ısıl konforunu etkileyen dört parametreyi (hava sıcaklığı, bağıl hava hızı, bağıl nemi ve ortalama ışıyım sıcaklığı) belirterek bunların ilk üçünün klima cihazlarıyla kontrol edilebileceğini veya değiştirilebileceğini vurgulamışlardır. Dolayısıyla çalışmalarında bu parametrelerin

değişimi üzerinde durmuşlar, ancak insan konforu ile ilgili bir sonuca varmamışlardır[4].

Fountain ve arkadaşları 20-26 ET (etkin sıcaklık) ve %60 - %90 izafi nem aralığında inceleme yapmışlar ve metabolik aktivitenin 1,6 met ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$) ve üzerindeki değerler için hiçbir nem değerinde, PPD değerinin %25'in altına inmediği ve aktivite azaldıkça kabul edilebilir nem miktarının da arttığı sonucuna varmışlardır. Etkin sıcaklık, bulunulan ortamda çevreye olan ısı kaybına eşit bir ısı kaybına yol açan, %50 bağıl nemdeki ortamın sıcaklığıdır[7].

Toftum ve arkadaşları çalışmalarında insanların memnuniyetsizliklerini havanın sıcaklığına, nemine ve deri ıslaklığına bağlı olarak incelemişlerdir. Çalışmada, bağıl nemin; 26°C için %36' nın altında, 23°C için %57' nin altında tutulması önerilmektedir. Ayrıca düşük ve yüksek nemin insan sağlığı ve bina elemanları üzerindeki muhtemel olumsuz etkilerinden bahsedilmektedir[8].

Ataer yaptığı çalışmada ameliyathanelerin havalandırılması için yeni bir havalandırma sistemi önermiştir. İnşa edilen test odasına hava difüzörlerle tavandan verilmiş ve alt yanlardan çekilmiştir. Odanın tavanının bir kısmı hava ile soğutulmuştur. Isıl konforun analizinde Fanger yöntemi kullanılmış, değişik parametrelerin, özellikle de soğutulmuş tavanın etkilerini göstermek için deneyler tekrarlanmıştır. Fanger denklem seti iterasyon yöntemi ile bir bilgisayar programı yardımıyla çözülmüştür. Operatör, anesteziist, ve hemşire için her konumda, üç yükseklikte PMV değerleri kullanılarak eş-PMV eğrileri çizilmiştir. Operatörün PMV değeri 0,97 ve PPD değeri % 25,3 olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonunda verilen sonuçlar şu şekildedir: ASHRAE' nin skalasına göre, özellikle odanın orta kesimi operatör için ılık 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 daha normal bir ortam oluşturabilirler[9].

Harputlugil ve Çetintürk çoğunluğu benzer malzeme ve sistemle inşa edilmiş Safranbolu Hacı Hüseyinler Evleri' nde yaptıkları çalışmada, bu evlerin yaz ve kış koşulları için nasıl bir grafik izlediğini, kullanıcıyı yılın 12 ayında hangi ısıl koşullarda barındırdığını matematiksel olarak gösterebilmek için bir ısıl konfor analizi gerçekleştirmişlerdir. Gerçekleştirilen analiz için İngiltere Cardiff Üniversitesi Mimarlık Bölümü' nde, Dr. Andrew Marsh tarafından 1998 yılından bu yana geliştirilmekte olan ECOTECT programının 2004 sürümü (v.5.20) kullanılmıştır. Isıl performansa ait fikir edinebilmek için, ECOTECT, bir yılda sıcaklığın belirli bir değerde olduğu saat sayısını gösteren, mekanların yıllık sıcaklık dağılım eğrilerini vermektedir. Bu grafik yardımıyla mekanların yıl boyunca yoğunlukla hangi sıcaklık dilimleri arasında kaldığı belirlenmektedir. Ancak bu çalışmada söz konusu evin insan konforu üzerine etki eden parametreler üzerinde durulmamıştır[10].

Int-Hout, konforu sağlayan sistem parametrelerinin değiştirilmesi ile enerji tasarrufunun sağlanmasına yönelik çalışmalar yapmıştır. İklimlendirme sistemlerinde düşük sıcaklıktaki havanın kullanılmasıyla, konfor şartlarının ve istenilen iç hava kalitesinin sağlandığını, ayrıca hem işletme, hem de yatırım maliyetlerinin düştüğünü göstermiştir[11].

Kaynaklı ve arkadaşları, sürekli rejim enerji dengesi modeli için verilen, vücut ile çevre arasındaki ısı geçişi denklemlerinden ve ısıl konfor ile vücuttaki fizyolojik kontrol mekanizmalarının etkilerini ifade eden ampirik bağıntılardan yararlanarak, insanların ısıl konfor şartlarını etkileyen sıcaklık, bağıl nem, hava hızı, metabolik aktivite ve giysi yalıtım dirençleri gibi parametrelerin değişimini ve birbirlerine etkilerini incelemişlerdir. ASHRAE Standart 55-92' nin vermiş olduğu, bir ortamın konforlu olarak nitelendirilebilmesi için PPD değerinin % 10' u aşmaması gerektiği kriterini göz önünde tutarak insanların farklı şartlarda konforlu hissedebilmeleri için ısıl konfor bölgelerini çıkarmışlar ve grafikler halinde sunmuşlardır[12].

Yiğit yaptığı çalışmada vücudun çeşitli bölümlerinden olan ısı kayıplarını farklı giysiler için incelemiştir. Fakat çalışmada, vücudun konfor bölgesinde olması için ısı konfor parametrelerinin nasıl değiştiği belirtilmemiştir[13].

De Dear ve arkadaşları 12 denek üzerinde yapmış oldukları deneysel çalışmalarda giysilerin ısı konfora etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, ortamdaki bağıl nemin ani değişmesi sonucu farklı giysilerin (yün, pamuk, polyester vb.) su buharı geçirme özelliklerinin deri sıcaklığı ve ısı his üzerindeki etkilerini vermişlerdir[12].

Horuz ve Abdulvahap yaptıkları çalışmada ısı konfor şartlarını incelemek için geliştirilmiş önemli matematik modelleri incelemişler ve bilgisayar programları yardımıyla karşılaştırmışlardır. Literatürde gerek insanlar ve gerekse mankenler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarla da kıyaslayarak modellerin uygunluğunu tartışmışlardır. Araştırmaları sonucu günümüzde yaygın olarak kullanılan Fanger ve Gagge modellerinin hafif aktivitelerde iyi sonuçlar verirken, aktivite derecesi arttıkça deney sonuçlarına göre küçük de olsa birtakım sapmalar gösterdiklerini ortaya koymuşlardır[14].

Yiğit ve Horuz yaptıkları bir başka çalışmada, matematiksel modellemesi yapılan insan vücudu için geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla; giysi, hız ve konuma bağlı olarak farklı aktivite durumlarında (farklı metabolik ısı üretimlerinde) ısı konfor şartlarını araştırmışlardır. Geliştirilen bilgisayar programı genel amaçlı olup, her bir durumu incelemeye uygundur. Daha sonra teorik olarak yapılan bu çalışma, hazırlanan oda içerisinde mankenler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarla da karşılaştırılarak modelin uygunluğu tartışılmıştır[15].

Yiğit yaptığı çalışmada ısı konfor ile ilgili simülasyon çalışmaları için yeni bir model oluşturmuştur. Bu modelde; insan vücudu, farklı ve homojen ısı dirence sahip 16 kısıma ayrılmış, her bir kısım iç ve dış (deri) olmak üzere iç içe iki silindir olarak düşünülmüştür. İç içe iki silindir şeklindeki iç ve dış kısım arasında iletim şeklinde ısı transferi olduğu gibi, damarlardan kan akışı ve terleme şeklinde de ısı ve kütle transferi olmaktadır. Deri tabakasından çevreye ise iletim, taşınım, ışıyım ile olan ısı

transferinin yanı sıra, kütle transferi de olmaktadır. Farklı metabolik ısı üretimi ve farklı giysi durumlarında dış ortamın sıcaklığı, nemi ve hava hızı değiştirilerek ısıl konfora etkileri incelenmiştir. Ayrıca her bir vücut kısmının zamana bağlı iç ve dış sıcaklıkları incelenerek ısıl konfor şartları araştırılmıştır[16].

Olesen ve Parsons, ISO 7730 standardının çıkışı ve geçerli aktiviteyle ısıl konfor ilgisini anlatmışlardır. Gözden geçirilerek düzeltilmiş olan standartta genel ısıl konfor (PMV, ortam sıcaklığı) ve lokal ısıl konforsuzluk (radyasyon sıcaklığı asimetrisi, cereyan, dikey hava sıcaklığı farkı, kat yüzey sıcaklıkları) için isteklerin temel olduğu belirtilmektedir[17].

Loveday ve arkadaşları, geçerli dizayn standardı ISO 7730' un Fanger' in çalışmasında temel olduğu ve özellikle sabit durum insan ısı eşitliği modelini içerdiği, sabitlenen ısıl şartların verilmesi için insanın ısıl konfor hissetmesi tahmininin izlendiği belirtmektedirler[18].

Fanger ve Toftum, PMV' nin aktivite seviyesinin, giysinin ve dört klasik ısıl çevre parametresi olan hava sıcaklığı, hava hızı ve nemin fonksiyonu olarak hesaplandığını belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, ortam içerisinde pencere kapalı iken bazen dış sıcaklığın iç sıcaklığı aştığı, içerideki sıcaklığı uygun hale getirmek için klima uygulamalarının açılabilir pencere uygulamalarına göre daha iyi algılanabilir kontrol üretebildiğini belirtmişlerdir[19].

Havenith, Holmer ve Parsons, ısıl konforun altı faktörden etkilendiğini ve her birinin doğruluğunun PMV' nin doğruluğunu etkileyeceğini belirtmişlerdir. PMV'yi hesaplamada, metabolik oranı bulmak için tipik ofis havalandırmasını kullanmışlardır[20].

Jones, ısıl konfor modellerinin değişkenlerin pek çok kombinasyonlarını içeren pratik ortalamalar sunduğunu, yine de çok önemli iki tane kısıtlama olduğunu söylemiştir. Birinci kısıtlamanın her modelin kesinlikle ve tek ifadeyle tanımlı olan standarda bağlı olması gerektiğini, ikinci kısıtlama olarak da standartta kullanılan

modelin doğru sonuçları üretmede ispatlanmış şartlar için kesin ve dikkatli olarak belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Standardı kullananların, verilen şartlara modelin uyup uymadığı gibi belirlemeleri yapmalarının gerektiğini açıklamıştır[21].

Parsons, ısı konfor isteklerinin belirlenmesi için bir laboratuvar çalışma programı sunmuştur. İki çalışmayla 16 öznenin oluşturduğu gruplar ofis/salonda 3 saat üzerinde canlandırma ile cinsiyetin aralıklar (sıcak ya da soğuk) üzerindeki etkisini araştırmıştır. Benzer giysi ve aktivitelerde, sıcağa yakın ve doğal şartlarda ısı konfora cevapta bay ve bayanların yalnızca küçük farklılıklar içerdiğini belirtmiştir. Serin şartlarda ısı konfora cevabın değişimi ısıya alışmadan dolayı küçük ve önemsiz olduğu belirtilmiştir. Ayrıca giyilen giysilerin ısı konfor sağlaması limitler içerisinde ayarlanabilir olması gerekliliği üzerinde durulmuştur. Üst limitlerde giysi çıkarma az miktarda ve kabul edilebilir bir şekilde olmalıdır. Alt limitlerde giysi giyme yine az miktarda ve kabul edilebilir şekilde belirlenmelidir[22].

Toftum, kişilerin oturarak hafif aktivitede bulunduğu ortamda bir uçtan diğerine ısı hissin çok az değişmesinin doğal olduğunun düşünüldüğünü belirtmiştir. Çalışma sunucunda hava kalitesini algılama üzerinde yalnız hava sıcaklığı ve hava neminin iyi bir ilişki kurduğu ifade edilmiştir[23].

Kaynaklı ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, ısı konfor şartlarını etkileyen önemli parametrelerden birisi olan giysilerin, vücuttan olan ısı kayıplarına ve ısı konfor şartlarına etkisini incelemişlerdir. Vücut ile çevre arasında gerçekleşen ısı, kütle transferinin ve vücut fizyolojisinin gösterdiği tepkilerin simülasyonu oluşturulmuştur. Vücutla çevre arasındaki ısı etkileşim için temel ısı-kütle transferi denklemlerinden, vücut fizyolojisinin etkilerini ifade için ise ampirik bağıntılardan yararlanılmıştır. Farklı giysiler ve ortam sıcaklıkları için vücuttan çevreye olan duyulur-gizli ısı geçişleri ve ortamın nasıl algılandığını gösteren PMV ve PPD konfor indekslerinin değişimi verilmiştir. Aynı zamanda giysilerle ısı konfor için gerekli ortam sıcaklığı arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonuç olarak, giysi direncinin artmasıyla daha düşük ortam sıcaklıklarında vücutla çevre arasında enerji dengesi uzun bir zaman aralığında kurulmakta ve bu nedenle konfor şartları için ortam

sıcaklığının azaltılması gerekmektedir. Bununla birlikte giysi direncinin artmasıyla konfor bölgesi genişlemekte, insanlar daha geniş çevresel koşullarda kendilerini rahat ve konforlu hissetmektedirler[24].

Kaynaklı ve Kılıç, yaptıkları çalışmada vücut ile çevre arasındaki ısı ve kütle geçişi hesabı ve ortamın ısı konfor seviyesinin tespiti için gerekli prosedürü tanıtmış ve mühendislik uygulamalarında kullanıcıya kolaylık sağlayacak bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Hazırlanan bilgisayar programı, ısı konforla ilgili gerekli çevresel ve kişisel parametrelerin girilmesinin ardından sürekli rejimde vücuttan olan ısı ve kütle geçişi ile ortamın ısı seviyesini belirlemektedir. Program, görsel bir programlama dili olan Delphi 7 ile hazırlanmıştır. Kullanıcı, giriş verileri arasında yer alan, kişinin aktivite seviyesi ve giysi ısı direnci değerlerini kendisi girebildiği gibi programda hazır bulunan veri tablolarından da kolaylıkla seçebilmektedir. Aynı zamanda, vücut üzerindeki taşınım katsayısının hesabı için kullanıcı, verilen denklemler arasından kullanım koşullarına bağlı olarak uygun olanı seçilebilmektedir[25].

Toksoy duvarları, tavanı ve tabanı iyi yalıtılmış bir konferans salonunda yaz şartları için ısı konforu belirlemiş ve giysi türünün konfor sıcaklığı çok etkilediğini konfor diyagramları yardımıyla ortaya koymuştur. Konferans salonunun yaz şartlarında hafif giysiler giyen insanlar tarafından doldurabileceği gibi takım elbise giyen insanlar tarafından da doldurulabileceği göz önünde bulundurulmuştur. Birinci durum için giysi ısı değeri 0,5 clo (hafif giysiler), ikinci durum için ise 1 clo (orta giysiler) alınmış ve her iki durum içinde konfor sıcaklığı seçimini yapılmıştır. Bütün insanların konferansı oturarak izleyeceği düşünülerek aktivite seviyesi 1 met alınmıştır. İzleyicilerin oturdukları seviyede bağıl hava hızı 0,2 m/s alınarak, bağıl nem oranı %50 olarak seçilmiştir. Salonu çevreleyen yüzeyler iyi yalıtılmış olduğu için iç yüzey sıcaklıklarının ortalama hava sıcaklığına yakın olacağı kabul edilerek, ortalama ışıyım sıcaklığının hava sıcaklığına eşit olduğu kabulü yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda, 0,5 clo giysi ısı değeri için konfor sıcaklığı 26,9 °C, 1 clo giysi ısı değeri için 23,9 °C olarak hesaplanmıştır[26].

3. ISIL KONFOR

İnsanlar çevresel etkilerden korunmak amacıyla, içinde yaşadıkları yapıları yaratırken; kendilerini rahatsız hatta hasta edecek ortamları da oluşturmaktadırlar. Bu nedenle insanların yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri kapalı mekanlarda ısı konfor açısından gerekli şartların sağlanması gerekir[2].

3.1. Isıl Konforun Tanımı

Isıl konfor genel anlamda kişiden kişiye değişen göreceli bir kavramdır ve insanın ısı çevreden tatmin olduğunu belirttiği durum olarak tanımlanır. Isıl konfor için ilk şart, insan vücudu ile çevre arasındaki ısı dengenin olması veya dengesizliğin kabul edilebilir olmasıdır. Bir başka deyişle insanın daha yüksek veya düşük hava sıcaklığını istememesidir[1].

İnsanların yaşadıkları hacimlerin ısıtılmasının, havalandırılmasının veya iklimlendirilmesinin amacı kişiler için uygun bir iç iklimin elde edilmesidir. Bu iklim, uygun bir hava kalitesi ve uygun bir ısı çevre olarak tanımlanabilir. İnsanlar birbirlerinden çok farklıdırlar. Bazı insanlar diğerlerine göre daha hassastırlar. Dolayısıyla bir hacim içerisindeki bütün insanları aynı anda konforlu tutmak mümkün olmayabilir. Bu yüzden ısı konfor ile ilgili Uluslararası Standart ISO 7730, ASHRAE 55-92 normları içindeki kriterler, belli bir yüzdedeki insan grubu için öngörülen şartları belirlemektedir. Tatminsiz olarak nitelendirilen durumlar, genellikle vücudun soğuk veya sıcaktan gelen konforsuzluğundan kaynaklanır[27].

İnsanlar farklı sıcaklıklardaki ortamlarda bulunsalar bile ısı olarak konforda olabilirler. Bu da, ısı konforun birçok fiziksel parametreyi içeren bir konu olduğunu, sadece uygun hava sıcaklığını sağlamakla konforun sağlanamayacağını bir göstergesidir[3].

Bireysel farklılıklardan ötürü herkesi tatmin edecek bir ısı çevrenin belirlenmesi mümkün değildir. Hacim içerisinde yaşayanların bir kısmı daima bulundukları

ortamdan tatmin olmamış olarak kabul edilir ve ancak belli bir yüzdedeki insan grubu için kabul edilebilir olduğu öngörülen bir ortam tanımlanabilir. ISO 7730 standardında uygun konfor şartlarının, kapalı hacim içerisinde yaşayanların en az yüzde sekseni, ASHRAE Standard 55-92' te ise yüzde doksanı tarafından kabul edildiği öngörüsüyle belirlendiği belirtilmektedir[1,2].

İnsanlar ile çevre arasında ısı dengesinin kurulması kişinin yaşamını devam ettirebilmesi açısından önemlidir. Ancak ısı dengesi ile konfor şartları farklı kavramlardır. Isı dengesinin sağlandığı her durumda insan, ısı konfor bölgesinde olmayabilir. Isı dengesi, vücuttaki metabolik aktivitelerle üretilen enerji ile vücuttan olan ısı kayıplarının birbirini dengelemesi durumudur. Isıl konfor ise insanların içinde bulundukları ortamdan ısı olarak hoşnut olma duygusu ve kendilerini iyi hissetme halidir. Isı dengesinin kurulduğu sınırlar içerisinde çok dar bir bölgede ısı konfor şartları sağlanmaktadır.

3.2. İnsanın Metabolizma Faaliyetlerine Göre Enerji Üretimi

İnsan vücudundaki hücrelerin toplam ısı üretimi metabolizma hızı olarak adlandırılır. Bu ısı besinlerin oksidasyonu ile açığa çıkan enerjinin % 75 – 80' i kadardır. Besinlerin oksidasyonu ile açığa çıkan enerjinin geri kalan % 20 – 25' i fonksiyonel sistemlerde kullanılır. Böylece geriye kalan enerji de ısıya dönüşmüş olur. Bu genellenmenin tek istinası kasların vücut dışında bir iş yapmak üzere kullanılmasıdır. İnsan vücudu; yakıtı, yenilen besinler ve solunan oksijen olan termodinamik bir sistem olarak düşünülebilir. Bu sistem 100 W ile 1000 W arasında ısı üretebilmektedir. İnsan vücudunun sürekli olarak, bilinç dışı ürettiği ısı enerjisi bazal metabolizma olarak adlandırılır[1].

Metabolizma hızı insanın içerisinde bulunduğu aktiviteye bağlıdır[27].

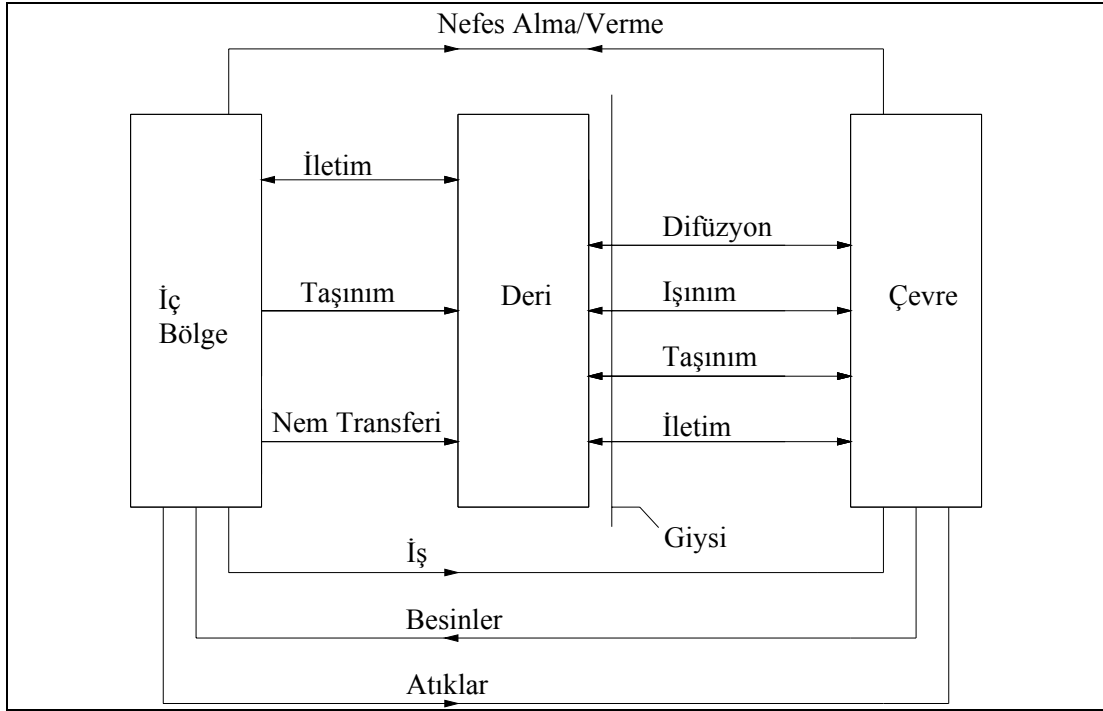
Isı üretimi ve kaybı insandan insana değişir. Bu değişkenliği azaltmak üzere, birim alana bağlı değişkenler kullanılır. Metabolizma hızının mekanik enerjiye dönüşen

kısmı iş verimi olarak tanımlanır. Örneğin ev ve benzeri yerlerdeki aktivitelerde iş verimi sıfırdır. Çeşitli aktivitelerdeki iş verimleri EK-2’ de verilmiştir.

Hareketsiz bir konumdaki ve ısı dengedeki insanın iç sıcaklığı 36,8 °C, deri sıcaklığı 33,7 °C olarak verilmektedir[3]. İnsan vücudu bu sıcaklıkları sabit tutmak için bir kontrol mekanizmasına sahiptir. Bedenen yapılan ağır işlerde ortalama vücut sıcaklığı 38 – 39 °C’ ye kadar çıkabilir. Tekrar hareketsiz bir duruma gelindikten sonra kontrol mekanizması sıcaklığı normal değerlere düşürür. Vücut sıcaklığı, derideki kan akışının, terlemenin sinirsel olarak kontrolü ile sabit tutulmaya çalışılır. Bu kontroller uzun ve kısa süreli kontroller olmak üzere iki çeşittir. Uzun süreli kontroller coğrafi konum değiştirme durumunda vücudun enerji dengesini kurmaya yöneliktir. Kısa süreli (20 – 30 dakika) kontroller ise deri altına gönderilen kan miktarında yapılan değişiklikler, terleme hızının ayarlanması ve kalp atışlarının değiştirilmesidir[1].

İç bölgeden deri yüzeyine ısı transferi taşınım (kan yoluyla), iletim ve iç bölgeden dışarıya doğru olan nem transferi mekanizmaları ile gerçekleşir. Nefes alma yoluyla da çevre ile iç bölge arasında doğrudan sürekli bir ısı transferi vardır. Ayrıca aralıklı olsa da alınan besinler ve atıklar yoluyla yine vücut ile çevre arasında enerji transferi söz konusudur. Bu enerji transferi Şekil 3.1’ de gösterilmiştir[1]. İnsanla çevresi arasındaki ısı transferinin sonucunda insan vücudunda ısı dengesi gerçekleşiyorsa ve vücut yüzey sıcaklığı ile ter miktarındaki değişim belirli sınırlar içerisinde kalıyorsa ısı konfor koşulları sağlanmış demektir[3].

Deri yüzeyi ile çevre arasında ise kütle transferi (buharlaşma ve nem difüzyonu) yoluyla ve iletim, taşınım ve ışıyım mekanizmaları ile ısı transferi vardır. Deriden çevreye olan enerji transferinde giysinin ısı ve nem transferine karşı olan direnci de önemlidir. Giysilerin ısı direnci için clo birimi ($1\text{clo}=0,155\text{m}^2\text{K/W}$) kullanılmaktadır[1].



Şekil 3.1. İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı ve nem transferi mekanizmaları [1]

3.3. Isıl Konfor Modelleri

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. Vücuttan çevreye olan duyulur ve gizli ısı kayıpları, vücut sıcaklığı ve ıslaklığı gibi çevresel faktörlerle ifade edilmişlerdir. Bu tarif aynı zamanda giysilerin ısı yalıtımı ve nem geçirgenliğini de kapsamaktadır. Bazı modeller vücut sıcaklığını ve vücuttaki ısı transferini bütün vücut boyunca üniform olarak kabul etmişlerdir. Ana denklemler çıplak vücut için verilmiş ve ardından bir düzeltme faktörü yardımıyla bu denklemler giysili vücuda uygulanmıştır[14].

Isıl konforun, ısıtma ve havalandırmanın ana gayesi olması sebebiyle, ısı konfor şartlarının araştırılması için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda ortaya konulan modeller teorik ve deneysel olmak üzere iki grupta toplanabilir[14].

Teorik ısı konfor modelleri, insan vücudu ile çevre arasındaki enerji dengesinden yararlanarak uygulanan enerji denklemlerini baz almışlardır. Bu modellerin en büyük dezavantajı kullanılan bağımsız değişkenlerin ve parametrelerin çok fazla olmasıdır.

Deneyisel 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.

Isı konforun belirlenmesini amaçlayan deneySEL çalışmalarını “alan çalışmaları” ve “laboratuvar deneyleri” olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür. Alan çalışmalarında, çevresel değişkenler ölçülmüş ve aynı zamanda deneye tabi tutulan insanlara içinde bulundukları ortamdan ısı duyumu olarak memnuniyetleri sorulmuştur. Deney sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve genellikle belli bir grup için uygun hava sıcaklığı tespit edilmiştir. Bu bağlamdaki alan çalışmaları, oldukça kolay yapılabilmesi dolayısıyla, dünyanın dört bir yanında bir çok çalışma ile kendilerini göstermiştir. Bu gruba örnek olarak, Yaglou ve Drinker, Partridge ve McLean, Bedford, Tasker, Rummel ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalar verilebilir[3]. Fakat, bu gruptaki çalışmaların birçoğunda, çevresel değişkenler genellikle ölçülmemiş ve aktivite durumu ile giyilen giysiler belirtilmemiştir[3].

Laboratuvar deneyleri çalışmalarında, ısı konforu etkileyen parametrelerden biri veya birkaçının etkisini incelenmiş, hatta bazı durumlarda psikolojik parametreler de ölçülmüştür. Fanger, Houghton ve Yaglou, Draysdale, Mom ve arkadaşları, Gagge ve arkadaşları, Hardy, Nishi, Nevins, Tanabe, De Dear, McNall, Humphrey ve Auliciems tarafından yapılan çalışmalar bu grup altında toplanabilir. Bu grupta yapılan çalışmalarda kontrol altında tutulan (laboratuvar şartlarında), daha önce belirtilen ısı konforu etkileyen önemli parametrelerin değişik kombinasyonları için detaylı deneyler yapılmıştır. Stolwijk ve Hardy tarafından yapılan çalışmada ise insan vücudu 25 elemana ayrılmıştır. Kafa bir küre olarak, gövde, kollar, eller, bacaklar ve ayaklar ise silindirler olarak ele alınmıştır. Bütün bu elemanlar, iç bölge,

kas, yağ ve deri bölgeleri olmak üzere dört tabakaya ayrılmıştır. Hesaplamalarda kolaylık sağlamaı açısından vücudu simetrik kabul eden bu model kanı, yirmi beşinci eleman olarak almıştır. Isı transferi elemanlar arasında iletim ile bölgeler arasında kan üzerinden taşınım olmaktadır. Metabolik ısı üretimi çeşitli bölgelere ve tabakalara orantılı olarak bölünür[13].

Literatürde en çok kullanılan ısı konfor modelleri Gagge ve Fanger ısı konfor modelleridir. Gagge ısı konfor modeli denklemlerinin çözümü, Fanger modelinin denklemlerine nazaran daha karmaşıktır[27].

Gagge ve arkadaşlarının geliştirdiği ve Pierce ısı konfor modeli olarak da anılan bu model, vücudu iç bölge ve deri bölgesi olmak üzere sıcaklıkları değişik iki farklı ortam olarak ele alan ve bu iki bölge için ayrı ayrı kararsız enerji dengesini uygulayan bir modeldir. Gagge modelinde her iki bölge hem birbirleriyle hem de çevre ile enerji alışverişinde bulunmaktadır.

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.

4. ISIL KONFORU ETKİLEYEN DEĞİŞKENLER

Isıl konfor şartlarını etkileyen değişkenler çevresel ve kişisel değişkenler olmak üzere iki grupta toplanır.

4.1. Çevresel Değişkenler

Kapalı bir ortamda, ısı konforu etkileyen çevresel değişkenler hava sıcaklığı, ortalama ısıma sıcaklığı, izafi hava hızı ve havanın nemliliğidir[3].

4.1.1. Hava sıcaklığı

Hava sıcaklığı insan ile çevresi arasında taşınım (konveksiyon) ile yapılan ısı alışverişi miktarını 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.

4.1.2. Ortalama ısıma sıcaklığı

Ortalama ısıma sıcaklığı insanla çevre yüzeyler arasında ısıtım (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.

4.1.3. Bağlı hava hızı

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.

4.1.4. Havanın nemliliği

Havanın nemliliği insanın cildinden çevreye olan su buharı difüzyonu, ter buharlaşması ve nefes 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 doygun halde bulunan havanın içerisindeki su buharı kısmi basıncına (mol sayısına) oranıdır.

4.2. Kişisel Değişkenler

Isıl konforu etkileyen kişisel değişkenler olarak adlandırılan, insanla ilgili özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir[2].

4.2.1. Aktivite düzeyi

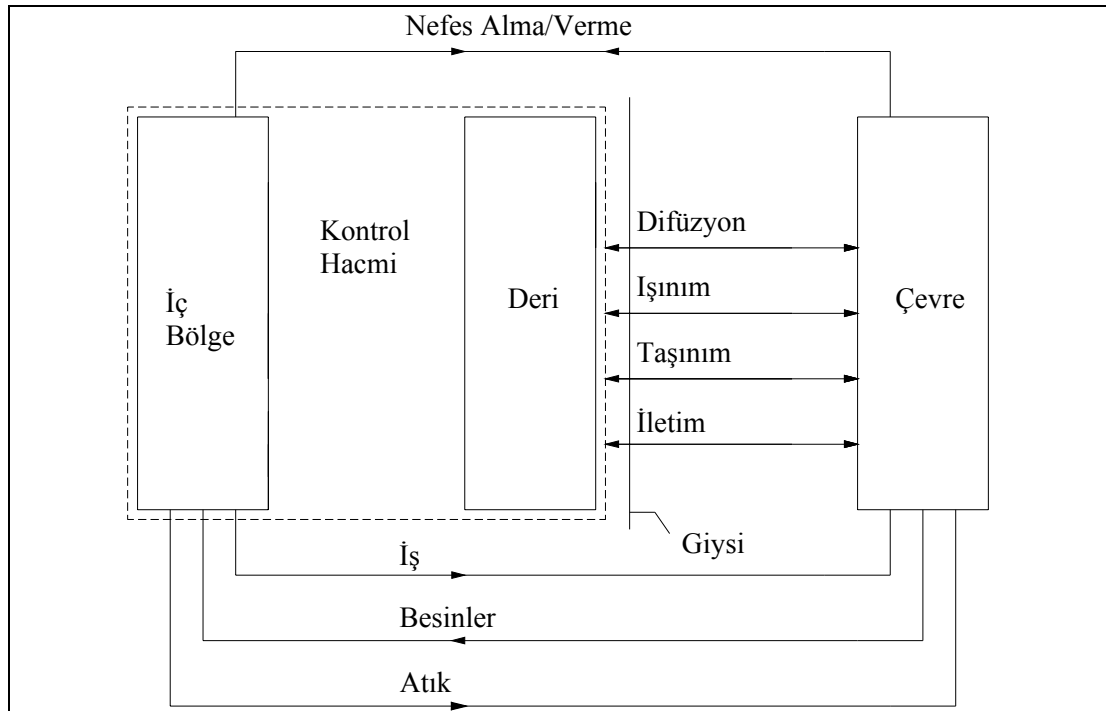
Aktivite düzeyi, insan vücudunun alınan yiyecekleri yakarak birim zamanda ürettiği ve metabolizma düzeyi olarak adlandırılan enerji miktarını etkileyen bir değişkendir. Metabolizma düzeyi insanın yaptığı eylem türü ile yani aktivite seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Fanger' in yaptığı çalışmalar sonucundaki çizelgelerde (EK-1) 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 çevresiyle yaptığı ısı alışverişi miktarının bir fonksiyonu olduğuna göre, aktivite düzeyi ısı konforu etkileyen önemli değişkenlerden birisidir.

4.2.2. 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. Giysilerin ısı yalıtım direnci genellikle clo birimi ile ifade edilmektedir. Değişik giysi çeşitleri için ısı yalıtım dirençleri EK-2' de gösterilmiştir[3].

5. FANGER YÖNTEMİ

Günümüzde kullanılan gelişmiş bir ısıl konfor modeli olan Fanger ısıl konfor modeli kararlı enerji dengesini dikkate alır ve vücut içerisindeki sıcaklık dağılımını ihmal eder. Bu model, vücudu deri ile sınırlandırılmış tek bir sıcaklığa sahip bir kontrol hacmi olarak ele almış olup, vücut ile çevre arasında kararlı bir ısıl denge olması ve deri sıcaklığının, terleme ile olan ısı kaybının belli limitler arasında bulunması gerekliliği üzerinde durmuştur. Fanger modeline vücut sıcaklığının zamanla değişmediği kabul edildiği için sürekli rejim enerji dengesi modeli de denir. Ayrıca vücudun enerji depolaması ihmal edilmiştir. Fanger modelindeki vücut ile çevre arasındaki ısı ve nem transferi mekanizmaları Şekil 5.1’ de gösterilmiştir[1].



Şekil 5.1. İnsan vücudu ile çevre arasındaki ısı ve nem transferi mekanizmaları (Fanger modeli) [1]

5.1. Isıl Konforun Ana Koşulları

İnsan ile çevre arasındaki değişkenler dikkate alınarak yazılan bir ısı dengesi için ilk koşul Eş 5.1’ deki gibi yazılır. Bu denklem konfor denkleminin temelini oluşturur[3].

$$f\left(\frac{H}{A_{Du}}, I_{cl}, T_a, T_{mrt}, p_a, v, T_s, \frac{E_{sw}}{A_{Du}}\right) = 0 \quad (5.1)$$

Burada;

$\frac{H}{A_{Du}}$: Birim vücut yüzeyi başına iç enerji üretimi (kcal/hm²)

I_{cl} : İnsan giysisi ısı direnci (clo)

T_a : Hava sıcaklığı (°C)

T_{mrt} : Ortalama ışıma sıcaklığı (°C)

p_a : Hava içerisindeki su buharı basıncı (mmHg)

v : Bağlı hava hızı (m/s)

T_s : Ortalama deri sıcaklığı (°C)

$\frac{E_{sw}}{A_{Du}}$: Birim vücut yüzeyinden terleme ile olan ısı kaybıdır(kcal/hm²).

Berlirli bir aktivite seviyesi için Eş. 5.1' deki fizyolojik değişkenler ortalama deri sıcaklığı (T_s) ve terleme ile olan ısı kaybıdır(E_{sw}). Isıl konfor duygusu bu iki değişkenin büyüklüğüne bağlıdır. Farklı aktivite seviyelerinde, denekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda T_s ve E_{sw} değerlerinin aktivite seviyesinin bir fonksiyonu olduğu belirlenmiştir[3].

$$T_s = f\left(\frac{H}{A_{Du}}\right) \quad (5.2)$$

$$E_{sw} = A_{Du} f\left(\frac{H}{A_{Du}}\right) \quad (5.3)$$

Eş. 5.2 ve Eş. 5.3 ısı konfor için ikinci ve üçüncü koşullardır. Bu eşitlikler Eş. 5.1'de yerine yazılırsa konfor denklemi (Eş 5.4) elde edilir.

$$f\left(\frac{H}{A_{Du}}, I_{cl}, T_a, T_{mrt}, p_a, v\right) = 0 \quad (5.4)$$

Eş. 5.4' teki konfor denklemi kullanılarak herhangi bir iç enerji üretimi (H/A_{Du}) ve herhangi bir giysi ısı direnci (I_{cl}) için, hava sıcaklığı (T_a), ortalama ışıma sıcaklığı (T_{mrt}), hava içerisindeki su buharının kısmi basıncı (p_a) ve izafi hava hızı (v)' nın bütün kombinasyonları hesaplanabilir.

5.2. Isı Dengesi

İnsan vücudu için ısı dengesi şu şekildedir[3]:

$$H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = K = R + C \quad (5.5)$$

Burada;

- H : İnsan vücudu için iç ısı üretimi (kcal/h)
- E_d : Deriden su buharı difüzyonu ile kaybedilen ısı (kcal/h)
- E_{sw} : Deriden terin buharlaşması ile kaybedilen ısı (kcal/h)
- E_{re} : Solunum ile kaybedilen ısı (kcal/h)
- L : Kuru solunum ile kaybedilen ısı (kcal/h)
- K : Giysili vücutta ciltten yüzeye olan ısı transferi (kcal/h)
- R : Giysili vücuttan ışıınım ile kaybedilen ısı (kcal/h)
- C : Giysili vücuttan taşınım ile kaybedilen ısı (kcal/h)

5.3. İç Isı Üretimi

Birim zamanda insan vücudunda oksidasyon sonucu serbest kalan enerji (metabolik oran, M) çoğunlukla iç vücut ısısına (H) dönüşmektedir. Fakat bazen bu enerjinin bir kısmı mekanik dış güce (W) dönüşmektedir. Bu olay matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir[3].

$$M = H + W \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.6)$$

Bu tanımdan yararlanarak dış mekanik verim Eş. 5.7' deki gibi yazılır.

$$\eta = \frac{W}{M} \quad (5.7)$$

Eş. 5.7' yi Eş. 5.6' da yerine yazarsak;

$$H = M(1 - \eta) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.8)$$

veya, birim vücut yüzeyi alanı için;

$$\frac{H}{A_{Du}} = \frac{M}{A_{Du}}(1 - \eta) \quad (\text{kcal/hm}^2) \quad (5.9)$$

elde edilir. Birim vücut yüzey alanı için farklı aktivite seviyelerindeki metabolik oranlar (M/A_{Du}) ve mekanik verimler (η) EK-1' de verilmiştir[3].

5.4. Deriden Su Buharı Difüzyonu ile Kaybedilen Isı

Vücut kendi iç dengesini kurmak için dış ortama su buharı yayar. Birim vücut yüzey alanı başına deriden su buharı difüzyonu ile kaybedilen ısı E_d , ortam havası içerisindeki su buharı kısmi basıncı (p_a) ile deri sıcaklığındaki doymuş su buharı basıncı (p_s) arasındaki farkla doğru orantılıdır. Eş. 5.10 deriden su buharı difüzyonu ile kaybedilen ısı miktarını göstermektedir[3].

$$E_d = \lambda m A_{Du} (p_s - p_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.10)$$

Burada;

E_d : Deriden su buharı difüzyonu ile kaybedilen ısı (kcal/h)

λ : 575 kcal/kg = Suyun buharlaşma ısısı (35 °C için)

m : Deri geçirgenlik katsayısı (kg/hm²mmHg)

p_s : Deri yüzeyi sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı (mmHg)

p_a : Ortam sıcaklığında buhar basıncıdır(mmHg).

İnsan vücudu derisinin en üst tabakasını oluşturan sert epidermis tabakası, daha alt tabakalardan çevreye fazla miktardaki su buharı geçişini önler. Giyilen giysi türü de çevreye yayılan su buharı miktarında önemli bir rol oynar. Isıl konfor açısından uygun şartlar altında bulunan oturur pozisyonundaki denekler üzerinde buharlaşma kayıpları ile ilgili yapılan deneylerdeki verilerin analizi ile kararlı durumdaki deri için deri geçirgenlik katsayısının değeri $6,1 \times 10^{-4}$ kg/hm²mmHg olarak bulunmuştur[3]. Deri yüzeyi sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı; p_s ' nin fonksiyonu, buhar tablolarından $27^\circ\text{C} < T_s < 37^\circ\text{C}$ için % 3' ten daha az bir hata ile Eş. 5.11' de gösterildiği gibidir.

$$p_s = 1,92T_s - 25,3 \quad (\text{mmHg}) \quad (5.11)$$

λ , m ve p_s değerleri Eş. 5.10' da yerlerine yazılırsa E_d aşağıdaki gibi elde edilir.

$$E_d = 0,35 A_{Du} (1,92T_s - 25,3p_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.12)$$

5.5. Solunum ile Kaybedilen Gizli Isı

Isı ve su buharı, buharlaşma ve taşınım yoluyla solunum sisteminden ortam havasına geçer. Kapalı ortam içerisindeki insanların nefes alması ve nefes vermesi ile içeride bulunan havanın sıcaklığı ve nemi artar. Bu sırada insan solunum yoluyla ısı kaybeder. Solunum ile olan gizli ısı kaybı; nefes verme ile nefes alma arasındaki su

miktarında meydana gelen değişimin ve akciğerlere alınıp verilen hava miktarının bir fonksiyonudur[3].

$$E_{re} = V(w_{ex} - w_a)\lambda \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.13)$$

Burada;

E_{re} : Solunum ile kaybedilen ısı (kcal/h)

V : Akciğerlere alınıp verilen hava miktarı (Akciğer havalandırması) (kg/h)

w_{ex} : Akciğerlerden dışarıya verilen havanın nem oranı (kgsu/kgkuru hava)

w_a : Akciğerlere alınan havanın nem oranı (kgsu/kgkuru hava)

λ : 575 kcal/kg = Suyun buharlaşma ısıdır (35 °C için).

Akciğer havalandırması metabolik oranın (M) bir fonksiyonudur. Asmussen ve Nielsen' nin çalışmaları ve Liddel' in bu çalışmaları genişletmesi sonucu değişik aktivite seviyeleri için akciğer havalandırması şu şekilde verilmiştir[3].

$$V = 0,0060 M \quad (\text{kg/h}) \quad (5.14)$$

Solunum esnasında dışarıya verilen hava ile alınan havanın nemi arasındaki ilişki Eş. 5.15' teki gibidir[3].

$$w_{ex} - w_a = 0,0277 + 0,000065 T_a - 0,80 w_a \cong 0,029 - 0,80 w_a \left(\frac{\text{kgsu}}{\text{kgkuru hava}} \right) \quad (5.15)$$

Eş. 5.15' de $w_a = 0,622 \frac{p_a}{p - p_a} \cong 0,00083 p_a$ ifadesini yerine yazarsak, Eş 5.16 elde edilir.

$$w_{ex} - w_a = 0,029 - 0,00066 p_a \quad (\text{kgsu/kgkuru hava}) \quad (5.16)$$

Burada;

p_a : Akciğere dolan hava içerisindeki su buharının kısmi basıncı (mmHg)

p : 760 mmHg' dir(Deniz seviyesindeki barometrik basınç).

Eş. 5.16 ve Eş. 5.14, Eş 5.13' de yerlerine yazılırsa solunum ile olan ısı kaybı (E_{re}) şu şekilde yazılır.

$$E_{re} = 0,023 M(44 - p_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.17)$$

5.6. Kuru Solunum ile Kaybedilen Isı

Solunum sırasında bulunulan ortama verilen ve bulunulan ortamdan alınan havanın sıcaklıkları arasındaki fark kullanılarak kuru solunum ısı kaybı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$L = V c_p (T_{ex} - T_a) = 0,0014 M(T_{ex} - T_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.18)$$

Burada;

L : Kuru solunum ısı kaybı (kcal/h)

V : Akciğerlere alınıp verilen hava miktarı (kg/h)

c_p : 0,24 kcal/kg°C = Sabit basınçtaki havanın özgül ısısı

T_{ex} : Akciğerlerden ortama verilen havanın sıcaklığı (°C)

T_a : Akciğerlere ortamdan alınan havanın sıcaklığı (°C)

M : Metabolik orandır(kcal/hm²).

Akciğerlerden ortama verilen hava sıcaklığı (T_{ex}), T_a ve w_a 'nın bir fonksiyonudur. Ayrıca T_{ex} değeri Eş. 5.18 için 34 °C alınabilir[3].

$$T_{ex} = 32,6 + 0,066 T_a + 32 w_a \quad (^\circ\text{C}) \quad (5.19)$$

$T_{ex} = 34^\circ\text{C}$ için Eş. 5.18, Eş 5.20' deki gibi yazılır.

$$L = 0,0014 M (34 - T_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.20)$$

5.7. Giysili Vücutta Ciltten Yüzeye Olan Isı Transferi

Giysili vücuttan, dış ortama olan ısı transferi oldukça karmaşıktır. Bunun sebebi giysilerdeki ısı iletiminin, havadaki taşınım ve ışıınım ile birlikte değerlendirilmesinin zorluğudur. Bu yüzden Gagge ve arkadaşları tarafından giysili vücut için giysi ısı direnci (I_{cl}) tanımlanmıştır[3].

$$I_{cl} = \frac{R_{cl}}{0,18} \quad (\text{clo}) \quad (5.21)$$

Burada;

R_{cl} : Ciltten giysi yüzeyine toplam ısı transfer direncidir($\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$).

Dünyanın pek çok yerinde clo birimi kullanılır. Aynı zamanda clo birimi 'tog' cinsinden de ifade edilir[3]. Bu birimler arasındaki ilişki şu şekildedir:

$$1 \text{ tog} = 0,100 \text{ m}^2 / \text{W} = 0,116^\circ\text{C m}^2 \text{ h} / \text{kcal} = 0,645 \text{ clo}$$

I_{cl} değeri kullanılarak giysili vücutta, ciltten yüzeye olan ısı transferi şu şekilde yazılır[3].

$$K = A_{Du} \cdot \frac{T_s - T_{cl}}{0,18 I_{cl}} \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.22)$$

Burada;

K : Giysili vücutta ciltten yüzeye ısı transferi (kcal/h)

A_{Du} : İnsan vücudu yüzey alanı (DuBois alanı) (m^2)

T_s : Ortalama cilt sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_{cl} : Giysi yüzey sıcaklığıdır($^{\circ}C$).

5.8. Giysili Vücuttan Işınım ile Kaybedilen Isı

İnsan vücudu ile çevre arasında ışıınım ile ısı transferi olur. Giysili insan vücudundan dış yüzeye radyasyonla olan ısı transferi Stefan-Boltzmann kanunu kullanılarak Eş. 5.23' deki gibi yazılır[3].

$$R = A_{eff} \varepsilon \sigma \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] \quad (kcal/h) \quad (5.23)$$

Burada;

R : Giysili vücuttan ışıınım ile olan ısı kaybı (kcal/h)

A_{eff} : Giysili vücudun etkin (gerçek) ışıınım yüzeyi (m^2)

ε : Giysili vücut ile çevre arasındaki yayma oranı

σ : $4,96 \times 10^{-8}$ ($kcal/m^2hK^4$) = Stefan-Boltzmann sabiti

T_{mrt} : Ortalama ışıma sıcaklığıdır($^{\circ}C$).

İnsan vücudunun her yerde eşit olmayan, düzensiz bir yapısı olduğundan; giysili vücut için gerçek ışıınım yüzeyi, A_{eff} Eş 5.24 ile verilmektedir[3].

$$A_{eff} = f_{eff} f_{cl} A_{Du} \quad (m^2) \quad (5.24)$$

Burada;

f_{eff} : Etkin radyasyon (ışınım) alan faktörü, giysili vücudun etkin radyasyon yüzeyinin giysili vücut yüzey alanına oranı

f_{cl} : Giysili vücut yüzey alanının çıplak insan vücudu yüzey alanına oranı

A_{Du} : Çıplak insan vücudu yüzey alanıdır(m^2).

Etkin radyasyon alan faktörü (f_{eff}) değerinin; yaş, cinsiyet, vücut yapısı ve ağırlığa göre oturur ve ayakta durur pozisyonundaki insanlar için alacağı değerler 0,696-0,725 arasındadır. Değişik durumlar için etkin radyasyon alan faktörü Çizelge 5.1’ de verilmiştir[3].

Çizelge 5.1. Etkin radyasyon alan faktörü (f_{eff}) [3]

<i>Grup</i>	<i>Etkin radyasyon alan faktörü (f_{eff})</i>
Oturan Kadınlar	$0,692 \pm 0,019$
Oturan Erkekler	$0,700 \pm 0,013$
Oturan Kadınlar ve Erkekler	$0,696 \pm 0,017$
Ayaktaki Kadınlar	$0,725 \pm 0,014$
Ayaktaki Erkekler	$0,725 \pm 0,013$
Ayaktaki Kadınlar ve Erkekler	$0,725 \pm 0,013$

İşınım ile olan ısı kaybının hesaplanmasında oturur ve ayakta durur pozisyonundaki insanlar için f_{eff} yaklaşık olarak 0,71 alınır[3]. Çünkü tablodan da görüldüğü gibi oturan ve ayakta duran insanların f_{eff} değerleri arasında çok küçük farklar vardır.

Deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiş f_{cl} değerleri farklı giysi türleri için EK-2’ de verilmiştir[3].

İnsan derisinin ısı yama oranı (ϵ) birçok giysi türü için 0,95-1 arasındadır. Hesaplamalarda ortalama bir değer olarak $\epsilon = 0,97$ alınabilir[3].

Belirlenen ϵ , σ ve A_{eff} değerleri Eş. 5.23’ de yerlerine yazılırsa ısı ile olan ısı kaybının (R) hesaplanması için Eş. 5.25 elde edilir.

$$R = 3,4 \cdot 10^{-8} A_{Du} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.25)$$

5.9. Giysili Vücuttan Taşınım ile Kaybedilen Isı

Taşınım ile giysili vücuttan dış ortama olan ısı kaybı şu şekildedir.

$$C = A_{Du} f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.26)$$

Burada;

h_c : Isı taşınım katsayısıdır(kcal/m²h°C).

Düşük hava hızlarındaki (durgun hava) taşınım doğal taşınımdır. Bu durumda ısı taşınım katsayısı h_c , giysi yüzey sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farkın ($T_{cl} - T_a$) bir fonksiyonudur. Yüksek hava hızlarında ise zorlanmış taşınım söz konusudur. Bu durumda ise h_c , hava hızının (v) bir fonksiyonudur. Nielsen ve Pedersen doğal taşınım durumu için oturur ve ayakta durur pozisyonundaki denekler ve cansız mankenler üzerindeki araştırmaları sonucu Eş 5.27' yi elde etmişlerdir[3].

$$h_c = 2,05 (T_{cl} - T_a)^{0,25} \quad (\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}) \quad (5.27)$$

Winslow, Gagge ve Herrington zorlanmış taşınım için dikey hava hızlarında yarı yaslanmış pozisyonundaki denekler ile yaptıkları çalışmalarda[3];

$$h_c = 10,4 \sqrt{v} \quad (\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}) \quad (5.28)$$

eşitliğini elde etmişlerdir. Burada v (m/s) bağıl hava hızıdır.

Eş. 5.27 ve Eş. 5.28 kullanılarak doğal ve zorlanmış taşınım için h_c değerleri daha genel olarak Eş 5.29' daki gibi yazılır[3].

$$h_c = \left\{ \begin{array}{l} 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} > 10,4\sqrt{v} \text{ için } h_c = 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} \\ 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} < 10,4\sqrt{v} \text{ için } h_c = 10,4\sqrt{v} \end{array} \right\} \quad (5.29)$$

Pratikteki pek çok durum için Eş. 5.29 kullanılır. Hava hızının $v < 0,1$ m/s olduğu durumlarda Eş. 5.27, $v > 0,1$ m/s olduğu durumlarda Eş. 5.28 kullanılır. Bu koşullar yaklaşık hesaplamalar için uygundur.

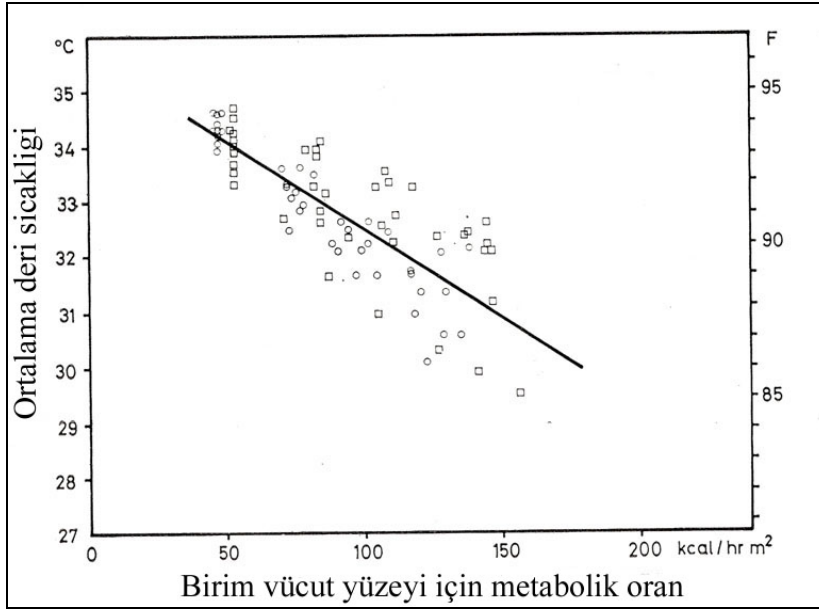
Eş 5.9, Eş. 5.12, Eş 5.17, Eş 5.20, Eş 5.22, Eş 5.25 ve Eş 5.26; Eş. 5.5' de yerlerine yazılırlarsa Eş. 5.30 elde edilir.

$$\begin{aligned} & \frac{M}{A_{Du}}(1 - \eta) - 0,35[1,92 T_s - 25,3 p_a] - \frac{E_{sw}}{A_{Du}} - 0,0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - \\ & 0,0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - T_a) = \frac{T_s - T_{cl}}{0,18 I_{cl}} = 3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] + \end{aligned} \quad (5.30)$$

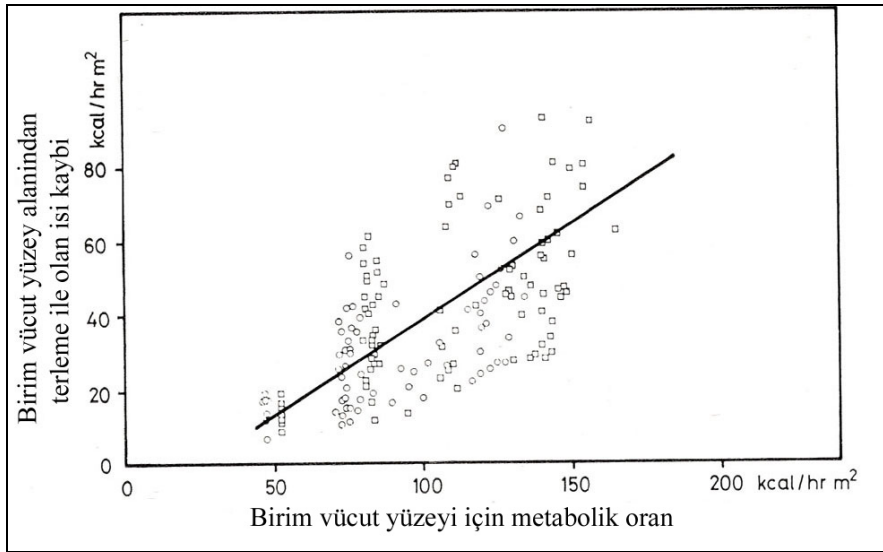
$$f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a)$$

Fanger, E_{sw} ve T_s değerleri için farklı aktivite seviyelerinde deneysel çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar ile ilgili grafikler Şekil 5.2 ve Şekil 5.3' de gösterilmiştir. Şekil 5.2' de ortalama deri yüzeyi sıcaklığı aktivite seviyesinin bir fonksiyonudur. Şekil 5.3' de ise terleme ile olan ısı kaybı (E_{sw}) aktivite seviyesinin bir fonksiyonu olarak verilmiştir[3].

Yapılan çalışmaların sonucu aktivite seviyesi ve deri yüzeyi sıcaklığı, terleme ile olan ısı kaybı ve aktivite seviyesi arasındaki bağıntılar Eş 5.31 ve Eş 5.32' de gösterilmiştir[3].



Şekil 5.2. Ortalama deri yüzeyi sıcaklığının aktivite seviyesine göre değişimi [3]



Şekil 5.3. Terleme yoluyla olan ısı kaybının aktivite seviyesine göre değişimi [3]

$$T_s = 35,7 - 0,032 \frac{H}{A_{Du}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (5.31)$$

$$E_{sw} = 0,42 A_{Du} \left(\frac{H}{A_{Du}} - 50 \right) \quad (\text{kcal/h}) \quad (5.32)$$

Eş. 5.31 ve Eş. 5.32; Eş. 5.30' da yerlerine yazılırsa ısı konfor denklemi Eş. 5.33' deki hale gelir:

$$\begin{aligned}
 & \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - p_a \right] - 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - \\
 & 0,0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - T_a) = \\
 & \frac{35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - T_{cl}}{0,18 I_{cl}} = \\
 & 3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] + f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a)
 \end{aligned} \tag{5.33}$$

Eş. 5.33' ü kullanarak hem giysi yüzey sıcaklığı (T_{cl})' yi, hem de genel ısı konfor denklemini bulmak mümkündür. Giysi yüzey sıcaklığını bulmak için eşitliğin sol tarafındaki ifade, genel ısı konfor denklemini bulmak için ise sağ tarafındaki ifade kullanılır. Giysi yüzey sıcaklığı denklemi Eş. 5.34' de, genel ısı konfor denklemi Eş. 5.35' de gösterilmiştir[3].

Giysi yüzey sıcaklığı (T_{cl}):

$$\begin{aligned}
 T_{cl} = & 35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - \\
 & 0,18 I_{cl} \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - p_a \right] - \right. \\
 & \left. 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - 0,0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - T_a) \right]
 \end{aligned} \tag{5.34}$$

Genel ısıl konfor denklemi:

$$\begin{aligned} & \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta)-0,35\left[43-0,061\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta)-p_a\right]-0,42\left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta)-50\right]- \\ & 0,0023\frac{M}{A_{Du}}(44-p_a)-0,0014(34-T_a)=3,4\cdot 10^{-8}f_{cl}\left[(T_{cl}+273)^4+\right. \\ & \left.(T_{mrt}+273)^4\right]+f_{cl}h_c(T_{cl}-T_a) \end{aligned} \quad (5.35)$$

Genel ısıl konfor denkleminde giysi türüne bağlı değişkenler; giysi ısıl direnci (I_{cl}) ve giysili vücut yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı (f_{cl}), aktivite seviyesine bağlı değişkenler metabolik oran (M/A_{Du}), mekanik dış verim (η) ve izafi hava hızı (v), ortam sıcaklığı (T_a), çevresel değişkenler; ortam havası buhar basıncı (p_a), ortalama ışıma sıcaklığı (T_{mrt}) ve bağlı hava hızıdır(v).

5.10. PMV Denklemi

İnsan ile çevre arasındaki ısı transfer denklemlerinin karmaşık olmasından dolayı konfor denklemi oldukça komplekstir. Denklem çözümünde iterasyon yapılmasının gerekliliği elle çözümü güç hale getirmektedir. Fanger konfor eşitliği birçok iterasyonu içerdiğinden bilgisayar kullanımı dışındaki çözüm yöntemleri için uygun değildir[3].

PMV değerinin hesaplanmasıyla ısıl konfor tanımı matematiksel olarak anlam kazanmış olur. PMV değerinden hareketle deneyin yapıldığı ortamdaki PPD değeri de hesaplanabilir.

İnsan vücudunun kapalı ortam içerisinde, çevresel değişkenlerin geniş limitleri çerçevesinde faaliyetlerini devam ettirebilmesi için bir takım etki mekanizmalarını (terleme, titreme v.b.) harekete geçirmesi gerekir. Çünkü insan bu geniş limitlerin çok küçük bir aralığında ısıl konfor açısından kendisini rahat hisseder. İçerisinde

bulunulan ortam ne kadar konforsuz olursa insan vücuduna binen termal load (ısı yük), L o kadar fazla olacaktır. Bu yüzden PMV değeri belirli bir aktivite seviyesindeki vücudun ısı yükünün bir fonksiyonudur. Isıl yük vücudun iç ısı üretimi ile çevreye olan ısı kayıpları arasındaki farktır ve ortalama deri yüzeyi sıcaklığı ile belirli bir aktivite seviyesindeki ter salgısı konfor değerleriyle ilişkilidir. Konfor denkleminin çıkarılmasındaki ısı kaybı tanımının matematiksel olarak ifade edilmesiyle ısı yük Eş 5.36' daki gibi yazılır[3].

$$L = \frac{M}{A_{Du}}(1 - \eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}}(1 - \eta) - p_a \right] - 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(1 - \eta) - 50 \right] - 0,0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - 0,0014(34 - T_a) - \quad (5.36)$$

$$3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a)$$

Burada T_{cl} iterafik olarak Eş 5.37' de gösterildiği gibidir.

$$T_{cl} = 35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}}(1 - \eta) - 0,18 I_{cl} \left[3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right] \quad (5.37)$$

5.10.1. Isıl Duyum (Y)

Vücudun ısı yükü sıfır olduğunda ($L=0$) konfor şartları sağlanmış demektir. Bu durumda insanın etki mekanizması çalışmaz. Aksi durumda ise vücut ısı dengesini sağlayabilmek amacıyla etki mekanizmasını kullanarak ter salgısı ve ortalama deri sıcaklığında değişiklikler yapacaktır. Isıl yük vücudun etki mekanizmalarının üzerindeki fizyolojik etki olarak da tanımlanabilir. Isıl duyum (Y) ise belirli bir aktivite seviyesindeki bu fizyolojik etkinin bir fonksiyonudur. Belirli bir aktivite

seviyesindeki ısı ı duyum ile, vücutun ısı ı yükü arasındaki ilişki Eş 5.38’ de gösterildiğı gibidir[3].

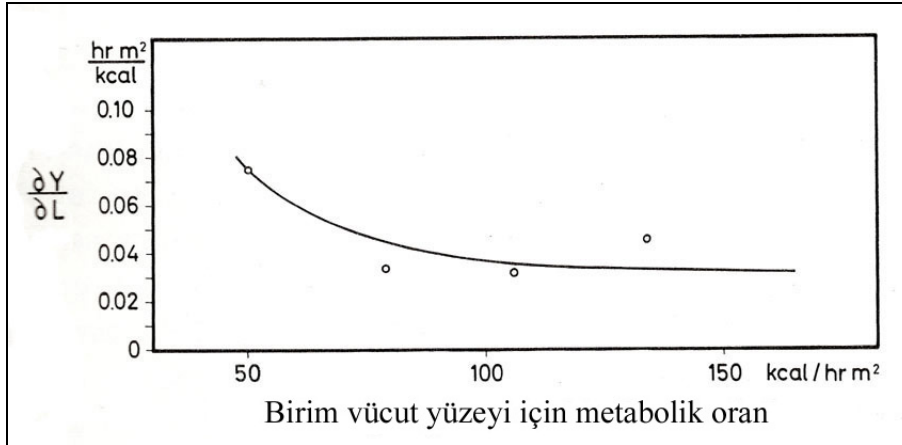
$$Y = f\left(L, \frac{H}{A_{Du}}\right) \quad (5.38)$$

Bu eşitlik için değışik aktivite seviyelerindeki oturan ve ayakta duran insanlar üzerinde kararlı çevre şartlarında 3 saat süren deneyler yapılmıştır. Toplam 1396 kişinin katıldığı deneylerde giysi ısı ı değeri 0,6 clo’ dur. Deney sonuçları değerlendirilerek, dört farklı aktivite seviyesi için ortalama ısı ı duyum ile ortam sıcaklığı arasındaki ilişkiyi veren eşitlikler bulunmuştur. Eşitlikler Çizelge 5.2’ de görüldüğü gibidir[3]. Bunlar aynı zamanda Y ile L arasındaki ilişkiyi de vermektedir. Çizelgeden yararlanarak $\delta Y/\delta L$ grafiksel olarak bulunabilir. Buna ilave olarak söz konusu eğrilerin eğimleri çok küçük olup grafiğın çizimdeki yapılan hata ihmal edilebilir[3].

Çizelge 5.2. Dört farklı aktivite seviyesi için ortalama oy ve ortam sıcaklığı arasındaki ilişki [3]

<i>Aktivite Seviyesi</i>	M/A_{Du} (kcal/hm ²)	I_{cl} (clo)	v (m/s)	Y
Ayakta	50	0,6	0,1	$Y=-4,471+0,331T$
Düşük	80	0,6	0,2	$Y=-3,643+0,175T$
Orta	106	0,6	0,25	$Y=-3,356+0,174T$
Yüksek	135	0,6	0,32	$Y=-4,158+0,265T$

Şekil 5.4’ deki grafikteki $\delta Y/\delta L$ değeri dört farklı aktivite seviyesi için çizilmiştir. $\delta Y/\delta L$ değeri için minumum bir değeri yoktur. Bu değeri monoton olarak azalır. Exponansiyel bir eğri, bu noktalar için daha kabul edilebilir bir yaklaşımdır[3].



Şekil 5.4. $\delta Y/\delta L$ ' nin metabolik orana göre değişimi [3]

Eğrinin denklemini yazarsak[3];

$$\frac{\delta Y}{\delta L} = 0,352 e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032 \quad (5.39)$$

elde edilir. Eş. 5.39' daki denklem için integral alındığında Y Eş. 5.40' daki gibi yazılır.

$$Y = (0,352 e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032) L \quad (5.40)$$

Eş. 5.36, Eş. 5.40' da yerine yazılırsa Eş. 5.41 elde edilir.

$$\begin{aligned} PMV = & (0,352 e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032) \left[\frac{M}{A_{Du}} (1-\eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}} (1-\eta) - p_a \right] - \right. \\ & 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}} (1-\eta) - 50 \right] - 0,023 \frac{M}{A_{Du}} (44 - p_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}} (34 - T_a) - \\ & \left. 3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right] \end{aligned} \quad (5.41)$$

Giysinin dış yüzey sıcaklığı T_{cl} Eş. 5.42' den hesaplanır.

$$T_{cl} = 35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - \quad (5.37)$$

$$0,18 I_{cl} \left[3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] + f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right]$$

Eş 5.41 ve Eş 5.37' de bulunan ısı taşınım katsayısı h_c ' de daha önce de belirtildiği gibi Eş. 5.29' dan hesaplanır.

$$h_c = \left\{ \begin{array}{l} 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} > 10,4\sqrt{v} \text{ için } h_c = 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} \\ 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} < 10,4\sqrt{v} \text{ için } h_c = 10,4\sqrt{v} \end{array} \right\} \quad (5.29)$$

Fanger konfor denklemi, herhangi verilen aktivite seviyesi, giysi ısıl direnci, ortam sıcaklığı, ortalama ışıma sıcaklığı, bağıl hava nemi ve bağıl hava hızı parametrelerini kullanarak ısıl çevrenin bir grup tarafından fizyolojik değerlendirmesini sayısallaştırmak amacıyla, PMV değerinin değerlendirilmesinde yedi noktalı ASHRAE ölçütünü kullanır. Bu ölçüt Çizelge 5.3' de gösterilmiştir[3].

Çizelge 5.3. Yedi noktalı ASHRAE ölçütü [1]

3	Çok Sıcak
2	Sıcak
1	Hafif Sıcak
0	Nötr
-1	Hafif Soğuk
-2	Soğuk
-3	Çok Soğuk

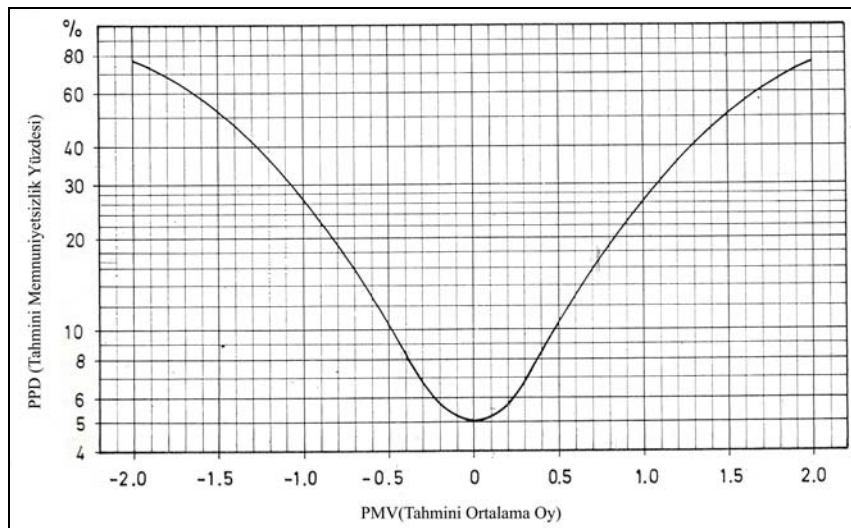
Bu ölçüt simetrik bir ölçüt olup, pozitif değerler sıcak tarafı, negatif değerler soğuk tarafı göstermektedir. Bu ölçüt sayesinde ortamın ısıl konforu hakkında kolayca bilgi edinilebilir ve konfor denklemindeki değişkenlerle, PMV arasındaki ilişki hızlı bir

şekilde belirlenebilir. Kalabalık insan toplulukları için bu değerin 0 (naturel) olması beklenir[3].

5.11. PPD Denklemi

PMV belirli bir ısı çevrenin içerisinde yaşayan insanların tamamı tarafından değerlendirilmesinin bir ölçütüdür. Bu ortalama değere bakarak söz konusu ortamdaki insanların hangi oranda bu ortamı ısı çevre açısından konforlu bulduklarını veya bulmadıklarını tahmin etmek mümkün değildir[1]. Bir ortamda yaşayan insanlar içerisinde ortamı ısı açıdan konforlu bulmayanların yüzdesi ısı memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD) olarak tanımlanmıştır. Fanger PMV ve PPD arasındaki ilişkiyi deneysel verilere bağlı olarak incelemiş ve grafiksel olarak Şekil 5.5’ deki gibi çizmiştir[3]. Grafik incelendiğinde, Fanger’ in değerlendirmesine göre bir ortamda en az % 5’ lik bir grubun ısı açıdan tatmin olmadığı görülmektedir. Bu grafikte PPD eğrisi simetriktr. PMV değeri hesaplandıktan sonra PPD değeri Şekil 5.5 veya Eş 5.42’ den bulunabilir[12]. Deneyler sonucundaki PPD değerleri EK-21, EK-22, EK-23 ve EK-24’ de verilmiştir.

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad (5.42)$$



Şekil 5.5. PMV ile PPD arasındaki ilişki [3]

5.12 Konfor Diyagramları

PMV denkleminin çözümünde iterasyon yapılmasının gerekli olması, elle çözümün zorluğu ve bilgisayar kullanımını dışındaki çözüm yöntemleri için uygun olmaması gibi sebeplerden ötürü ısı konforu belirleyen parametrelerin değişik kombinasyonlarını içeren konfor diyagramlarından da yararlanarak denklem çözümü gerçekleştirilebilir. Bu diyagramlar dört farklı aktivite seviyesi ve dört farklı giysi ısı değeri için %50' lik bağıl neme sahip bir ortamdaki konfor çizgilerini ($PMV=0$) içermektedir. Bu konfor çizgileri belirli bir giysi ısı değeri (I_{cl}) ve aktivite seviyesi (M/A_{Du}) için ortam sıcaklığı (T_a), ortalama ısıma sıcaklığı (T_{mrt}), ve bağıl hava hızı (v) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Fanger tarafından yapılan deneyler sonucunda PMV denkleminin kullanılmasıyla elde edilen bu konfor diyagramları EK-41' de verilmiştir[3]. Bu diyagramları bir örnekle açıklamak gerekirse, bu çalışma kapsamında 201 numaralı sınıfın 3. hücresi için 0,2 m yükseklikteki ölçülen değerlere bakılacak olursa; $T_a=18,5$ °C ve $T_{mrt}=19,3$ °C' dir. $I_{cl}=1,0$ clo, $M/A_{Du}=80$ kcal/hm² alındığı bir durum için M/A_{Du} ' nun 50 kcal/hm² ve 100 kcal/hm² olduğu konfor diyagramları arasında interpolasyon yapıldığında 201 numaralı sınıfın 3. hücresinde oturan bir kişinin ısı konforunda bulunabilmesi için bağıl hava hızı; v ' nin yaklaşık olarak 0,88 m/s (%50 nem) olması gerektiği görülür. %50' den farklı nem değerleri için düzelme tabloları kullanılarak PMV değeri hesaplanabilir[3].

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada Fanger yöntemi kullanılarak Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi binası ikinci katında bulunan, 201 ve 203 numaralı çizim salonlarında ve 222 numaralı sınıfta ısı konfor açısından gerekli şartların sağlanıp sağlanmadığı deneysel olarak incelenmiştir.

6.1. Deney Düzeneği

Deney düzeneği, çapı 15 ve 20 mm olan içi boş demir silindir profillerden yapılmıştır. Düzeneği dengede tutan profiller 20 mm çapında ve 45 cm uzunluğundadır. Bu profillerin uçlarına tekerlekler takılarak deney düzeneğinin, ölçümlerin yapıldığı alan içerisinde rahatça hareket ettirilebilmesi sağlanmıştır. Ortalama ısıma sıcaklığının ölçülmesi için kullanılacak 5,7 cm çapındaki plastik topları asmak için kullanılan 15 mm çapında ve 500 mm uzunluğundaki demir profilleri sınıf tabanına paralel tutan profil ise 20 mm çapında ve 1,2 m uzunluğundadır. Deneyler esnasında sınıf döşemesine paralel uzanan bu profillerin uçlarına ince cidarlı üç tane mat siyaha boyanmış plastik top asılmıştır. Plastik topların mat siyaha boyanmasının sebebi, ortam içerisindeki çeşitli yönlerden gelen ışımayı toplamaktır. Topların merkezleri yerden 0,2 m, 0,6 m ve 1 m yüksekliktedir. Deney düzeneği Resim 6.1’ de gösterilmiştir.

6.2. Deney Yöntem

Fanger yönteminde belirtilen ölçme metodu şu şekildedir[3]:

1. Isıl konforun belirlenmek istendiği kapalı alan içerisinde ölçüm noktaları seçilmeli ve alana eşit biçimde dağıtılmalıdır. Ölçümler oturan insanlar için yerden 0,6 m yükseklikte, ayaktaki insanlar içinse 1 m yükseklikte yapılmalıdır. Daha detaylı araştırmalar isteniyorsa oturan insanlar için yerden 0,2 m , 0,6 m ve 1 m, ayaktaki insanlar içinse 0,3 m, 1,0 m ve 1,7 m yüksekliklerde üç ayrı ölçüm alınmalıdır.

Ölçüm noktaları 201 numaralı sınıf için EK-6' da, 203 numaralı sınıf için EK-7' de, 222 numaralı sınıf için EK-8' de gösterilmiştir.

2. Her bir ölçüm noktasında hava sıcaklığı, ortalama ışıma sıcaklığı ve hava hızı değerleri ölçülmelidir. Ölçüm yapılacak kapalı alan içerisindeki su buharı basıncı hemen hemen her yerde aynı olacağından bağıl nemi tek bir noktada ölçmek yeterlidir. Değişik noktalardaki ölçümler kısa bir zaman dilimi içerisinde yapıldığından, sıcaklık değerlerindeki zamana bağlı değişikliklerin PMV ve PPD hesaplamalarına herhangi bir etkisi yoktur.



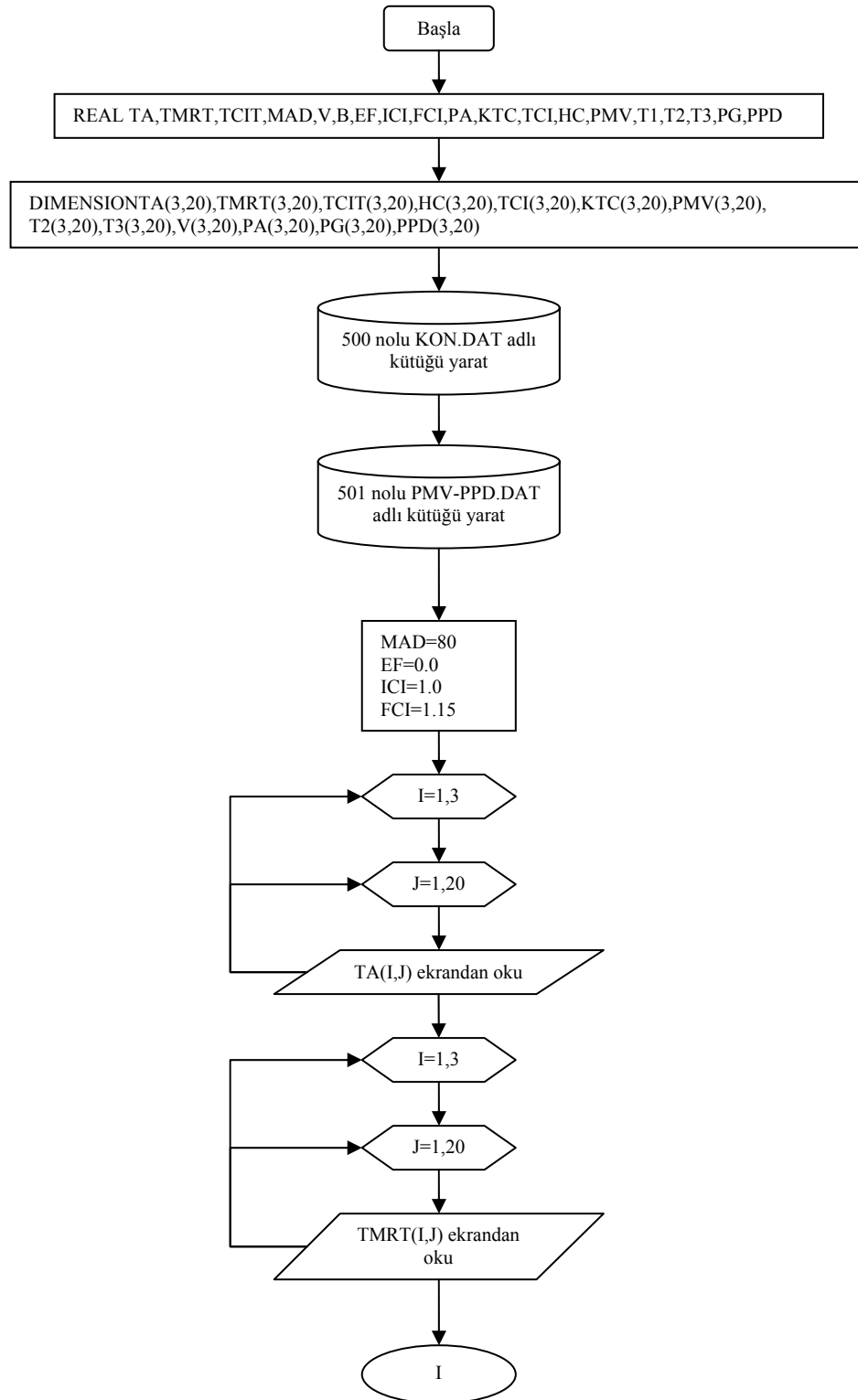
Resim 6.1. Sıcaklıkların ölçümü için deney düzeneği

3. Aktivite seviyesi (EK-1) ve giysi ısı değeri (EK-2) çizelgelerden bulunur.
4. Ölçülen değerler vasıtasıyla PMV, her bir ölçüm noktası için Eş. 5.41' den hesaplanır. Her noktada hesaplanan PMV değerleri kullanılarak eş - PMV eğrileri

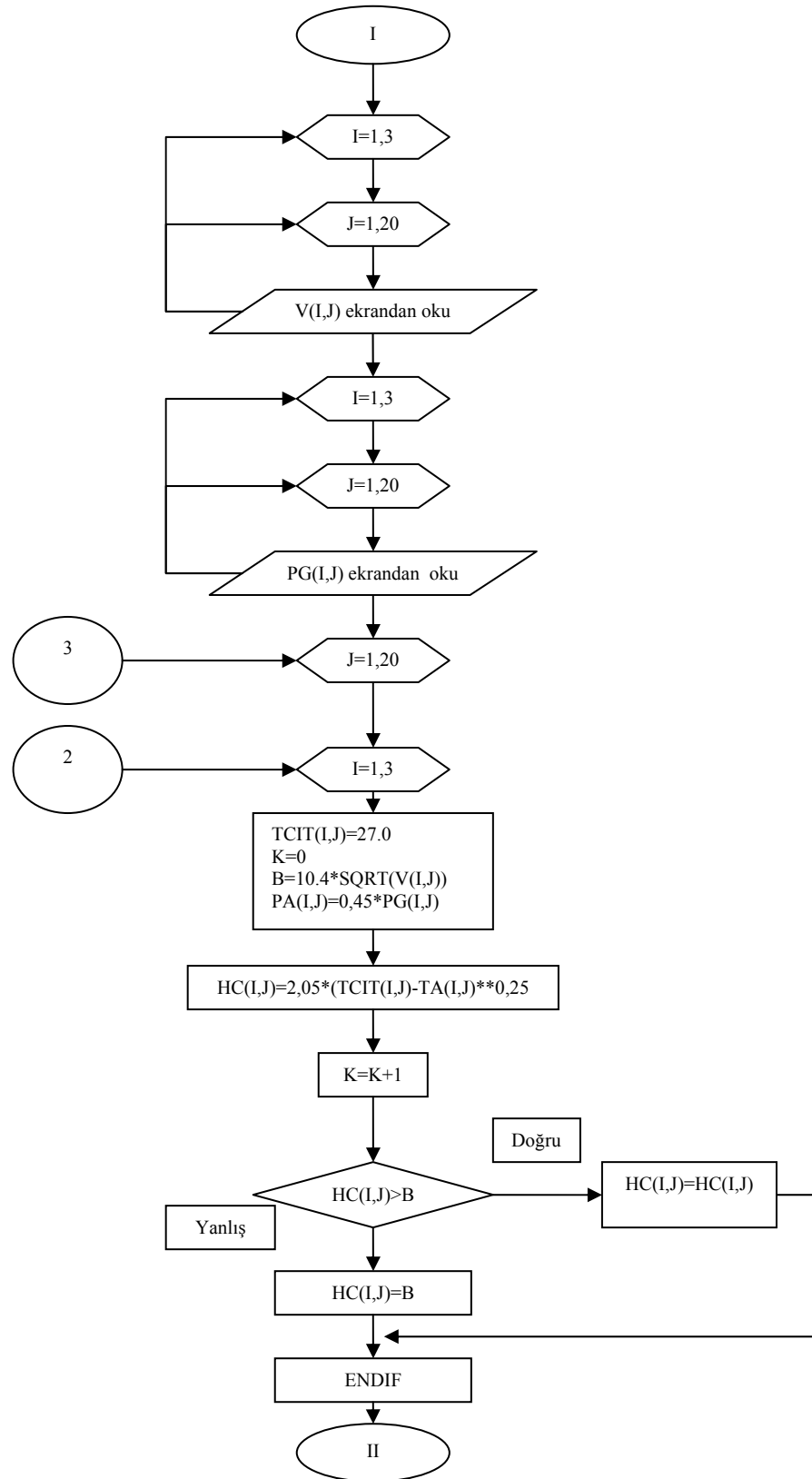
çizilir ve her nokta için PPD değerleri bulunur. Eş-PMV eğrileri ortam içerisinde ısı konfor açısından eş durumda olan noktaları görme imkanı verir. Eğrilerin çizildiği diyagramlarda “0” PMV eğrileri konfor şartlarının sağlandığı yerleri gösterir.

Fanger yöntemi kullanılarak ısı konforunun incelenmesi amacıyla yapılan deneylerde 201 numaralı çizim salonu 20 eşit hücreye (EK-6), 203 numaralı çizim salonu 20 eşit hücreye (EK-7) ve 222 numaralı sınıf 16 eşit hücreye (EK-8) bölünmüştür. Bu hücrelerin merkez noktalarında yerden 0,2 m, 0,6 m ve 1,0 m yüksekliklerde hava sıcaklığı, bağıl hava hızı, ortalama ışıma sıcaklığı değerleri ölçülmüş ve Visual Fortran 6.1’ de hazırlanan bilgisayar programı yardımıyla PMV ve PPD değerleri hesaplanmıştır. Program akış şeması Şekil 5.6’ da görüldüğü gibidir. Yazılan bilgisayar programları EK-17, EK-18, EK-19 ve EK-20’ de verilmiştir. Deneylerde her bir ölçüm noktası için ölçüm süresi 5 dakika olarak belirlenmiş ve denge şartları gözlenmiştir. Hesaplanan PMV değerleri kullanılarak eş-PMV eğrilerinin çizimi Netcad programında yapılmıştır. Bilgisayar programının yazımında kolaylık sağlanması amacıyla hücreler ölçüm yapılan her üç yükseklik için sınıf kapısı önünden (1 numaralı alan) başlanarak numaralandırılmıştır. Ölçüm yapılan yüksekliklerin numaralandırılması ise 1(0,2 m), 2 (0,6 m), 3(1 m) şeklindedir. Örneğin bilgisayar programının çıktılarına bakıldığında 3 numaralı hücrenin 0,6 m yüksekliğindeki PMV değeri; PMV(3,2), PPD değeri; PPD(3,2) şeklindedir. Yapılan iteratif çözüm için, yakınsama kriteri 0,001 olarak alınmıştır. Giysi yüzey sıcaklığının bu kritere göre yakınsaması farklı noktalardaki sıcaklıklar için 4 ile 9 iterasyon sayısı arasında sağlanmıştır. Örnek olarak, 201 numaralı sınıfın yakınsama sonuçları EK-28’ de verilmiştir.

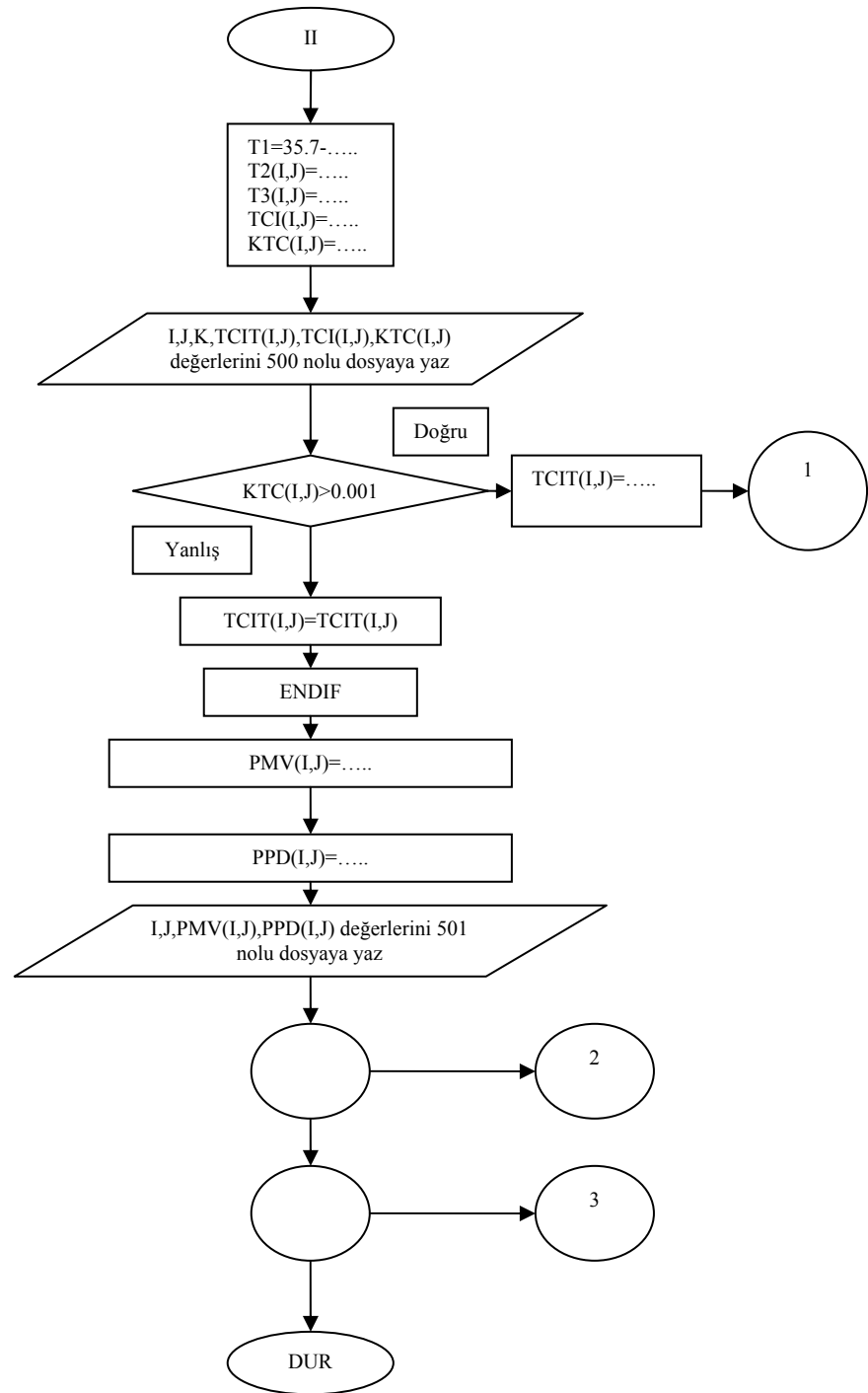
Bağıl nemin kapalı bir ortam içerisinde bir noktadan diğer bir noktaya çok fazla bir değişim göstermeyeceği göz önüne alınarak, ölçüm tek bir noktada (sınıfın orta noktasında) yapılmıştır[3]. Bağıl nem değeri 201 ve 203 numaralı sınıflarda, 222 numaralı sınıfta 27.02.2006 ve 02.03.2006 tarihlerinde %45 olarak ölçülmüştür. Bu bağıl nem değerlerinin Eş. 6.1’ de yerine konulmasıyla ortam havası içerisindeki su buharının kısmi basıncı (p_a) bulunur[28].



Şekil 6.1. Program akış şeması



Şekil 6.1. (Devam) Program akış şeması



Şekil 6.1. (Devam) Program akış şeması

$$\omega = \frac{p_v}{p_g} \quad (6.1)$$

Burada;

ω : Bağıl nem

$p_v = p_a$: Hava içerisindeki su buharı basıncı

$p_g = p_{\text{doyma},T}$: Belirli bir sıcaklık değeri için doymuş havadaki suyun kısmi basıncıdır.

Belirli bir sıcaklık değerindeki suyun doyma basıncı p_g , ölçüm yaptığımız ortam sıcaklığı değerleri için Çizelge 6.1’ de verilen doymuş su sıcaklık – su buharı basıncı çizelgesinden interpolasyonla bulunmuştur. Bulunan p_g ve ölçülen bağıl nem değeri kullanılarak, Eş. 6.1 yardımıyla ölçüm yapılan her noktadaki üç farklı yükseklik değeri için p_a değerleri elde edilmiştir. 15 °C – 30 °C arasındaki sıcaklıklar için Çizelge 6.1 kullanılarak yapılan interpolasyon sonuçları EK-16’ daki çizelgede verilmiştir. Eş. 5.41’ de kullanılan su buharı kısmi basıncı mmHg olduğundan; kPa olarak bulunan değerler mmHg (1mmHg=0,1333 kPa) olarak da yazılmıştır[28].

Çizelge 6.1. Dört farklı sıcaklık değeri için p_g değerleri [28]

Sıcaklık (°C)	p_g (kPa)
15	1,7051
20	2,3390
25	3,1690
30	4,2460

Ortalama ısıma sıcaklığı demir profillerin ucuna asılan topların içine (merkez noktalarına) 1,5 m uzunluğundaki ısı çiftlerinin (thermocoupleların) sabitlenmesiyle ölçülmüştür. Pratikte, ortalama ısıma sıcaklığının ölçülmesi için en çok kullanılan araç globe (küre, top) termometredir[3]. Değişik çapta küresel termometreler mevcuttur. Önerilen küre çapı 5 cm’ dir. 5 cm çapında küre bulunamadığı için, ölçümler sırasında 5,7 cm çapındaki küreler kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı topların

merkezleriyle aynı seviyede, topun dışarısındaki bir noktada ölçülmüştür. Ölçüm için yine 1,5 m uzunluğundaki ısı çiftler topların dışarısına sabitlenmiştir. Isıl çiftlerin sıcaklığı ölçecek uç noktaları argon gaz altı kaynağı ile birleştirilmiştir. Ayrıca bu uç noktaları çevredeki mekanik etkilerden koruma amacıyla Resim 6.2' de görüldüğü gibi koruyucu kılıf takılmıştır. Herhangi bir yükseklik için ısı çiftlerin yerleşimi Resim 6.2' de verilmiştir.



Resim 6.2. Isıl çiftlerin yerleşimi

Deneyler sırasında çizim yapan bir öğrencinin aktivite seviyesi EK-1'deki çizelgeden 80 kcal/hm² olarak alınmıştır. Bu değer ders sırasında üretilen birim alandaki enerjidir. Mekanik verim yine EK-1' deki çizelge kullanılarak $\eta=0$ olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin üzerlerinde kazak ve ayaklarında kışlık ayakkabı vardır. Ders esnasında öğrencilerin paltolarını çıkardıkları varsayılmıştır. Giysilerin tipik iş elbisesi olduğu düşünülmüş, EK-2' deki çizelgeden giysi ısıl direnci $I_{cl}=1,0$, giysi alan faktörü $f_{cl}=1,15$ olarak belirlenmiştir.

Resim 6.3' de görüldüğü gibi hava hızının ölçümü için ısıl anemometre kullanılmıştır. Kullanılan ısıl anemometre kapalı bir mekanda meydana gelebilecek küçük hava hızlarını ölçebilmek için uygun bir araçtır[3].



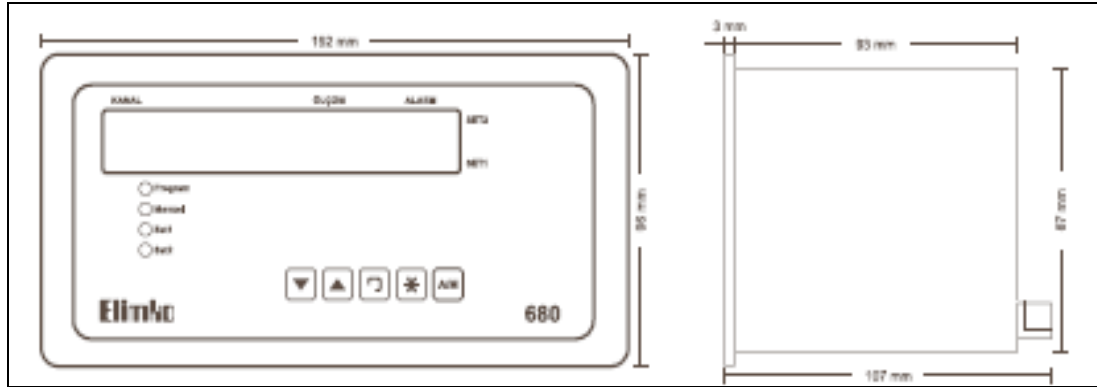
Resim 6.3. Hava hızı ölçümü için anemometrenin kullanımı

6.3. Ölçüm Cihazları, Gereçler ve Kalibrasyon

Deneyler sırasında verilerin kaydedilmesi için veri toplama cihazı, sıcaklıkların ölçülmesi için 6 adet T tipi (Cu-Const) ısıl çift, bağıl nemin ölçülmesi için higrometre ve bağıl hava hızının ölçülmesi için anemometre kullanılmıştır.

6.3.1. Veri toplama cihazı

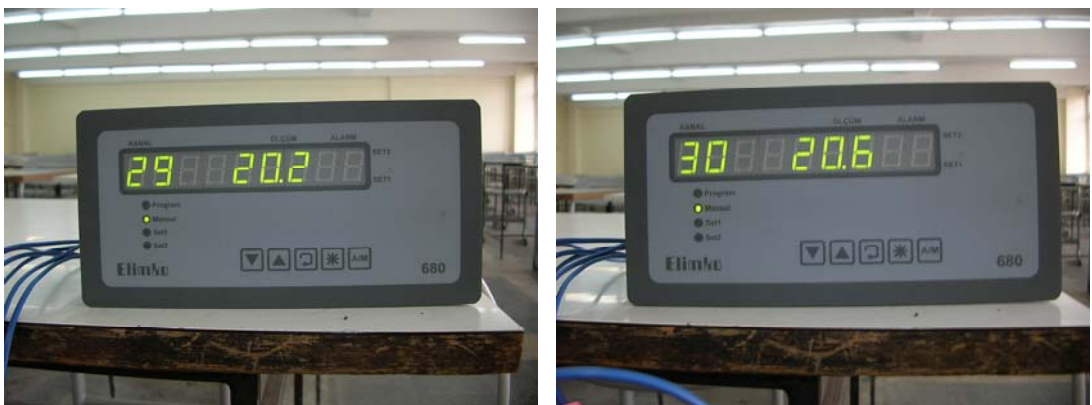
Isıl çiftlerin ölçtüğü değerlerin okunmasında 32 kanallı Elimko marka E-680 serisi universal girişli gelişmiş veri toplama cihazı kullanılmıştır. Kullanılan T tipi (Cu-Const) ısıl çiftler için bu cihazın standart çalışma aralığı $-200^{\circ}\text{C} / 300^{\circ}\text{C}$ ' dir. Cihaz boyutları Şekil 6.1' de görüldüğü gibidir[29]. Sıcaklık değerlerinin veri toplama cihazından okunuşu; 0,2 m yükseklik için Resim 6.4' de, 0,6 m yükseklik için Resim 6.5' de ve 1 m yükseklik için Resim 6.6' da gösterilmiştir. Resimlerden de görüldüğü gibi ısıl çiftlerin veri toplama cihazının 6 ayrı kanalına bağlanmasıyla ölçüm değerlerinin aynı anda alınması sağlanmıştır.



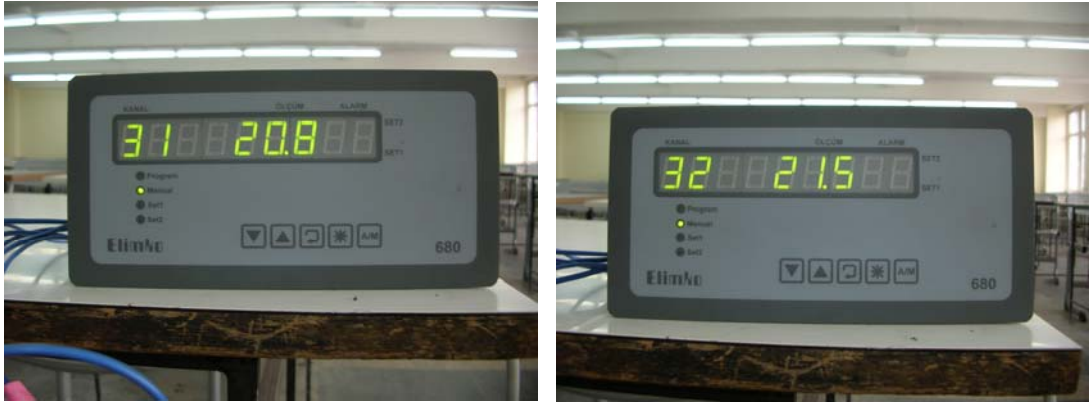
Şekil 6.2. Elimko 680 veri toplama cihazı boyutları



Resim 6.4. 0,2 m yükseklik için sıcaklık değerlerinin veri toplama cihazından okunması



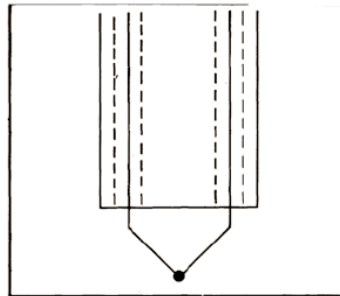
Resim 6.5. 0,6 m yükseklik için sıcaklık değerlerinin veri toplama cihazından okunması



Resim 6.6. 1,0 m yükseklik için sıcaklık değerlerinin veri toplama cihazından okunması

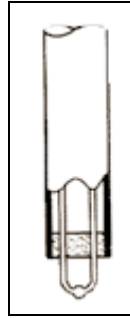
6.3.2. Isıl çiftler

Isıl çift iki farklı alaşımın ucunun kaynaklanması ile oluşturulan bir sıcaklık ölçü elemanıdır. İki farklı metal veya alaşım tel olmasına rağmen genellikle çıplak olarak kullanılmazlar. Çeşitli mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal aşındırıcı özellikler göz önüne alınarak belli özel koruyucu kılıflar içerisinde kullanılırlar. İki farklı eleman teli farklı kutuplarda oldukları için birbirlerinden izolator yardımıyla izole edilirler. İzolatör seçiminde yine ortam şartlarının, sıcaklık limitlerinin önemi büyüktür. Isıl çift, ucu kaynaklandıktan sonra koruyucu tüp içerisine yerleştirilsin yerleştirilmesin (+) ve (-) bacaklar birbirlerinden izole edilirler. İzolasyon için seramik izolatorler kullanılır. Cu-Const ısıl çiftler için yapılan izolasyon aşağıdaki Şekil 6.2' de gösterilmiştir[30].



Şekil 6.3. Tek delikli izolator

Isıl çiftler uçları kaynak yapıldıktan ve izolatör geçirildikten sonra koruyucu kılıf içerisine yerleştirilirler. Sınıflarda yapılan deneylerde herhangi bir korozyon ortam ve yüksek sıcaklık olmadığı için daha hassas ölçüm yapabilmek amacıyla ucu açık montaj yapılmıştır. Kaynak ucu ortama açık olmasına rağmen ısı çift uçlarına plastik bir koruyucu kılıf takılmıştır. Bu kılıfın amacı ısı çift ucunu mekanik darbe tehlikelerine karşı korumaktır. Takılan koruyucu kılıf Şekil 6.3’ de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Isıl çift ucuna takılan koruyucu kılıf

Isıl çift kompanzasyon kabloları ise veri toplama cihazı ile ısı çiftler arasındaki bağlantıları sağlayan özel kablolardır. Kompanzasyon kablolarının iletkenleri yine ısı çift eleman telinin özelliklerine yakın özel alaşımlardır. Dolayısıyla Cu-Const ısı çift için Cu-Const özel kablo gerekmektedir. Sıcaklık bilgisi ısı çiftten cihaza kompanzasyon kabloları sayesinde daha ekonomik olarak taşınmış olur. Kompanzasyon kabloları aynı cins ısı çiftlerin mV-sıcaklık özelliklerini 200 °C’ ye kadar aynen sağlarlar. Bu nedenle kompanzasyon kablolarının dolaşacağı ortam sıcaklığı 200 °C’ nin üzerine çıkmamalıdır. Isıl çift bağlandığı klemens kutusunun bulunduğu ortam sıcaklığı da bu sıcaklığın üzerine çıkartılmamalıdır[30].

6.3.3. Isıl çiftlerin kalibrasyonu

Isıl çiftlerin kalibrasyonu hassas cam termometre kullanılarak yapılmıştır. İki ayrı sıcaklık değeri için (0,5 °C ve 76 °C) ısı çiftlerin ölçüm değerleri Çizelge 6.2’ de gösterilmiştir. 1 numaralı ısı çift 0,2 m için T_a ’ yı, 2 numaralı ısı çift 0,2 m için T_{mrt} ’

yi, 3 numaralı ısı çift 0,6 m için T_a ' yı, 4 numaralı ısı çift 0,6 m için T_{mrt} ' yi, 5 numaralı ısı çift 1 m için T_a ' yı, 6 numaralı ısı çift 1 m için T_{mrt} ' yi ölçmektedir.

Çizelge 6.2. Kalibrasyon ölçüm değerleri

<i>Isıl çiftler</i>	<i>Isıl çiftlerin gösterdiği değerler (°C)</i>	<i>Hassas cam termometre (°C)</i>
1	0,6	0,5
2	0,4	0,5
3	0,5	0,5
4	0,5	0,5
5	0,5	0,5
6	0,4	0,5
<i>Isıl çiftler</i>	<i>Isıl çiftlerin gösterdiği değerler (°C)</i>	<i>Hassas cam termometre (°C)</i>
1	75,8	76
2	75,7	76
3	75,9	76
4	76,1	76
5	76,1	76
6	76	76

Çizelge 6.2' deki değerler kullanılarak her bir ısı çift için çizilen kalibrasyon eğrileri EK-25, EK-26 ve EK-27'de verilmiştir. Kalibrasyon eğrileri birer doğrudur. Bu doğruların denklemleri kullanılarak kalibre edilmiş sıcaklık değerleri bulunmuştur. Isıl çiftlerin 76 °C' deki göstermiş olduğu değerler kullanılarak elde edilen denklemlerde verilen eklerde gösterilmiştir.

6.3.4. Anemometre

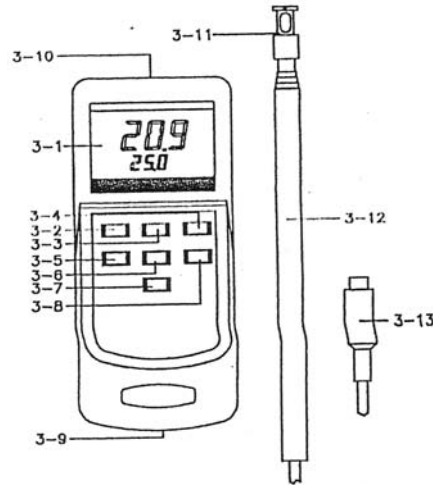
Hava hızının ölçülmesinde Resim 6.5' de gösterilen Lutron AM-4204HA dijital anemometre kullanılmıştır. Çok düşük hava hızları (1 ft/dak) için bile kullanabilen bu cihaz mikroişlemcili devre sayesinde ölçülebilecek en tutarlı değeri bulmayı sağlar. Bu cihaz uzayan anteni sayesinde çeşitli yüksekliklerdeki hava hızını, ölçümü yapan kişinin herhangi bir etkisi olmadan ölçebilmektedir. Ölçülen değerleri yeniden çağırma özelliği (recall) ile belirli bir yükseklikte yapılan ölçüm için en büyük ve en küçük değerler kaydedilebilmektedir. Cihaz aynı zamanda sıcaklık da ölçebilmektedir. Sensör yapısı ince cam boncuk termometredir. Deneyler sırasındaki

ölçümlerde 6 ayrı noktadan gelen sıcaklık değerlerini aynı anda okuyabilmek için veri toplama cihazı kullanıldığından bu cihaz sadece üç ayrı yükseklikteki hava hızını ve bina dışarısındaki hava sıcaklığını tespit etmekte kullanılmıştır. Belirli bir yükseklikteki hava hızı değeri için ölçülen en büyük ve küçük değerler hafıza tutulmuş, PMV hesaplamalarında en büyük hava hızı değeri kullanılmıştır.



Resim 6.7. Anemometre

Şekil 6.4' de anemometrenin ön paneli ve hava akımı sensörü gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Anemometrenin ön paneli ve hava akımı sensörü

- 3-1 ekran 3-2 açma/kapama tuşu 3-3 veri tutma tuşu 3-4 °C/°F tuşu
- 3-5 hafızaya kaydet tuşu 3-6 hafızadan çağır tuşu 3-7 sıfırlama tuşu
- 3-8 birim tuşu 3-9 pil bölmesi/kapağı 3-10 antenin soket girişi
- 3-11 algılayıcı başı antenin tutma yeri 3-13 anten tıkaçı

6.3.5. Higrometre

Nem ölçümlerinde Resim 6.6’ da gösterilen Oregon Scientific EM-913 elektronik higrometre kullanılmıştır.



Resim 6.8. Higrometre

6.4. Ölçümler

Deneyler 27.02.2006 tarihinde 11:00–12:40 saatleri arasında 203 numaralı sınıfta, 27.02.2006 tarihinde 14:00-15:40 saatleri arasında 201 numaralı sınıfta, 27.02.2006 tarihinde 16:00-17:20 saatleri arasında ve 02.03.2006 tarihinde 15:30-16:50 saatleri arasında 222 numaralı sınıfta gerçekleştirilmiştir. 201 ve 203 numaralı sınıflarda bir, 222 numaralı sınıfta ise iki ölçüm yapılmıştır. 201 ve 203 numaralı çizim salonları okulun kuzeye bakan kısmında, 222 numaralı sınıf ise güneye bakan kısmında bulunmaktadır. Kuzeye bakan bu iki derslik içerisine güneş ışınları girmemekte, güneye bakan dersliğe ise girmektedir. 201 ve 203 numaralı salonlar Resim 6.9 ve Resim 6.10’ da gösterilmiştir. 222 numaralı sınıfta iki ölçüm yapılmasının nedeni, sınıfın camlarında güneş önleyici bir sistemin bulunmamasından dolayı sınıfa giren güneş ışınlarının içeride eğitim yapan öğrencilerin ısı konforu üzerindeki etkisini görmektir(Resim 6.11). Aynı gün içerisinde yapılan ölçümler; 201 ve 203 numaralı, aralarında çok küçük farklar bulunan bu iki salonu birbirleriyle kıyaslama imkanı vermiştir. 201 numaralı sınıf için ölçüm değerleri EK-12’ de, 203 numaralı sınıf için ölçüm değerleri EK-13’ de, 222 numaralı sınıf için ölçüm değerleri ise EK-14 ve

EK-15’ de verilmiştir. Öğrencilerin derslikler içerisindeki oturma düzenleri EK-9, EK-10 ve EK-11’ de görüldüğü gibidir.



Resim 6.9. 201 numaralı sınıf



Resim 6.10. 203 numaralı sınıf



Resim 6.11. 222 numaralı sınıfta güneşin ısı konfora olan etkisi

Eklerde verilen sınıf planlarından da görüldüğü gibi 201 ve 203 numaralı çizim salonları birbirlerine benzemektedir. 222 numaralı sınıf ise bu sınıflara nazaran daha küçük olan bir sınıftır. 201 numaralı sınıf planı EK-3’ de, 203 numaralı sınıf planı EK-4’de, 222 numaralı sınıf planı EK-5’ de verilmiştir.

Deneylerde 201 ve 203 numaralı çizim salonlarında 60, 222 numaralı sınıfta ise 30 öğrenci bulunmaktadır. Salonların ısıtılması döküm radyatörler aracılığıyla yapılmaktadır. 201 ve 203 numaralı salonda 72 adet kalorifer dilimi vardır. Bu dilimler 220x205 (yükseklik - genişlik) boyutlarındaki 6 adet çift camlı pencerenin alt kısımlarına eşit olarak dağıtılmıştır. 222 numaralı sınıfta ise 70 adet kalorifer dilimi yine aynı boyutlardaki 4 adet çift camlı pencerenin alt kısmına 20, 20 ,15, 15 adet şeklinde dağıtılmıştır. Kalorifer dilimlerinin yerleşimi sınıf planlarında görülmektedir.

Deneyin yapıldığı günlerdeki Ankara ili için detaylı hava durumu EK-30 ve EK-31’ de verilmiştir[31,32].

6.5. Hata Analizi

Deneysel bulguların hata analizi için belirsizlik analizi adı verilen yöntem kullanılmıştır[33]. Bu yöntemle göre, sistemde ölçülmesi gereken büyüklük R ve bu büyüklüğe etki eden n adet bağımsız değişken ise $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ olsun. Bu durumda,

$$R = R(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (6.2)$$

yazılabilir. Her bağımsız değişkene ait hata oranları $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ ve R büyüklüğünün hata oranı w_R ise;

$$w_R = \left[\left(\frac{\partial R}{\partial X_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial X_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial X_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (6.3)$$

şeklinde verilmektedir[33]. Buradan bulunan hata oranının ölçülen büyüklüğe bölünmesiyle hata miktarı % olarak bulunur.

Yaptığımız hata analizinde PMV değerinin hesaplanmasında yapılan hata Eş. 6.5 kullanılarak bulunmuştur. Hata bulunurken iteratif bir çözüm gerektiğinden T_{cl} ve h_c terimlerindeki hatalar ihmal edilerek çözüm basitleştirilmiştir. Veri toplama cihazı ve higrometrenin ölçtüğü büyüklükler ve belirsizlikleri Çizelge 6.3’ de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. Veri toplama cihazı, higrometre için ölçülen büyüklükler ve belirsizlikler

Cihaz	Ölçülen Büyüklük	Belirsizlik
Veri Toplama Cihazı	°C	±% 0,5
Higrometre	%	±% 1

Eş. 6.2’ e göre Eş. 5.42’ de verdiğimiz PMV denklemi Eş. 6.4’ deki gibi yazılabilir.

$$PMV = PMV(T_a, T_{mrt}, p_g) \quad (6.4)$$

Eş. 6.1' i, Eş. 5.42' de yerine yazarsak Eş. 6.5 elde edilir.

$$\begin{aligned} PMV = & (0,352e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032) \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,45p_g \right] - \right. \\ & 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - 0,023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - 0,45p_g) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - T_a) - \\ & \left. 3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right] \end{aligned} \quad (6.5)$$

Eş 6.3' ye göre; $X_1 = T_a$, $X_2 = T_{mrt}$, $X_3 = p_g$ ' dir. Buna göre PMV değeriindeki hata Eş 6.6' ten hesaplanır.

$$w_{PMV} = \left[\left(\frac{\partial PMV}{\partial T_a} w_{T_a} \right)^2 + \left(\frac{\partial PMV}{\partial T_{mrt}} w_{T_{mrt}} \right)^2 + \left(\frac{\partial PMV}{\partial p_g} w_{p_g} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (6.6)$$

$$\frac{\partial PMV}{\partial T_a} = (0,352e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032) \left[0,0014 \frac{M}{A_{Du}} + f_{cl} h_c \right] \quad (6.7)$$

$$\frac{\partial PMV}{\partial T_{mrt}} = (0,352e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032) \left[-3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left(-4(T_{mrt} + 273)^3 \right) \right] \quad (6.8)$$

$$\frac{\partial PMV}{\partial p_g} = (0,352e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032) \left[0,1575 + 0,0104 \frac{M}{A_{Du}} \right] \quad (6.9)$$

olarak bulunur.

Eş. 6.7, Eş 6.8, Eş 6.9, w_{T_a} , $w_{T_{mrt}}$ ve w_{p_g} Eş 6.6' de yerlerine yazılırlarsa w_{PMV} bulunur. Deneyler boyunca yapılan tüm ölçümlerin (216 ölçüm) kullanılmasıyla elde edilen $w_{PMV}=0,02$ ' dir. PMV değerindeki % hata ise $(w_{PMV}/PMV) \times 100 = \% 6,5$ olarak bulunmuştur. Yani herhangi bir noktadaki PMV değeri $\pm 0,02$ ' lik bir hata ile hesaplanmıştır. Buradan hareketle Eş. 5.42 kullanılarak Eş 6.11 bulunur. PPD' nin hesaplanmasındaki hata ise Eş 6.10 kullanılarak bulunur.

$$w_{PPD} = \left[\left(\frac{\partial PPD}{\partial PMV} w_{PMV} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (6.10)$$

$$\frac{\partial PPD}{\partial PMV} = 95(0,13412 \cdot PMV^3 + 0,4358 \cdot PMV) \quad (6.11)$$

$w_{PMV}=0,02$ ve Eş (6.11), Eş (6.2)' de yerlerine yazılırlarsa; $w_{PPD}=0,39$ olarak bulunur. $(w_{PMV}/PPD) \times 100 = \% 2$ ' dir.

6.6. Deneysel Sonuçlar

Bu çalışmada yapılan deneyler sonucunda, 27.02.2006 tarihinde 201 numaralı çizim salonu için hesaplanan PMV ve PPD değerleri EK-12’ de verilmiştir. Deney sırasında bina dışarısındaki hava sıcaklığı 8 °C olarak ölçülmüştür. Bu salonun ölçüm yapılan üç farklı yüksekliği için ortalama PMV ve PPD değerleri Çizelge 7.1’ de gösterilmiştir. Yine aynı tarihte 203 numaralı çizim salonu için hesaplanan PMV ve PPD değerleri EK-13’ de verilmiştir. Bu salonda yapılan deney sırasında ise bina dışarısındaki hava sıcaklığı 7 °C olarak ölçülmüştür. Bu salonun ölçüm yapılan üç farklı yüksekliği için ortalama PMV ve PPD değerleri Çizelge 7.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. 201 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (27.02.2006)

	Ortalama PMV	Ortalama PPD (%)
0,2 m	0,27	7,49
0,6 m	0,44	9,81
1,0 m	0,53	11,84

Çizelge 7.2. 203 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (27.02.2006)

	Ortalama PMV	Ortalama PPD (%)
0,2 m	0,22	6,54
0,6 m	0,37	8,08
1,0 m	0,47	9,87

Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2’ den görüldüğü gibi iki çizim salonundaki ortalama PMV ve PPD değerleri birbirine çok yakın değerlerdir. Aralarında çok küçük farklar bulunan bu iki çizim salonunun üç ayrı yüksekliği için de hesaplanan PMV değerleri, ASHRAE’ nin skalasına göre 0 (Nötr) ve 1 (Hafif sıcak) arasındadır. Üç ayrı yükseklik için hesaplanan ortalama PMV ve PPD değerlerinin de (Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2) ortalamaları alındığında, 201 numaralı sınıf için ortalama PMV=0,41, ortalama PPD=%9,71, 203 numaralı sınıf için ortalama PMV=0,35, ortalama PPD=%8,16 olarak bulunur. Bu ortalama PPD değerleri ISO 7730 ve ASHRAE 55-92’ ye göre ortamın ısı konfor şartları açısından uygun olarak kabul edilebileceği değerlerdir.

222 numaralı sınıfta 27.02.2006 ve 02.03.2006 tarihlerinde yapılan deneyler sonucunda hesaplanan PMV ve PPD değerleri EK-14 ve EK-15’ de verilmiştir. 27.02.2006 tarihinde dış sıcaklık değeri 8 °C, 02.03.2006 tarihinde ise 12 °C’ dir. Binanın güneye bakan kısmında bulunan bu sınıfa 02.03.2006 tarihinde güneş ışınları girmekte, 27.02.2006 tarihinde ise girmemektedir. Her iki durum içinde ortalama PMV ve ortalama PPD değerleri Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4’ de gösterilmiştir.

Çizelge 7.3. 222 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (27.02.2006)

	Ortalama PMV	Ortalama PPD (%)
0,2 m	0,23	6,42
0,6 m	0,52	10,96
1,0 m	0,57	12,22

Çizelge 7.4. 222 numaralı sınıf için ortalama PMV ve PPD değerleri (02.03.2006)

	Ortalama PMV	Ortalama PPD (%)
0,2 m	0,38	8,18
0,6 m	0,67	14,91
1,0 m	0,89	24,48

Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4’ den görüldüğü gibi üç farklı yükseklikteki PMV değerleri ASHRAE’ nin skalasına göre 0 (Nötr) ve 1 (Hafif sıcak) değerleri arasındadır. Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4’ de gösterilen üç ayrı yükseklik içinde hesaplanan PMV ve PPD değerlerinin de ortalamaları alındığında, 27.02.2006 tarihinde ortalama PMV=0,44, ortalama PPD=%9,87, 02.03.2006 tarihinde ise ortalama PMV=0,65, ortalama PPD=%15,86 olarak bulunur. 27.02.2006 tarihindeki PPD değeri standartlardaki sınır değerler için uygun, 02.03.2006 tarihindeki PPD değeri ise ISO 7730 standardı için uygun, fakat ASHRAE 55-92 standardı için uygun değildir. 02.03.2006 tarihinde yapılan deneyde, özellikle bazı noktalarda PMV ve PPD değerlerinin yüksek oluşu, sınıf camlarından giren güneş ışınlarının bazı hücrelerde diğer hücrelere göre çok daha konforsuz bir alan yaratmasından kaynaklanmaktadır(EK-38, EK-39). Özellikle 02.03.2006 tarihindeki deneyde 1 m yükseklikte yapılan ölçümler için; 11, 12, 13, 15, 16 numaralı hücrelerdeki PMV

değerleri, ASHRAE' nin skalasına göre 1 (Hafif sıcak) ve 2 (Sıcak) değerleri arasında yer almaktadır.

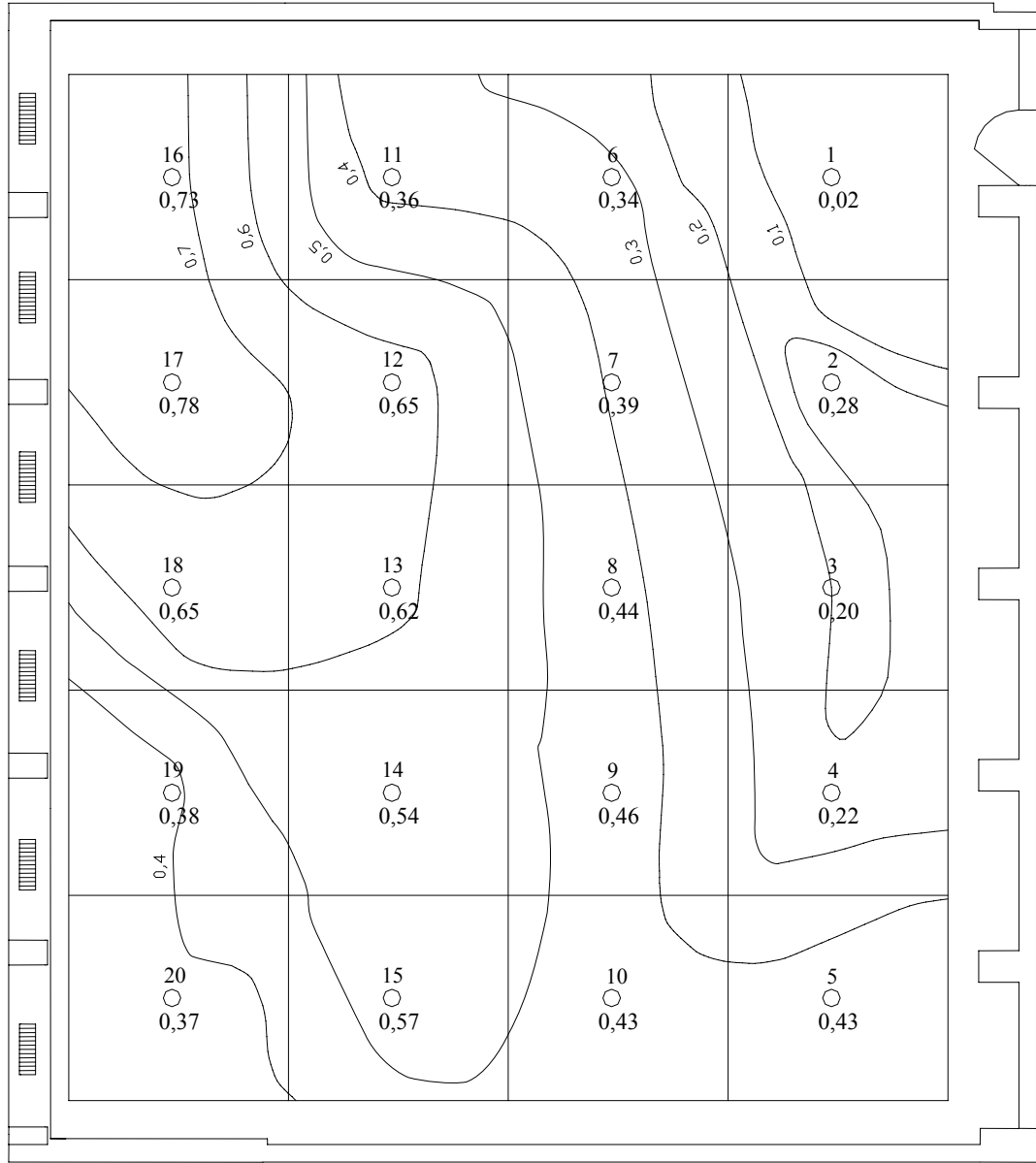
Visual Fortran 6.1' de yazılan (EK-17, EK-18, EK-19, EK-20) bilgisayar programının akış şeması Şekil 6.5' de gösterilmiştir.

PMV ve PPD hesabı ayrıntılı olarak (201 numaralı sınıfın 9. hücresindeki 0,6 m yükseklikteki değerler için) Ek-32' de verilmiştir.

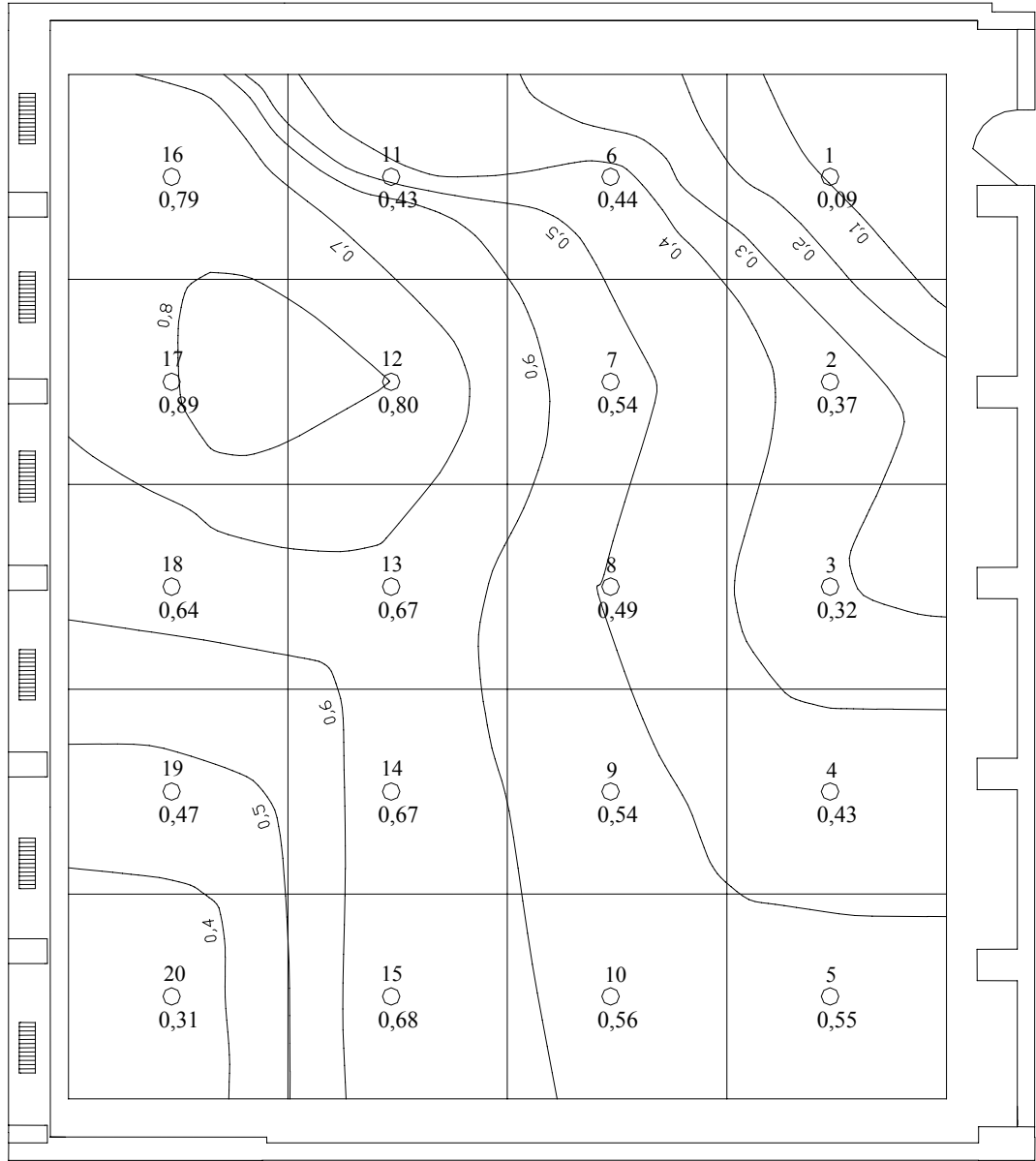
Sınıflardaki PMV değerleri ve çizilen eş-PMV eğrileri Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8, Şekil 6.9, Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15, Şekil 6.16 ve Şekil 6.17' de görüldüğü gibidir.



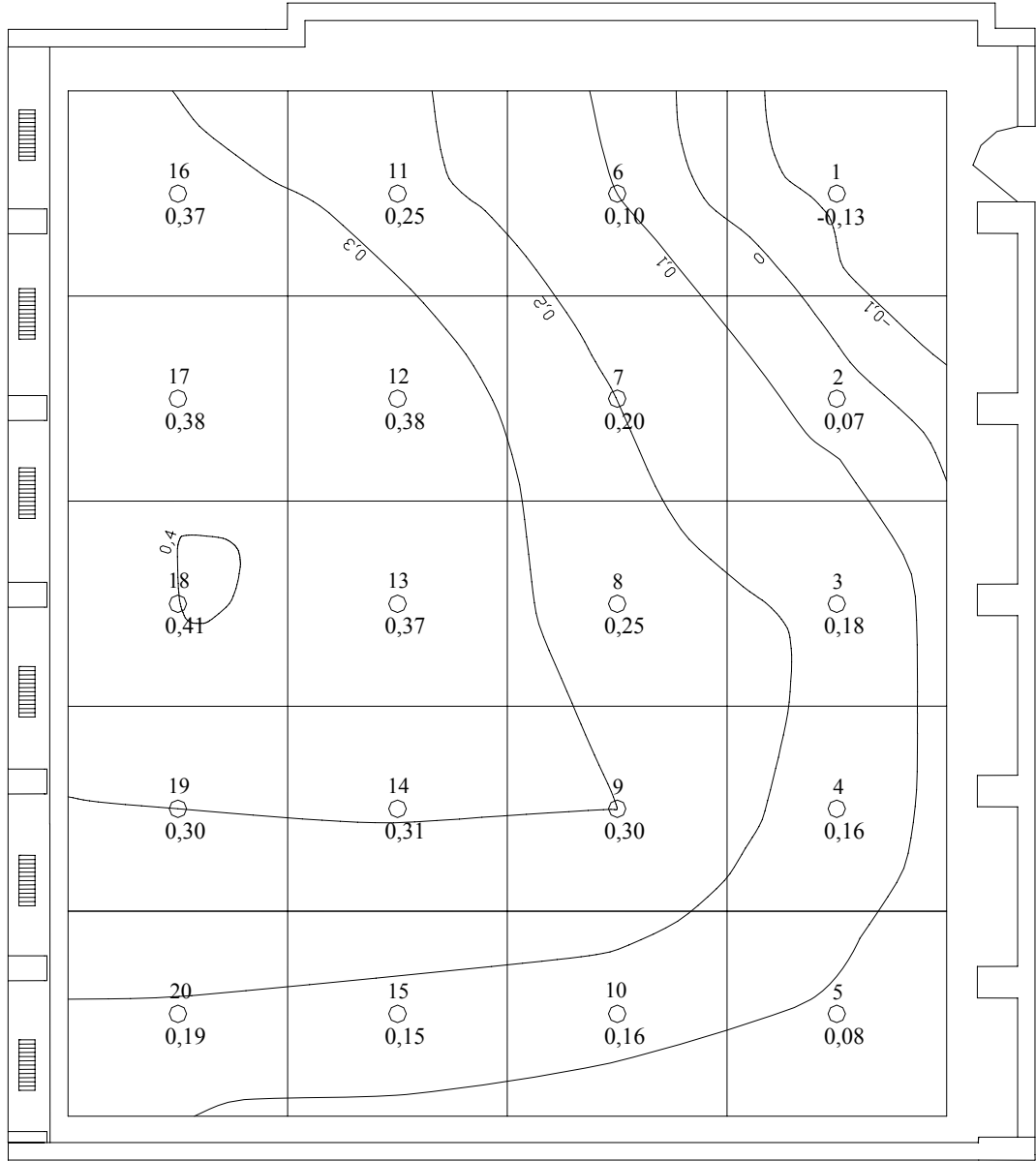
Şekil 6.6. 201 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (27.02.2006)



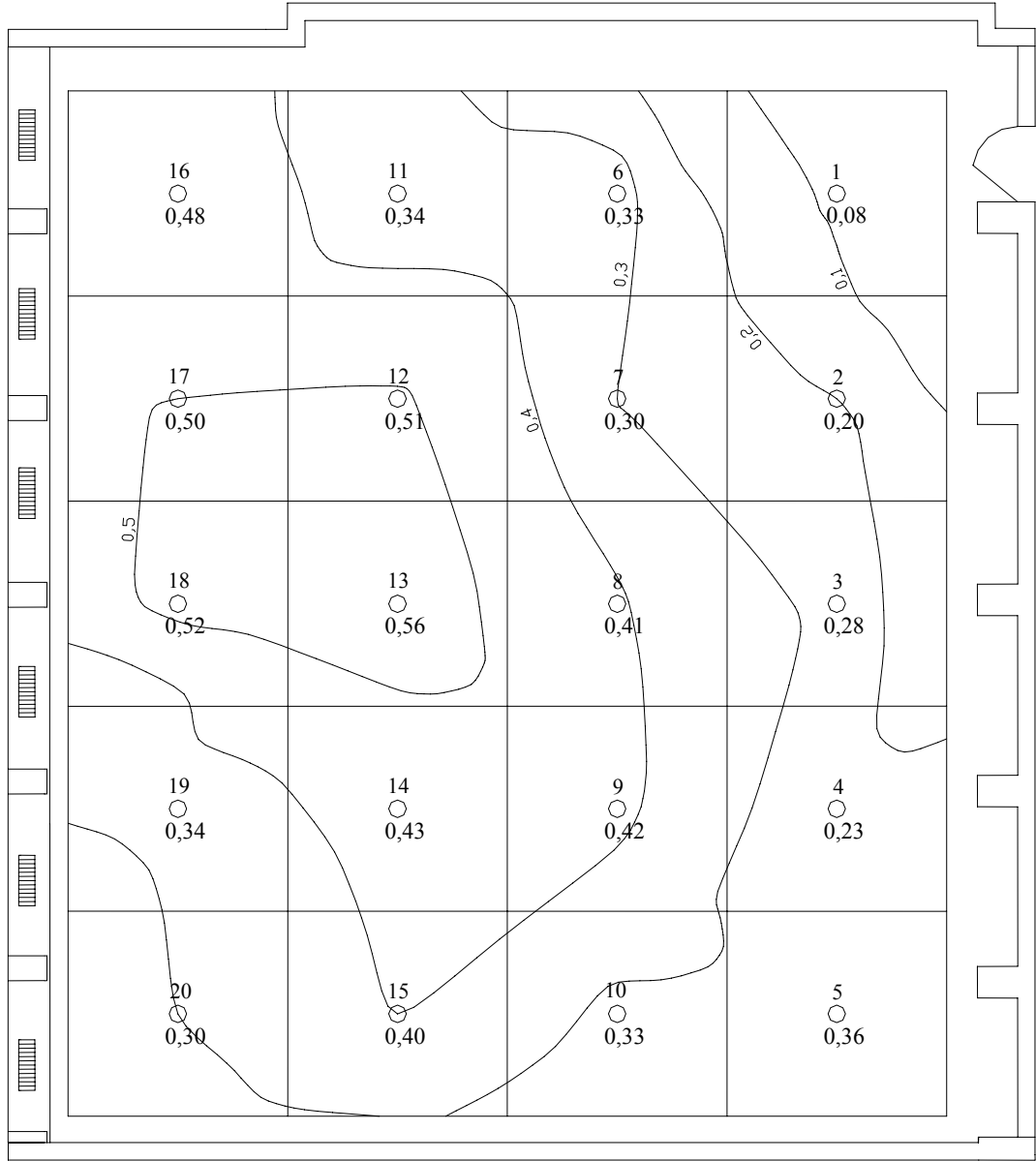
Şekil 6.7. 201 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (27.02.2006)



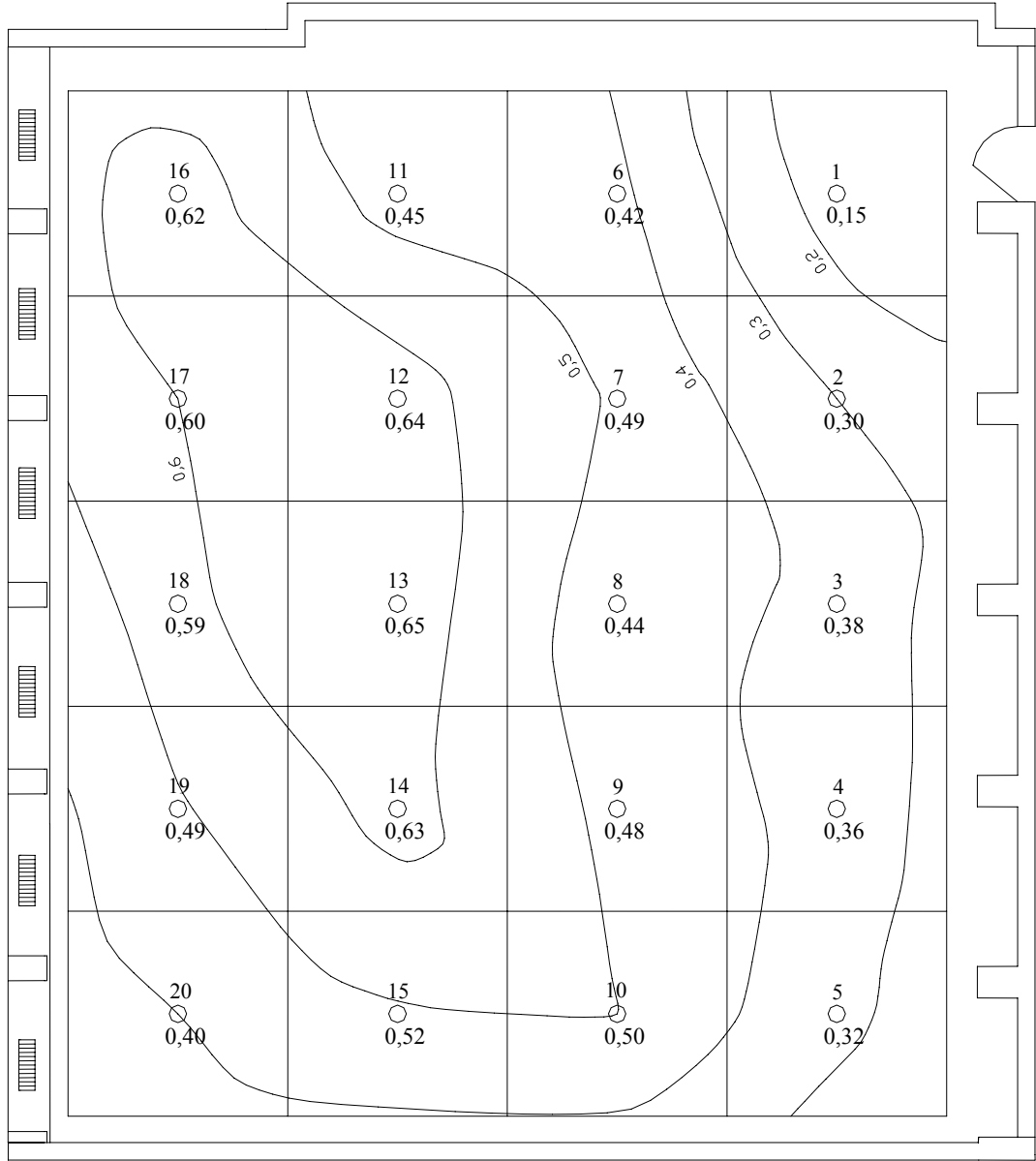
Şekil 6.8. 201 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (27.02.2006)



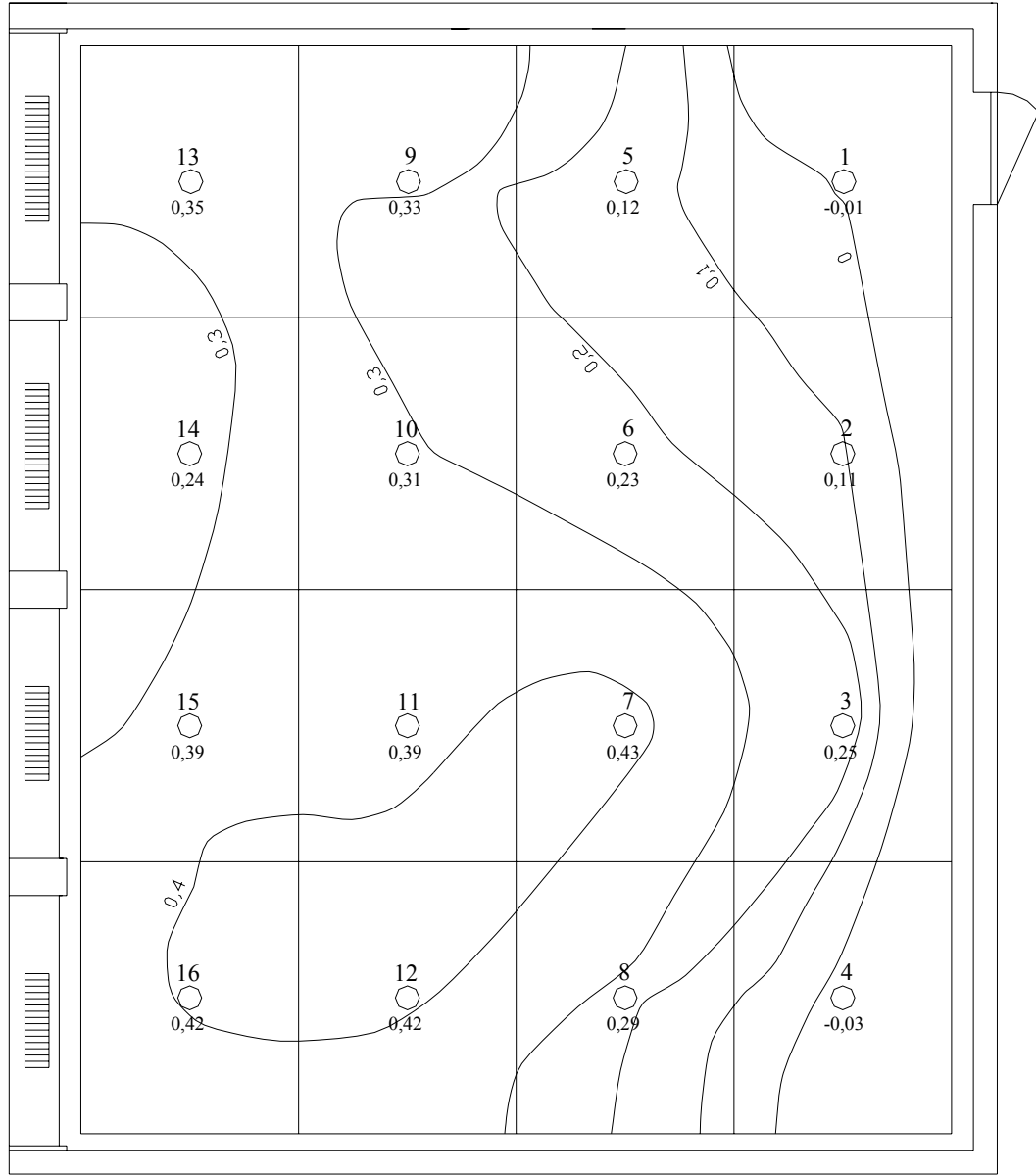
Şekil 6.9. 203 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (27.02.2006)



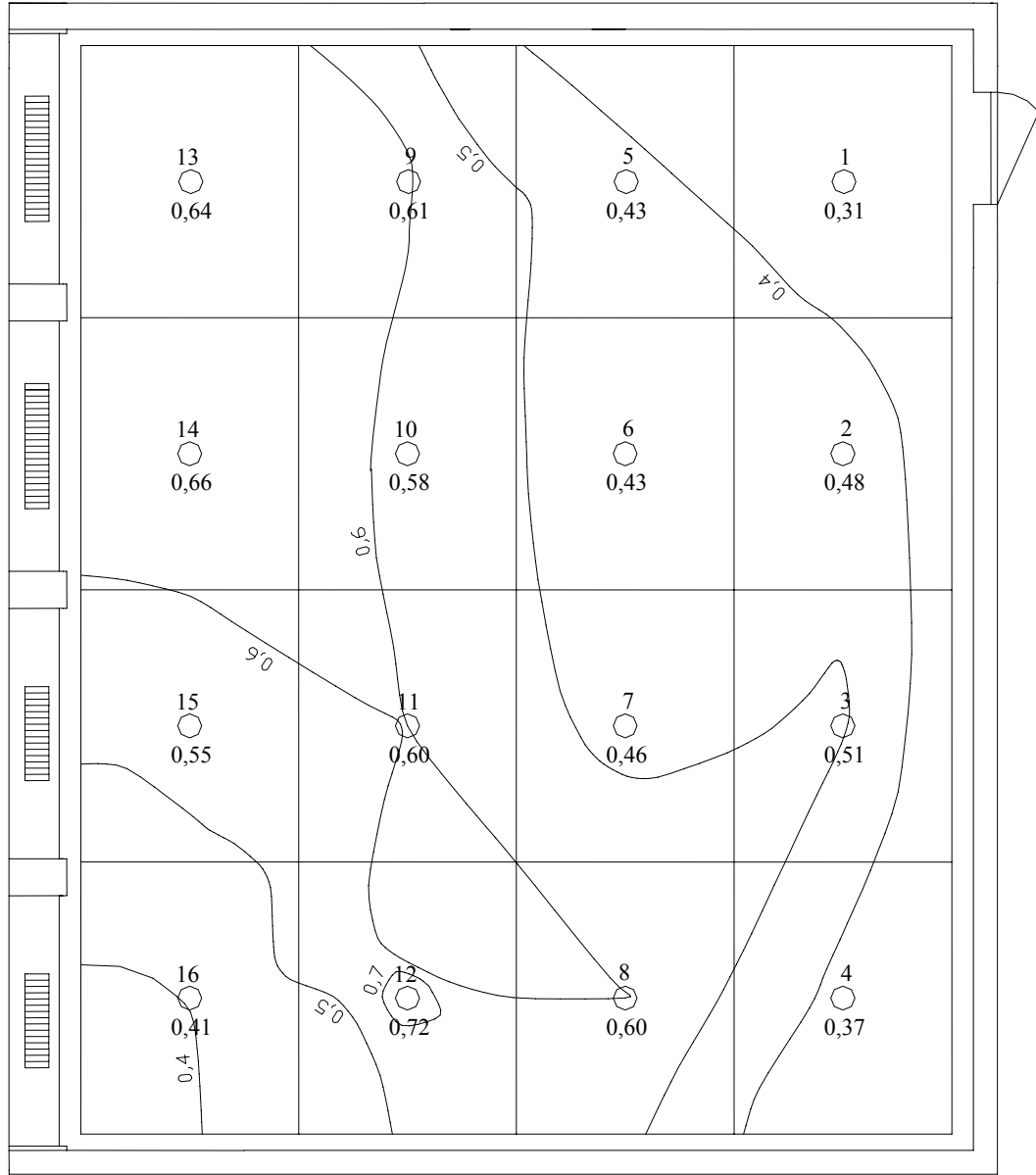
Şekil 6.10. 203 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (27.02.2006)



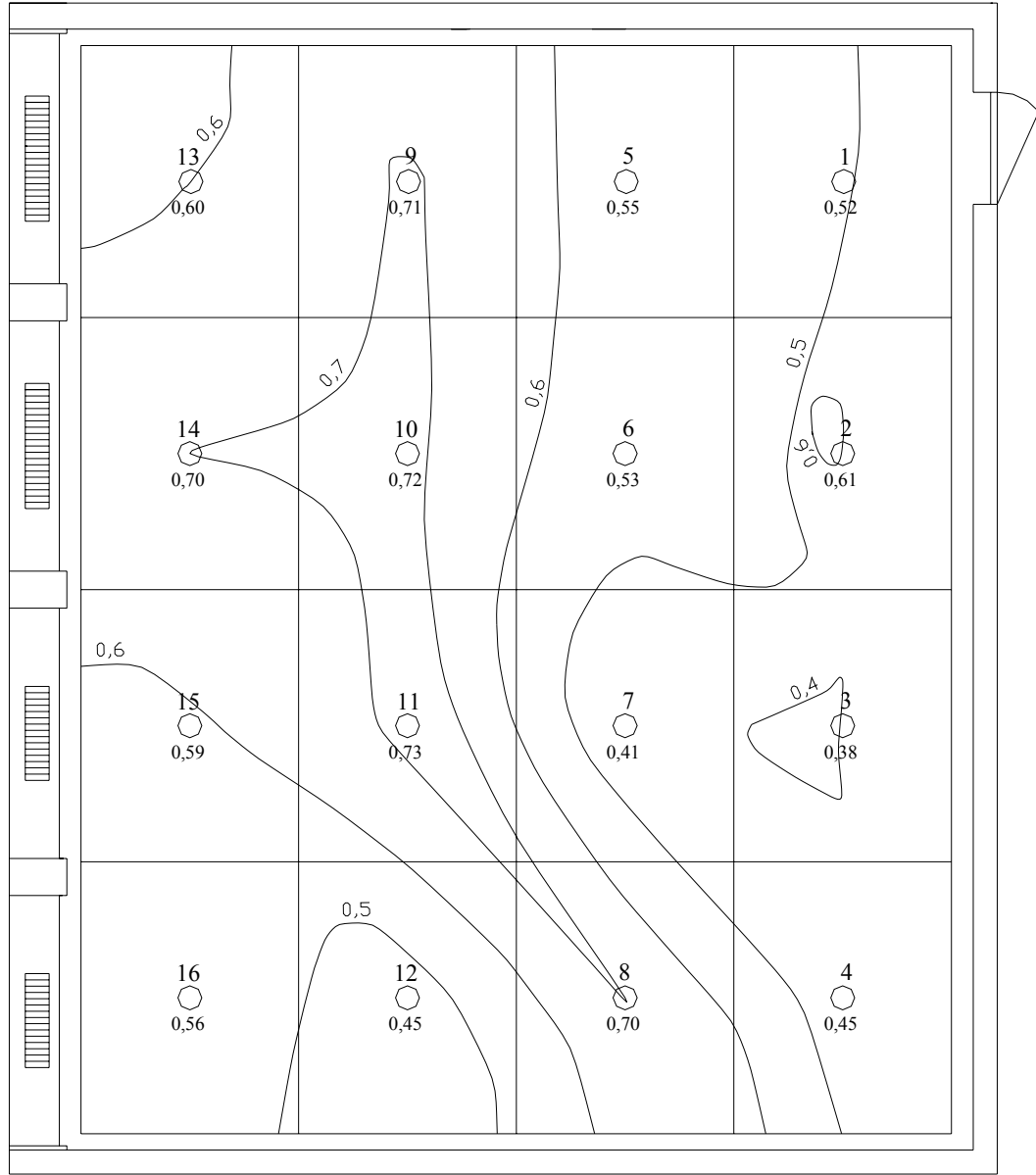
Şekil 6.11. 203 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (27.02.2006)



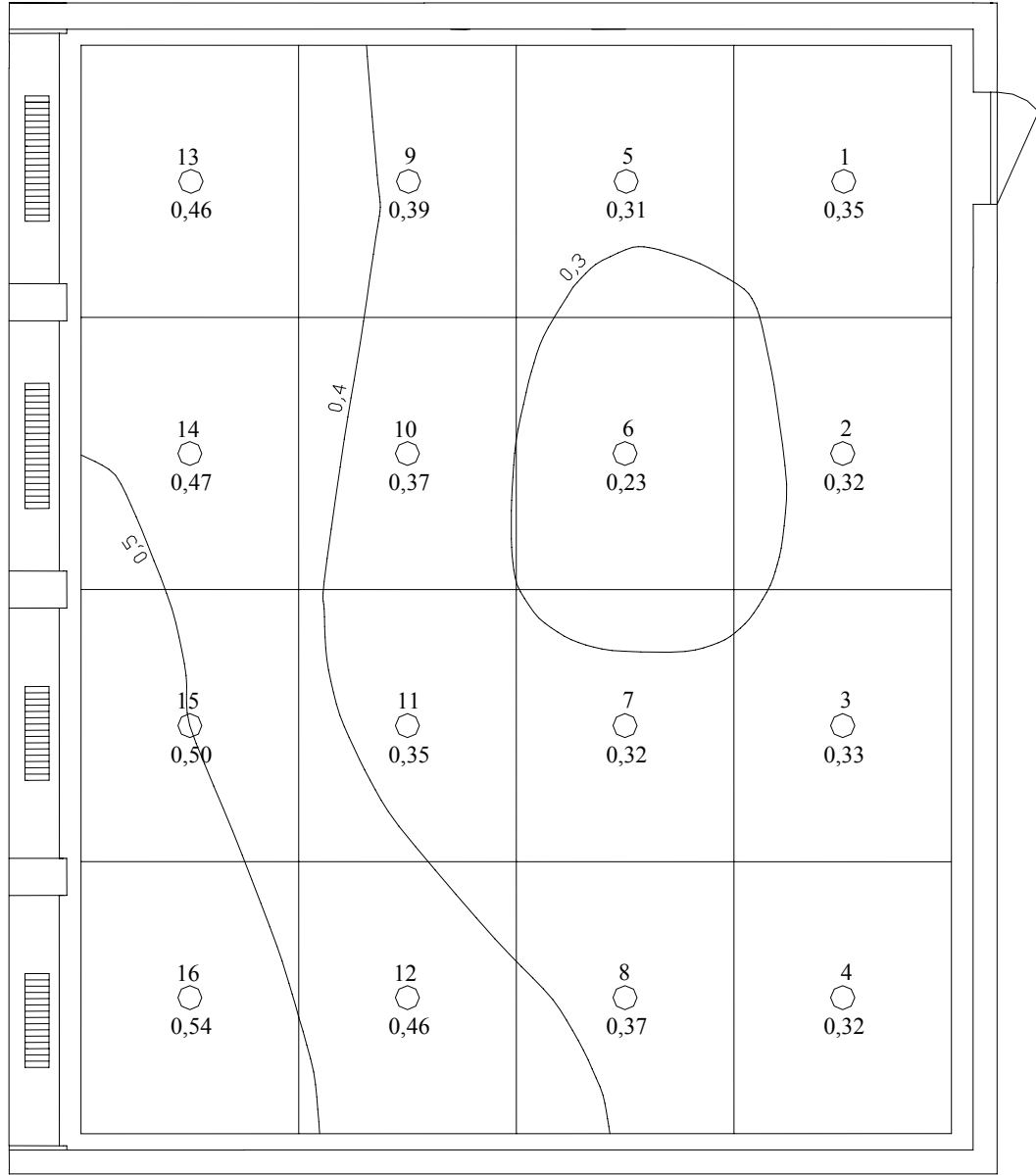
Şekil 6.12. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (27.02.2006)



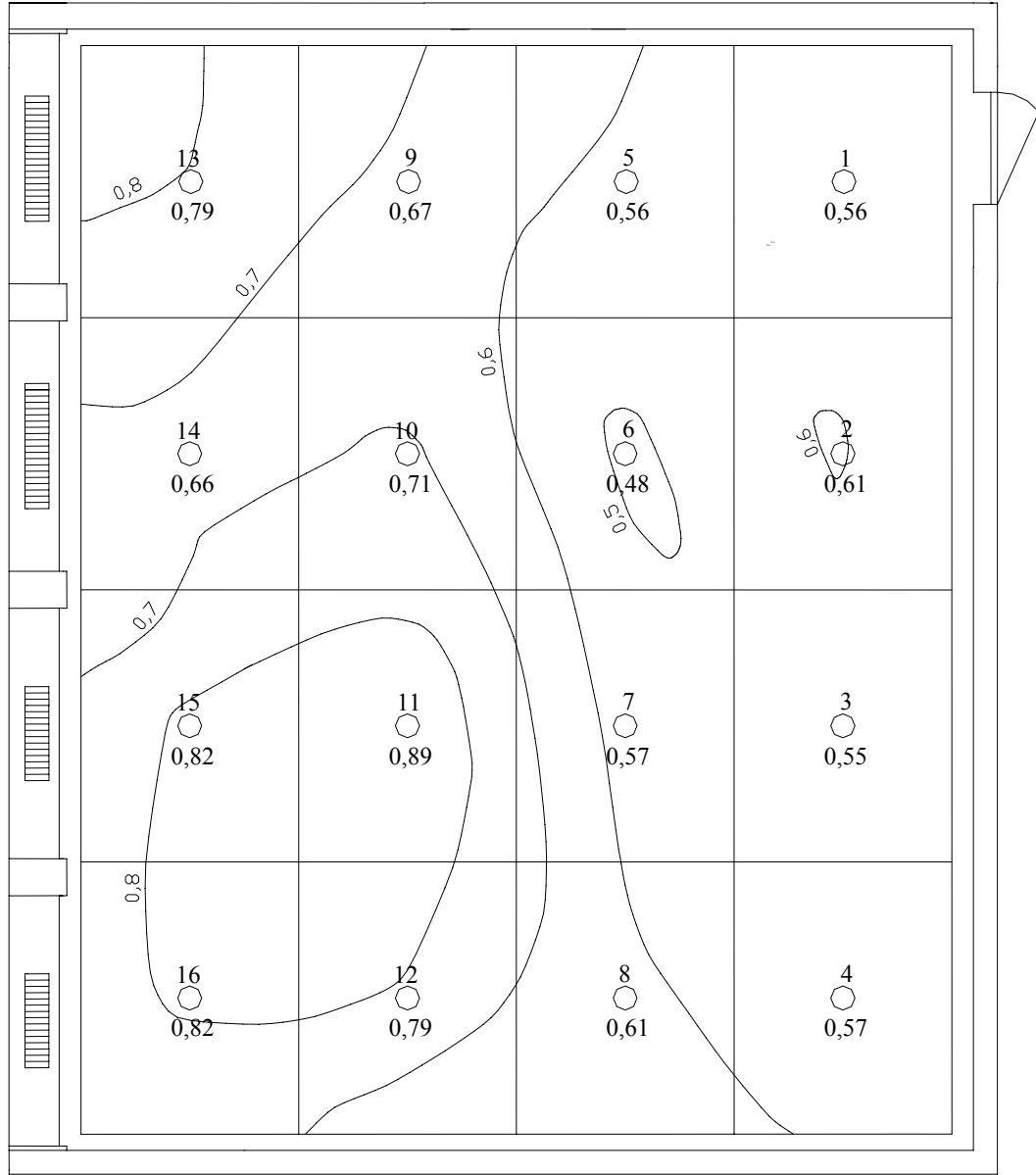
Şekil 6.13. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (27.02.2006)



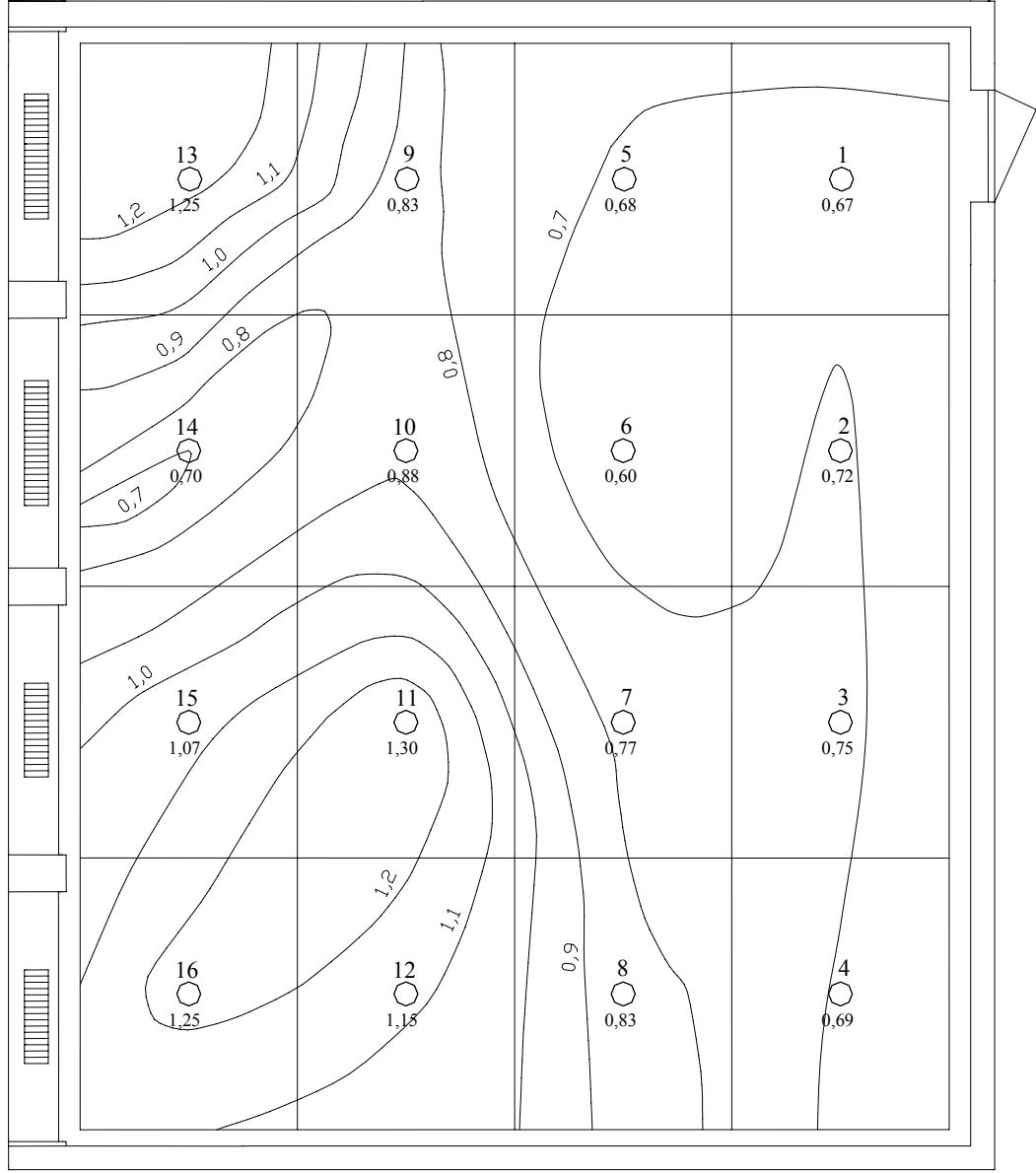
Şekil 6.14. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (27.02.2006)



Şekil 6.15. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,2 m) (02.03.2006)



Şekil 6.16. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (0,6 m) (02.03.2006)



Şekil 6.17. 222 numaralı sınıf için eş-PMV eğrileri (1,0 m) (02.03.2006)

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsanlar tarafından herhangi bir amaçla kullanılan bir hacimde, yaşayanların sağlıklı bir ortam içerisinde yaşamlarını sürdürebilmeleri için o hacmin ısıl çevre parametreleri olarak tanımlanan özelliklerinin belirli sınırlar içerisinde olması gerekir. Bu özelliklerin en önemli olanları hava sıcaklığı, hava nemi, hava hızı, ortalama ışıma sıcaklığı, aktivite seviyesi ve giysi ısıl direncidir. Bu parametrelerin değerlerinin belli limitler içerisinde olması gerekirken, limitler içerisinde seçilen değerlerin değişimi de yine belli aralıklarda olmalıdır. Parametrelerin, uygun sayılan aralıklardan uzaklaştıkça insan üzerindeki etkilerinin de büyüdüğü ve sonunda ciddi hastalıklara yol açtığı açıktır. Bu yüzden iç hacim hava sıcaklığı ve hava hızı belirlenirken hacim içerisinde yaşayan insanların metabolizma hızı ve giysi türü göz önünde tutulmalıdır.

Isıl konfor konusunda son yıllarda, en başta insan sağlığı ve enerji tasarrufu olmak üzere çeşitli nedenlerle çok yoğun araştırmaların yapıldığı, üretilen yeni bilgilerin kitaplara aktarıldığı görülmektedir. Birçok kaynakta Fanger denklemi ve buna bağlı olarak üretilen konfor diyagramları ortaya çıkmaktadır.

Enerji tasarrufu açısından iç tasarım sıcaklığı belirlenirken, ısıtma sezonu için ısıl konforu sağlayacak en küçük sıcaklık, soğutma sezonu için ise en büyük sıcaklık seçilmelidir. Isıtmada konfor sıcaklığının 1 °C artırılması enerji harcamasında % 10' luk bir artışa sebep olmaktadır[1].

Bireysel farklılıklardan ötürü herkesi tatmin edecek bir ısıl çevrenin belirlenmesi mümkün değildir. Isıl konfor ile ilgili ISO 7730 insanların en az % 80' inin, ASHRAE Standart 55-92 ise en az % 90' ının memnuniyetini öngörmek suretiyle ısıl konfor açısından istenilen şartları belirlemektedir[1].

201 ve 203 numaralı salonlardaki ortalama PPD değerleri %8,16 ve % 9,71 olarak standartlardaki değerlere uygun olarak gözükmesine rağmen hücre içerisindeki değerler ayrı ayrı ele alındığında bazı hücrelerdeki (özellikle kalorifer dilimlerine

yakın hücreler) PPD değerleri standartlardaki sınır değerlerin üzerindedir. Ayrıca genellikle kalorifer dilimlerine yakın hücrelerdeki PMV değerleri, diğer hücrelerdeki PMV değerlerinden daha fazladır. Aynı durum 222 numaralı sınıf için de geçerlidir. Bunun sebebi dersliklerin pencere altlarına yerleştirilen kalorifer dilimleriyle ısıtılmaya çalışılmasıdır. Hücreler arasındaki PMV değerleri arasındaki fark kalorifer dilimlerinin salon içerisindeki farklı yerlere daha homojen biçimde yerleştirilmesi ile azalacak ve ısıl konfor açısından birbirine daha yakın hücrelerin oluşmasını sağlayacaktır. Ayrıca binanın güney tarafında bulunmasından dolayı güneş ışınlarıyla hem daha çok ısınan, hem de çizim salonlarına göre küçük olan 222 numaralı sınıfın kalorifer dilim sayısı (70 dilim) neredeyse çizim salonlarındaki dilim sayısı (72 dilim) aynıdır. 222 numaralı sınıf kalorifer dilim sayılarında yapılacak çok az azaltma uygun konfor değerlerini sağlayacaktır. Bu sınıftaki bazı hücrelerdeki aşırı sıcaklık artışını önlemek için pencerelere güneş önleyici bir sistemin takılması şarttır. Bu önlemler, maliyeti ucuz ve alınması kolay olan önlemlerdir.

Ortam içerisinde detaylı bir ısıl konfor araştırması istenmiyorsa, değerlendirmeler 6. bölümde de anlatıldığı gibi 0,6 m yükseklik için hesaplanan PMV ve PPD değerleri kullanılarak yapılabilir.

Isıl konfor hacim içerisinde çok daha homojen sağlanmak isteniyorsa, iklim kontrolünü yapabilen sistemlerin montajı yapılmalıdır. Bu sistemlerin montajı diğer önlemlere göre pahalı olmasına rağmen daha iyi sonuç alınmasını sağlayacaktır.

Bu önlemlerin alınmasıyla hacim içerisindeki lokal ısıl konforsuzluklar oldukça azalacak, öğrencilerin ders sırasındaki performansları artacak ve aynı zamanda enerji tasarrufu sağlanacaktır.

Isıl konfor şartlarının belirlenmek istendiği bir hacme bakacak olursak; hacim içerisindeki ölçüm yapılan hücre sayısının artırılması ısıl konforun daha iyi değerlendirilmesini sağlayacaktır. Hücre sayısının artmasıyla eş-PMV eğrileri daha hassas olarak çizilebilecektir. Yalnız bu durumda her bir ölçüm hücresinde sistemin

kararlı hale gelmesi için belli bir süre beklenilmesi gerekliliği, ölçüm süresini artıracaktır.

Belirsizlik değeri daha küçük olan ölçüm cihazlarının kullanımı, bu cihazlardan kaynaklanan hata değeri azaltacaktır. Böylece hesaplanan değeri gerçek değeri daha yakın olacaktır. Küresel uçlu bir anemometrenin kullanımı hava hızının daha da hassas ölçülmesini sağlayacaktır.

İç tasarım konfor sıcaklıklarının sadece termometre sıcaklığına bakılarak seçilmesi ısı konfor açısından yeterli değildir. Bu konuda geliştirilmiş yöntemler yukarıda bahsedilen ısı konfor parametrelerini değeriştirerek insanlar için en konforlu ortamları yaratma olanağı verirken, enerji tasarrufuna yönelik tedbirlerin alınmasına da imkan tanımaktadır. Geliştirilen bilgisayar programları, yapıların daha ekonomik ve daha bilimsel tasarımını mümkün kılmaktadır. Isı konfor analiz yöntemlerinin yapıların tasarımı aşamasında kullanılmaya başlanması gerekmektedir. Yani ısı konfor tasarımı mimari tasarım ile birlikte yapılmalıdır. Çünkü her türlü mimari tasarımı yapılmış bir yapıda ısı konfor analiz sonuçlarının uygulanması ancak seçilmiş mimari elemanlarının özelliklerinin el verdiği ölçüde mümkün olmaktadır. Bu yüzden geliştirilmiş yöntemlerin ve programların incelenmesi, uygun olanların belirlenmesi ve benzeri programların yapılması insan sağlığı ve enerji tasarrufu için önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Toksoy, M., "Isıl konfor", *Mühendis ve Makine*, 2(13): 37-45 (1994).
2. Hodgson, M. J. and Hess, O. A., "Doctors lawyers and building associated diseases", *ASHRAE Journal*, February, 25-32 (1992).
3. Fanger, P. O., "Thermal comfort", *Mc Graw - Hill*, 1-180: (1970).
4. Kaynaklı Ö. ve Yiğit A., "İnsan vücudu için ısı dengesi ve ısı konfor şartları", *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2): 9-17 (2003).
5. Tanebe S., Arens E. A., Bauman F. S., Zhang, H. and Madsen, T. L., "Evaluating thermal environments by using a thermal manikin with controlled skin surface temperature", *ASHRAE Transactions*, 100 (1): 39-48 (1994).
6. Kaynaklı, Ö. ve Yamankaradeniz, R., "Otomobil içindeki hava hızı ve hareketlerinin ısı konfor şartlarına etkisinin incelenmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3): 369-377 (2003).
7. Fountain M. E., Arens E. A., Tengfang X., Bauman F. S. and Oguru M., "An investigation of thermal comfort at high humidities", *ASHRAE Transactions*, 94: 94-102 (1999).
8. Toftum J. and Fanger P. O., "Air humidity requirements for human comfort", *ASHRAE Transactions*, 99: 641-647(1999).
9. Ataer, Ö. E., "Ameliyathanelerin iklimlendirme sistemlerinin tasarımı için yeni bir yöntem", Bildiri No. 88, *Isı Bilimi ve Tekniği 4. Ulusal Kongresi*, Gaziantep, 247-259 (1983).
10. Harputlugil U. G. ve Çetintürk N., "Geleneksel Türk Evi'nde (Safranbolu Hacı Hüseyinler Evi) ısı konfor koşullarının analizi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(1): 77-84 (2005).
11. Int-Hout, D., "Low temperature air thermal comfort and indoor air quality", *ASHRAE Journal*, May, 34-39 (1992).
12. Kaynaklı, Ö., Ünver, Ü., Kılıç, M. and Yamankaradeniz, R., "Sürekli rejim enerji dengesi modeline göre ısı konfor bölgeleri", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1): 23-30 (2002).
13. Yiğit, A., "The computer-based human thermal model", *Int. Comm Heat Mass Transfer*, 25(7): 969-977 (1998).

14. Horuz, İ. Ve Yiğit, A., “Isıl konfor modellerinin incelenmesi ve karşılaştırılması”, **10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi**, Ankara, 613-622 (1995).
15. Yiğit, A. ve Horuz, İ. “Hava hızı ve hareketlerinin ısı konfor şartlarına etkisi”, **10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi**, Ankara, 603-612 (1995).
16. Yiğit, A., “Isıl konforu etkileyen parametrelerin incelenmesi”, **12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi**, Sakarya, 321-325 (2000).
17. Olesen, B. W. and Parsons, K. C., “Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730”, **Energy and Buildings**, 537-548 (2002).
18. Loveday, D. L., Parsons, K. C., Taki, A. H. and Hodder, S. G., “Displacement ventilation environments with chilled ceilings: thermal comfort design with in the context of the BS EN ISO 7730 versus adaptive debate”, **Energy and Buildings**, 573-579 (2002).
19. Fanger, P. O. and Toftum, J., “Extension of the PMV Model to Non-Air Conditioned Buildings in Warm Climates”, **Energy and Buildings**, 533-536 (2002).
20. Havenith, G., Holmer, I. and Parsons, K., “Personal Factors in Thermal Comfort Assessment: Clothing, Properties and Metabolic Heat Production”, **Energy and Buildings**, 581-591 (2002).
21. Jones B. W., “Capabilities and limitations of thermal models for use in thermal comfort standards”, **Energy and Buildings**, 653-659 (2002).
22. Parsons, K. C., “The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort”, **Energy and Buildings**, 593-599 (2002).
23. Toftum, J., “Human response to combined indoor environment exposures”, **Energy and Buildings**, 601-606 (2002).
24. Kaynaklı, Ö., Atmaca, İ. ve Kılıç, M., “Giysi ısı direnç faktörünün insan konforu açısından değerlendirilmesi”, **Mühendis ve Makine**, 46(543): 20-28 (2005).
25. Kaynaklı, Ö. ve Kılıç, M., “Sürekli rejimde ısı konfor şartlarının modellenmesi”, **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 4(2): 247-256 (2005).
26. Toksoy, M., “Isıl konfor”, **Teskon**, 029: 607-610 (1993).

27. Toksoy, M., “1. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi bildiriler kitabı”, **MMO**, İzmir, 589-640 (1993).
28. Çengel, Y. A. ve Boles, M. A., “Mühendislik yaklaşımıyla termodinamik”, Taner Derbentli, **Literatür Yayıncılık**, İstanbul, 626-628, 794 (2000).
29. İnternet: Elimko E-680 serisi üniversal girişli gelişmiş tarayıcı/alarm cihazı. http://katalog.elimko.com.tr/Pdf_files/Cihazlar/Mikrokontrolorlu_cihazlar/E680.pdf (2006).
30. İnternet: Termokupllar ile ilgili genel bilgiler. http://katalog.elimko.com.tr/Pdf_files/TC/tc_genel_bilgi.pdf (2006).
31. İnternet: Ankara, Turkey. http://turkish.wunderground.com/history/airport/LTAC/2006/2/27/DailyHistory.html?req_city=NA&req_state=NA&req_statename=NA (2006).
32. İnternet: Ankara, Turkey. http://turkish.wunderground.com/history/airport/LTAC/2006/3/2/DailyHistory.html?req_city=NA&req_state=NA&req_statename=NA (2006).
33. Genceli, O. F., “Ölçme tekniği”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 23-26(1994).

EKLER

EK-1 Değişik aktivitelerde metabolizma hızları

Çizelge 1.1. Değişik aktivitelerde metabolizma hızları [3]

Aktivite		Metabolizma hızı	Mekanik Verim	İzafi Hava Hızı
		M/A_{Du} (kcal/hm ²)	η	v (m/s)
<i>Dinlenme</i>				
Uyuyarak Uzanarak Oturarak (Sessiz) Ayakta (Rahat)		35	0	0
		40	0	0
		50	0	0
		60	0	0
<i>Yürüme (Düz Yolda)</i>				
	km/h			
	3,2	100	0	0,9
	4	120	0	1,1
	4,8	130	0	1,3
	5,6	160	0	1,6
	6,4	190	0	1,8
	8	290	0	2,2
<i>Yürüme (Yokuş Yukarıya)</i>				
% eğim	km/h			
5	1,6	120	0,07	0,6
5	3,2	150	0,1	0,9
5	4,8	200	0,11	1,3
5	6,4	305	0,1	1,8
15	1,6	145	0,15	0,4
15	3,2	230	0,19	0,9
15	4,8	350	0,19	1,3
25	1,6	180	0,2	0,4
25	3,2	335	0,21	0,9
<i>Çeşitli Uğraşlar</i>				
Fırın, temizlik, paketleme v.b.		70-100	0-0,1	0-0,2
Fermente ürün imalatı		60-120	0-0,2	0-0,2
Şişeleme, yükleme v.b.		60-120	0	0-0,2
<i>Marangozhane</i>				
Hızır		90	0	0
Elle kesme		200-240	0,1-0,2	0,1-0,2
Elle rendeleme		280-320	0,1-0,2	0,1-0,02

EK-1 (Devam) Değişik aktivitelerde metabolizma hızları

Çizelge 1.1. (Devam) Değişik aktivitelerde metabolizma hızları

Aktivite	Metabolizma hızı $M/A_{Du}(\text{kcal/hm}^2)$	Mekanik Verim η	İzafi Hava Hızı $v \text{ (m/s)}$
<i>Dökümhane</i>			
Sıvama	160	0-0,1	0,1-0,2
Derece boşaltma	200	0-0,1	0,1-0,2
Kaba işler	270	0-0,2	0,1-0,2
Ocaklara nezaret	340	0-0,1	0,1-0,2
Cüruf atma	380	0-0,1	0,1-0,2
<i>Laboratuvar</i>			
Dia inceleme	70	0	0
Genel çalışma	80	0	0-0,2
Düzenek Kurma	110	0	0-0,2
Tesviye	110	0-0,1	0,1-0,2
<i>Mekanik İşler</i>			
Hafif (Örn. Elektrik endüstrisi)	100-120	0-0,1	0-0,2
Makine monitörü	140	0-0,1	0-0,9
Ağır (Örn. Boya endüstrisi)	200	0-0,1	0-0,2
Teneke İmalatı	100-200	0-0,1	0,0-2
Oturarak yoğun kol, bacak hareketi	110	0-0,2	0,1-0,4
Ayakkabıcı	100	0-0,1	0-0,1
Atölye yardımcısı	100	0-0,1	0,2-0,5
Öğretmen	80	0	0
Saat tamircisi	55	0	0
<i>Araç Kullanma</i>			
Otomobil (Hafif trafik)	50	0	0
Otomobil (Ağır Trafik)	100	0	0
Ağır vasıta	160	0-0,1	0,05
Gece uçuşu	60	0	0
Otomatik pilotla iniş	90	0	0
Savaş uçuşu	120	0	0
<i>Ağır iş</i>			
El arabası itme	125	0,2	1,4
50 kg torba taşıma	200	0,2	0,5
Kazma kürek kullanma	200-240	0,1-0,2	0,5
Çukur kazma	300	0,2	0,5

EK-1 (Devam) Değişik aktivitelerde metabolizma hızları

Çizelge 1.1. (Devam) Değişik aktivitelerde metabolizma hızları

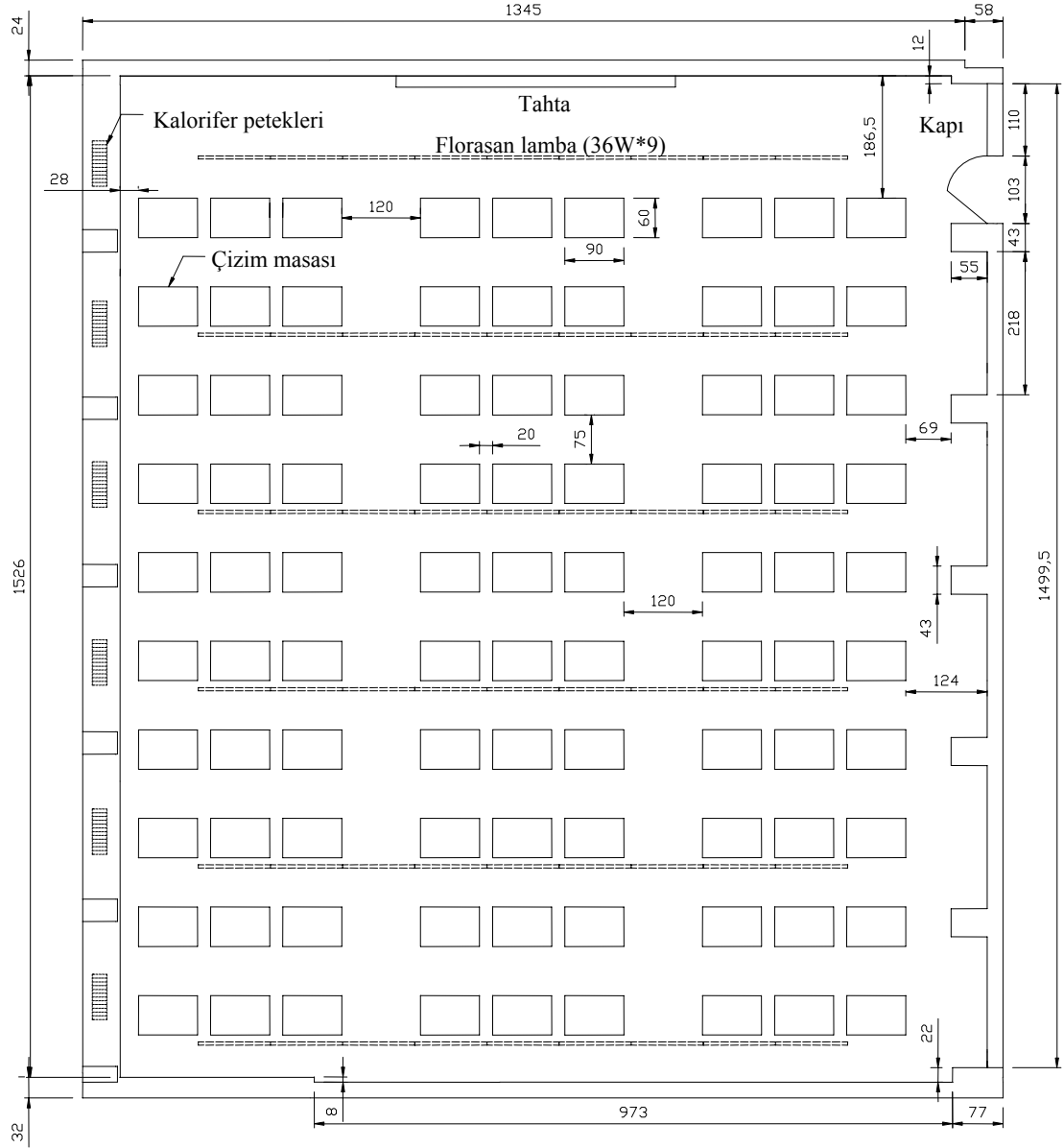
Aktivite	Metabolizma hızı	Mekanik Verim	İzafi Hava Hızı
	M/A_{Du} (kcal/hm ²)	η	v (m/s)
<i>Ev İşi</i>			
Ev temizleme	100-170	0-0,1	0,1-0,3
Yemek pişirme	80-100	0	0
Ayakta bulaşık yıkama	80	0	0-0,2
Elde çamaşır yıkama ve ütü	100-180	0-0,1	0-0,2
Tıraş olma, yıkanma, giyinme	85	0	0-0,2
Alışveriş	80	0	0,2-1,0
<i>Büro İşi</i>			
Elektrikli Daktilo	45-50	0	0,05
Mekanik Daktilo	55-60	0	0,05
Hesap Makinesi	60	0	0,05
Çeşitli Büro İşi (kontrol v.b.)	50-60	0	0-0,1
Desinatör, Konstrüktör	60	0	0-0,1
<i>Hobi Uğraşlar</i>			
Jimnastik	150-200	0-0,1	0,5-2
Dans	120-220	0	0,2-2
Tenis	230	0-0,1	0,5-2
Eskrim	350	0	0,5-2
Squash	360	0-0,1	0,5-2
Basketbol	380	0-0,1	1,0-3,0
Güreş	435	0-0,1	0,2-0,3

EK-2 Çeşitli giysilerin ısı dirençleri

Çizelge 2.1. Çeşitli giysilerin ısı dirençleri [3]

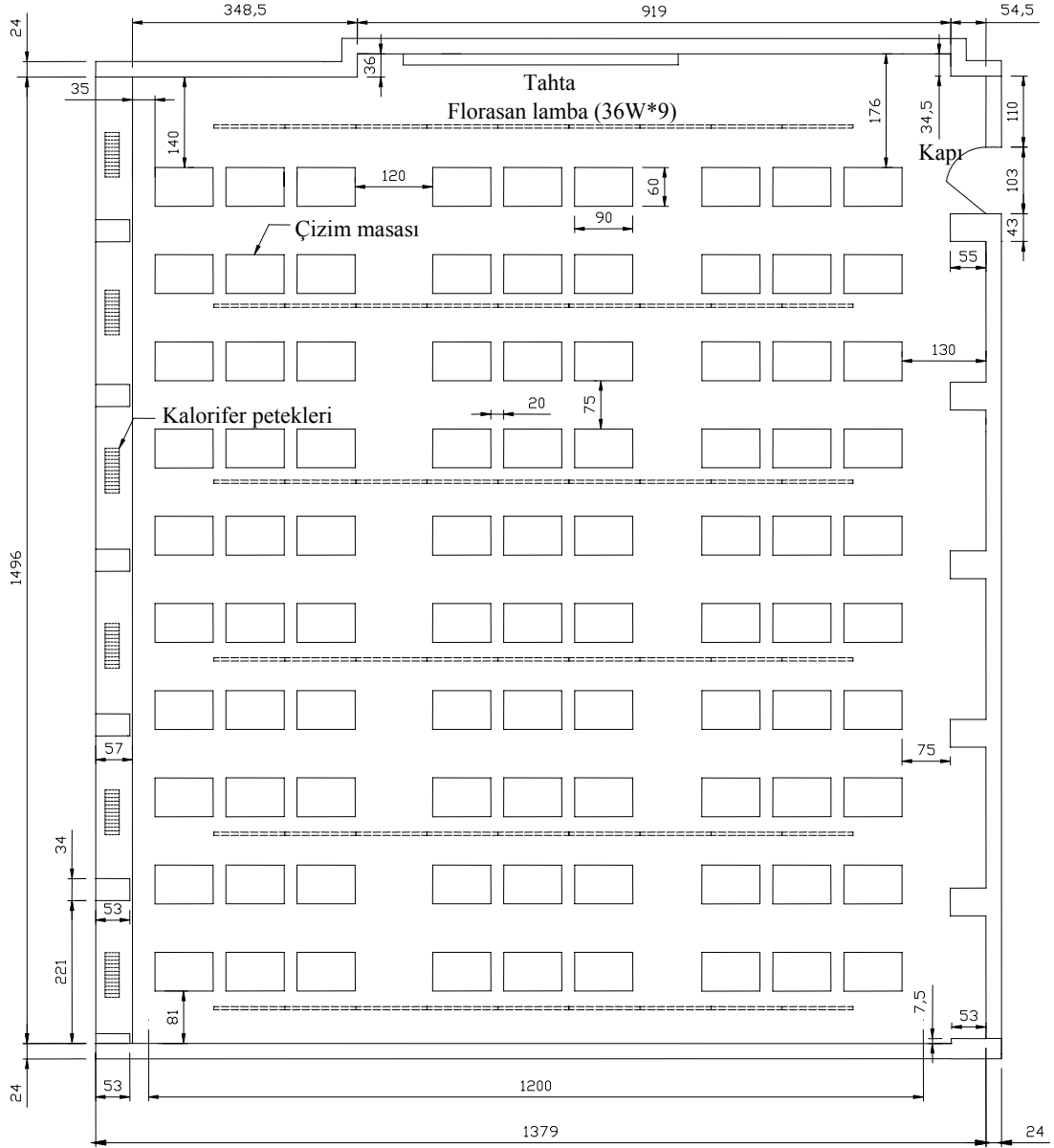
Giysi Türü	I _{cl} (clo)	f _{cl}
<i>Çıplak</i>	0	1
<i>Şort</i>	0,1	1
<i>Takım Elbise</i>	1	1,15
<i>Takım elbise ve pamuklu palto</i>	1,5	1,15
<i>Tipik tropik giysi</i> Şort, kısa kollu ve açık yakalı gömlek, ince çorap, sandalet	0,3-0,4	1,05
<i>Astronot Giysisi</i> İnce pamuklu çamaşır, kısa kol, kısa paça, pamuk çorap	0,35	1,05
<i>Hafif Yaz Giysisi</i> Kısa kollu ve açık yakalı tişört, uzun hafif pantolon	0,5	1,1
<i>Hafif İş Giysisi (Dışarıda)</i> Şort, yünlü çorap, pamuklu tişört, pamuklu pantolon, gömlek	0,6	1,1
<i>Amerikan Ordu Giysisi</i> Hafif çamaşır, pamuklu pantolon ve gömlek, yumuşak tabanlı çorap, postal	0,7	1,1
<i>Tropik Savaş Giysisi</i> Amerikan savaş giysisinin aynısı (Gömlek ve pantolon rüzgar geçirmeyen bezden)	0,8	1,1
<i>Hafif Sokak Giysisi</i> Pamuklu gömlek, pantolon tişört, şort, çorap, ayakkabı, poplin veya dacron ceket	1,5	1,15-1,2
<i>Ağır Geleneksel Avrupalı İş Giysisi</i> Pamuklu, paçalı, uzun kollu iç çamaşır, gömlek, yün çorap, ayakkabı, takım elbise (yelekli)	0,9	1,15
<i>Amerikan Ordu Standardı</i> Soğuk – ıslak şartlar için üniforma	1,5-2,0	1,3-1,4
<i>Ağır Yünlü Giysi (Kutup İklimi Giysileri)</i>	3-4	1,3-1,5

EK-3 201 numaralı sınıf planı



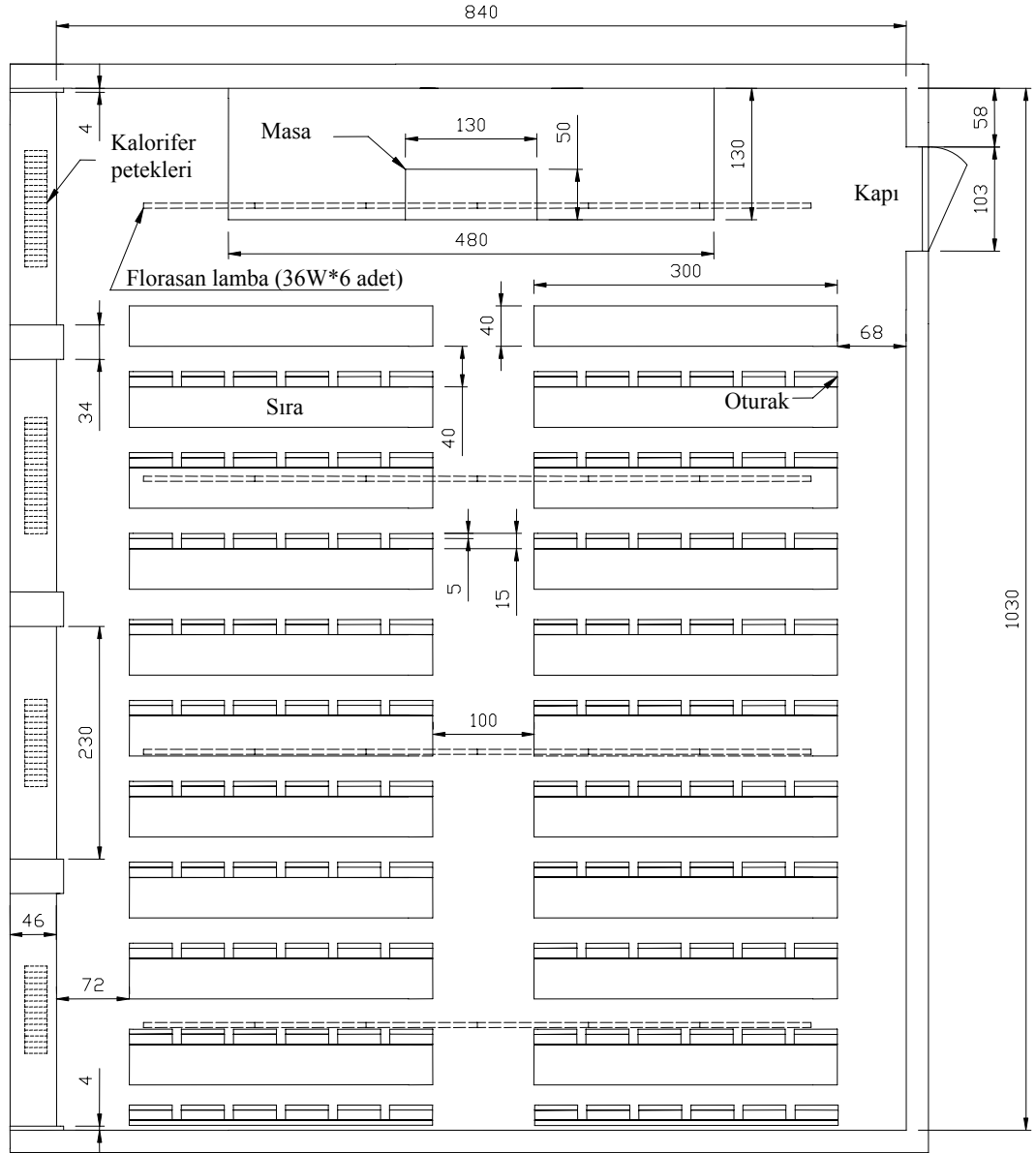
Ölçüler cm' dir.

EK-4 203 numaralı sınıf planı



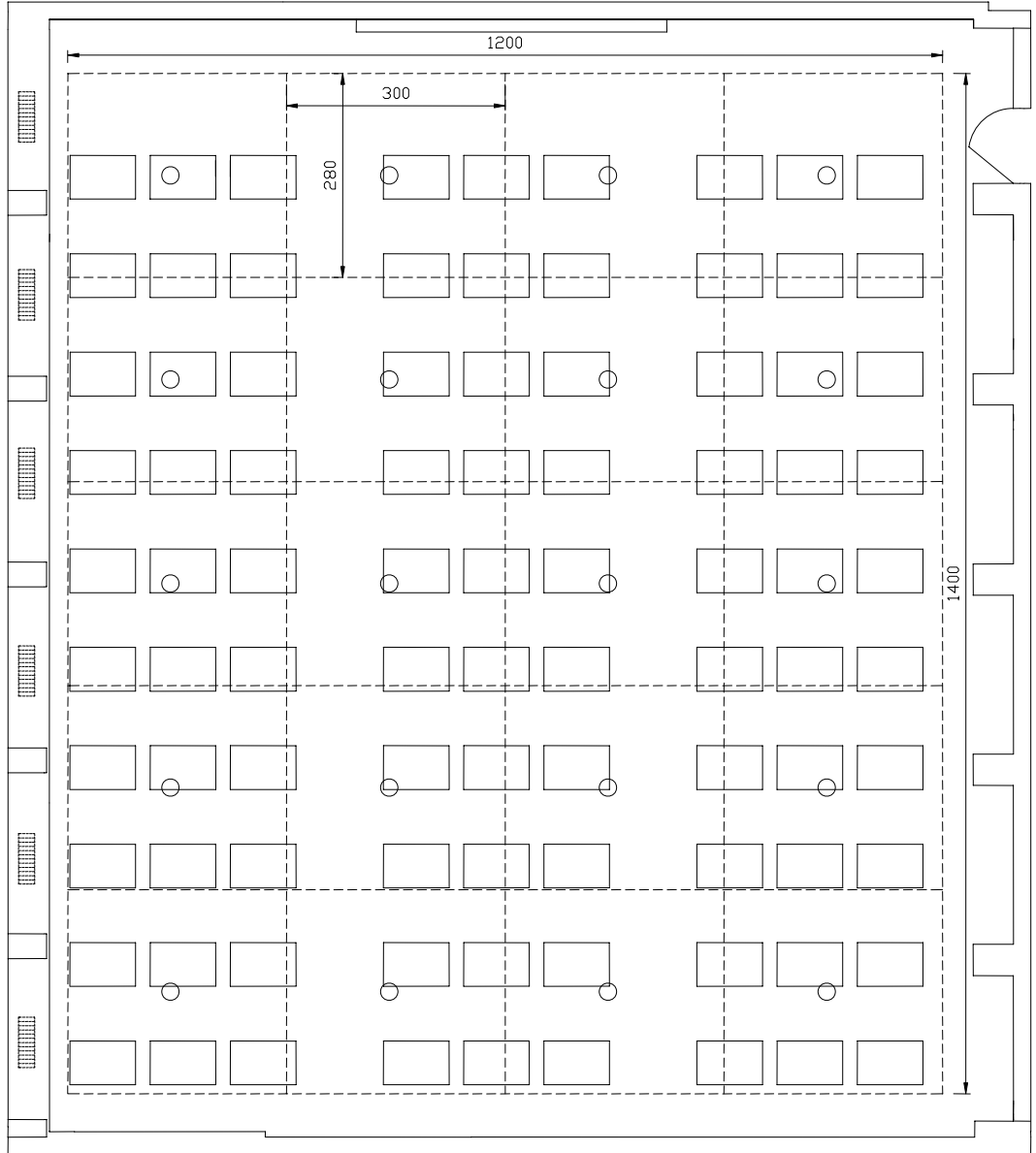
Ölçüler cm' dir.

EK-5 222 numaralı sınıf planı



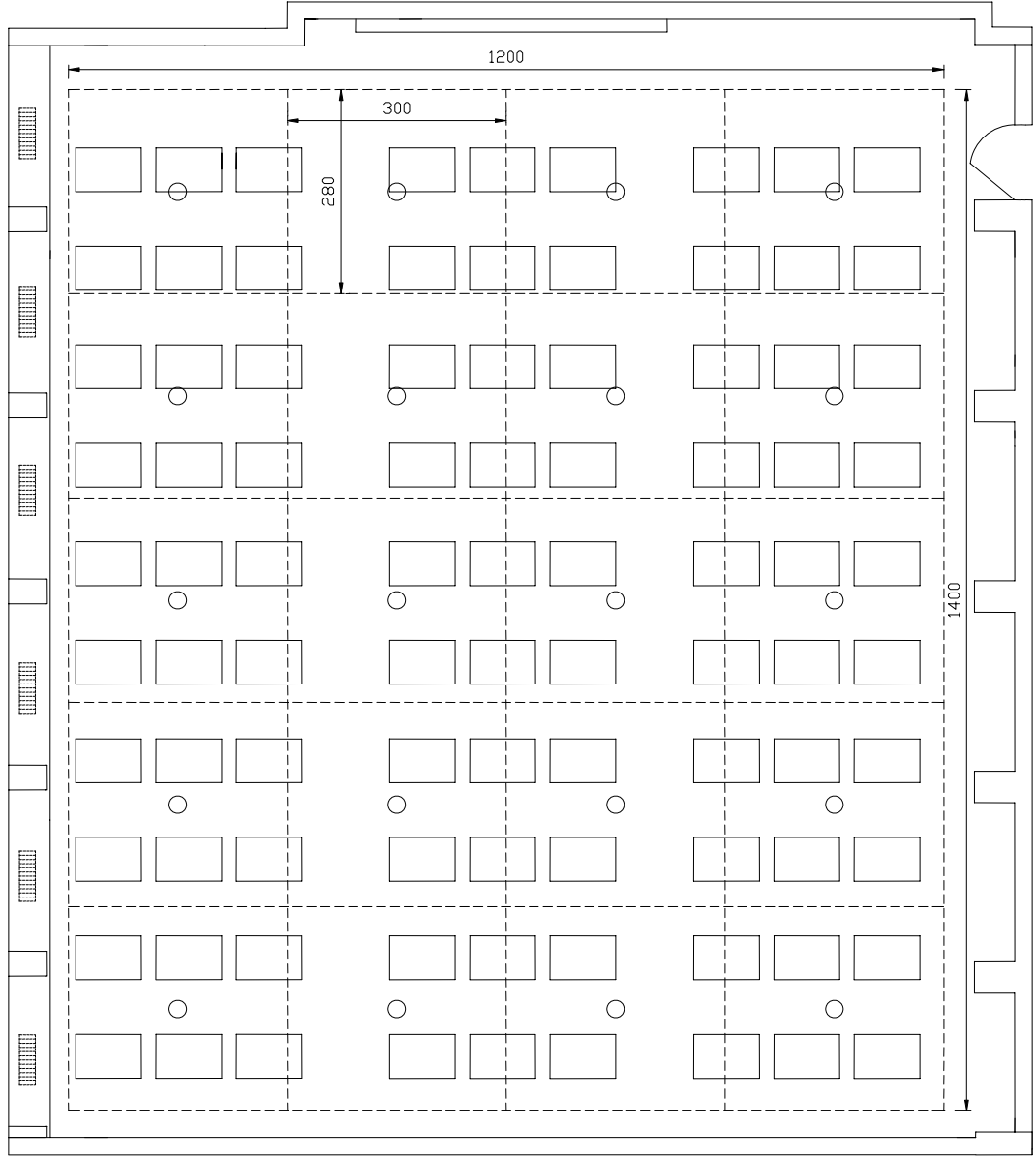
Ölçüler cm' dir.

EK-6 201 numaralı sınıf için ölçüm yapılan hücreler



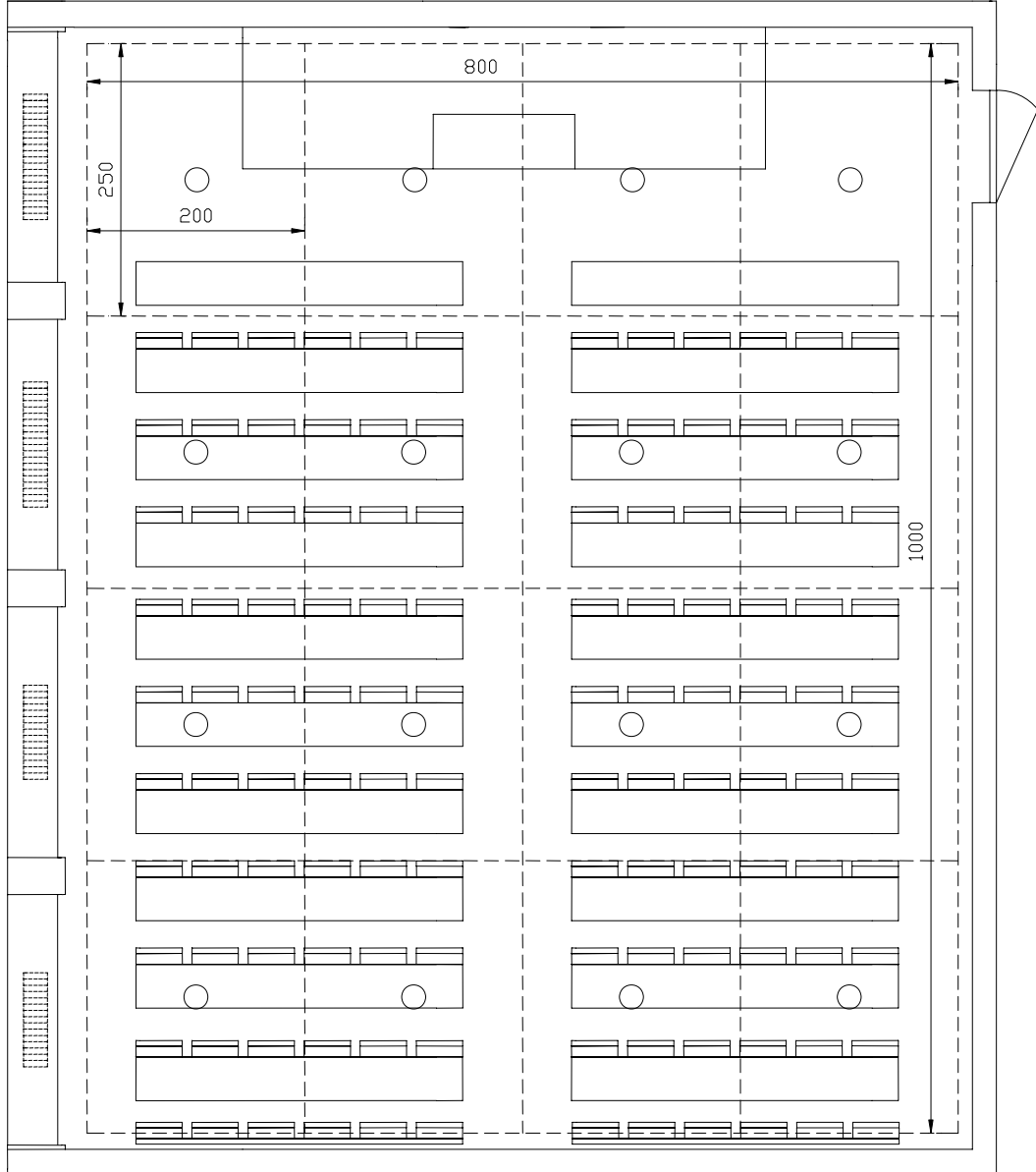
Ölçüler cm' dir.

EK-7 203 numaralı sınıf için ölçüm yapılan hücreler



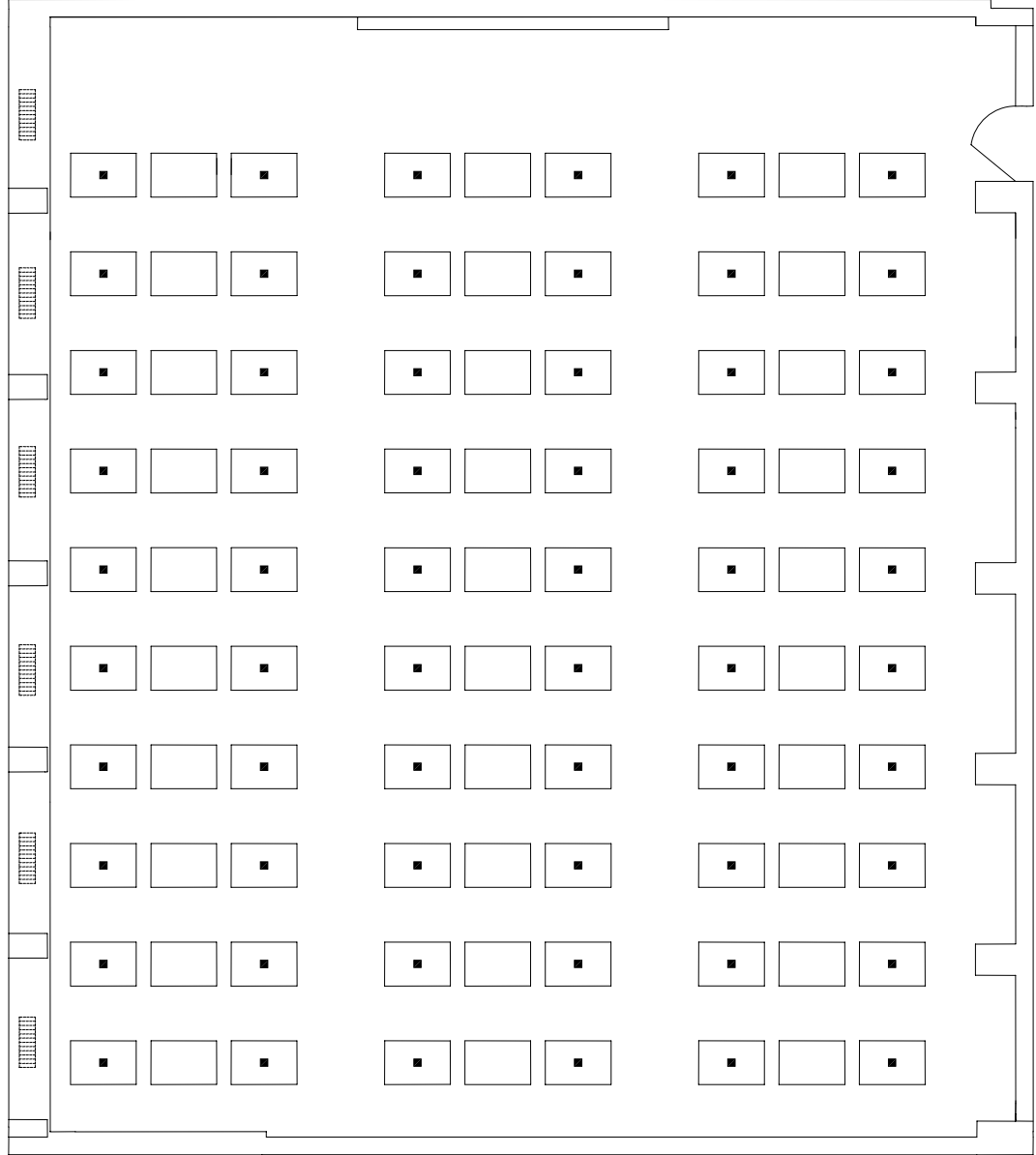
Ölçüler cm' dir.

EK-8 222 numaralı sınıf için ölçüm yapılan hücreler



Ölçüler cm' dir.

EK-9 Deney sırasında öğrencilerin 201 numaralı sınıftaki dağılımı



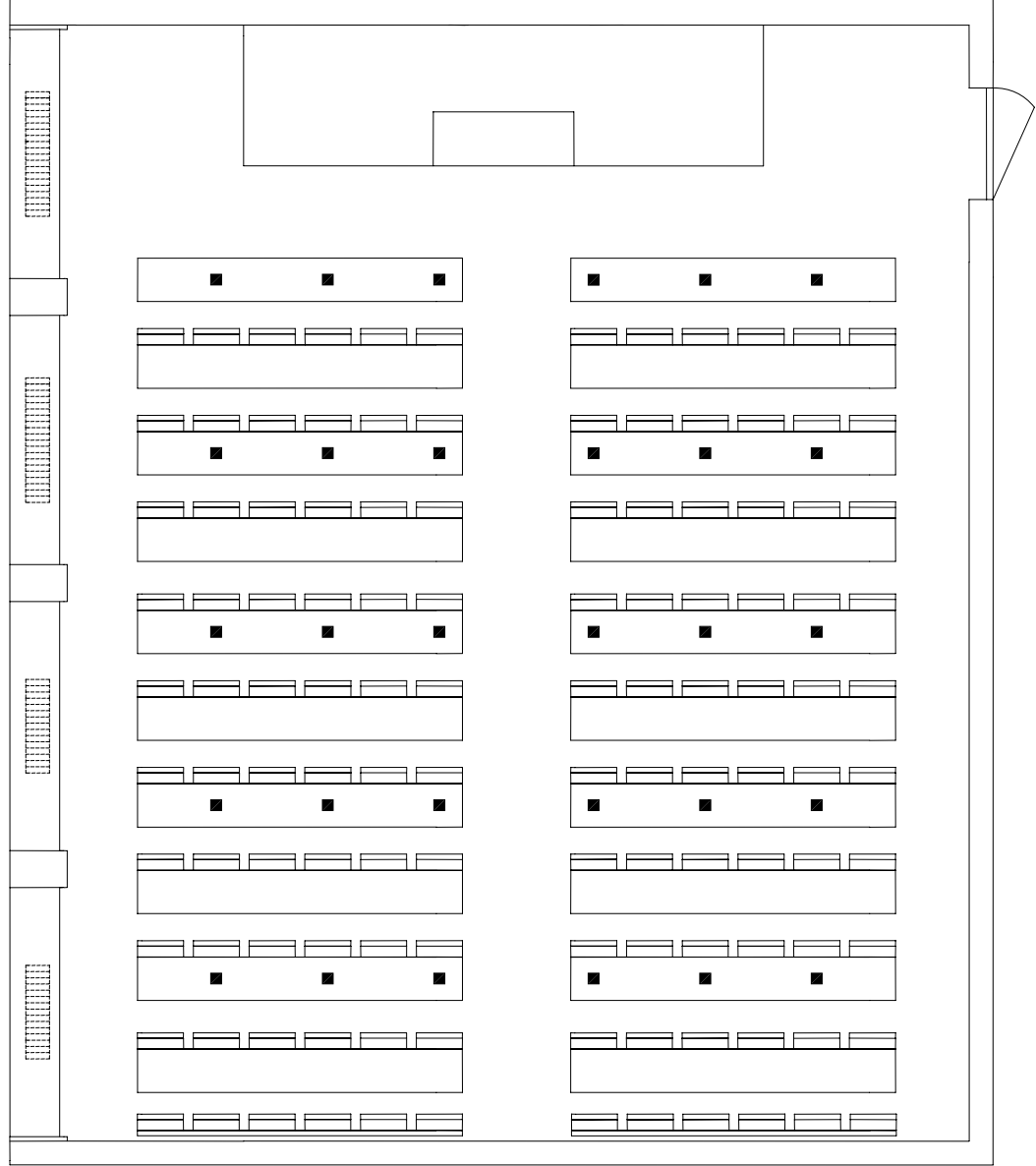
■ : Oturan öğrenci

EK-10 Deney sırasında öğrencilerin 203 numaralı sınıftaki dağılımı



■ : Oturan öğrenci

EK-11 Deney sırasında öğrencilerin 222 numaralı sınıftaki dağılımı



■ : Oturan öğrenci

EK-12 201 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (27.02.2006/14:00-15:40)

<u>1. Hücre</u>				<u>11. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	19	18,7	0,02	1.0 m	21,4	20,6	0
0.6 m	18,5	18,3	0,02	0.6 m	20,8	20,1	0
0.2 m	17,7	17,1	0,02	0.2 m	20,7	19,9	0
<u>2. Hücree</u>				<u>12. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,4	20,1	0,02	1.0 m	22,9	23,4	0
0.6 m	19,5	19,5	0,02	0.6 m	22,3	22,2	0
0.2 m	18,7	18,2	0,02	0.2 m	21,3	20,2	0
<u>3. Hücree</u>				<u>13. hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,5	20,6	0,02	1.0 m	22,8	22	0
0.6 m	20,1	19,9	0,02	0.6 m	22,4	21,8	0
0.2 m	19,3	18,5	0,02	0.2 m	21,3	19,5	0
<u>4. Hücree</u>				<u>14. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,9	20,9	0,02	1.0 m	22,4	22,4	0
0.6 m	20,1	19,3	0,02	0.6 m	21,3	21,8	0
0.2 m	19,9	19,5	0,02	0.2 m	20,9	20,2	0
<u>5. Hücree</u>				<u>15. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,5	21,7	0,02	1.0 m	22,3	22,5	0
0.6 m	21	21	0,02	0.6 m	21,8	21,8	0
0.2 m	20,3	19,6	0,02	0.2 m	20,9	20,2	0
<u>6. Hücree</u>				<u>16. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21	20,9	0,02	1.0 m	23,3	23	0
0.6 m	20,4	20,4	0	0.6 m	22,5	22,9	0
0.2 m	19,6	18,9	0	0.2 m	21,7	20,8	0
<u>7. Hücree</u>				<u>17. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,5	21,6	0	1.0 m	23,7	23,7	0
0.6 m	20,9	20,5	0	0.6 m	23,2	23	0
0.2 m	19,9	18,9	0	0.2 m	21,9	21,3	0
<u>8. Hücree</u>				<u>18. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,4	21,2	0,02	1.0 m	22,2	22,1	0,02
0.6 m	20,9	21	0	0.6 m	22,3	22,2	0
0.2 m	20	19,8	0,02	0.2 m	21,6	20,6	0,015
<u>9. Hücree</u>				<u>19. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,6	21,6	0,02	1.0 m	21,5	20,9	0
0.6 m	21,2	21	0	0.6 m	20,8	20,5	0,02
0.2 m	19,9	19,2	0	0.2 m	20,5	19,4	0
<u>10. Hücree</u>				<u>20. Hücree</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,8	21,6	0	1.0 m	20,9	19,7	0,015
0.6 m	20,1	21,5	0	0.6 m	20,7	20,5	0
0.2 m	20,6	20,1	0	0.2 m	19,9	18,8	0

EK-13 203 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (27.02.2006/11:00-12:40)

<u>1. Hücre</u>				<u>11. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	19,3	19,1	0	1.0 m	21,3	20,8	0
0.6m	18,9	18,7	0	0.6m	20,6	20,2	0
0.2m	17,5	17,3	0	0.2m	20,1	19,5	0,02
<u>2. Hücre</u>				<u>12. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,3	20	0,02	1.0 m	22,5	22	0
0.6m	19,6	19,4	0,02	0.6m	21,7	21,2	0
0.2m	18,9	18,4	0	0.2m	21	20,2	0
<u>3. Hücre</u>				<u>13. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,5	20,7	0,02	1.0 m	22,5	22,1	0
0.6m	20,1	19,9	0,02	0.6m	21,9	21,6	0
0.2m	19,6	19,1	0,02	0.2m	21,5	19,7	0
<u>4. Hücre</u>				<u>14. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,5	20,5	0	1.0 m	22,3	22	0,04
0.6m	20	19,5	0	0.6m	21,2	20,7	0,02
0.2m	19,4	19	0	0.2m	20,5	19,8	0,02
<u>5. Hücre</u>				<u>15. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,1	20,3	0	1.0 m	21,7	21,3	0,02
0.6m	21,2	20	0	0.6m	21	20,6	0,02
0.2m	19	18,4	0	0.2m	19,3	19	0,02
<u>6. Hücre</u>				<u>16. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21	20,7	0	1.0 m	22,1	22	0
0.6m	20,5	20,2	0	0.6m	21,5	21	0
0.2m	19,3	18,5	0	0.2m	20,9	20,2	0
<u>7. Hücre</u>				<u>17. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,6	21	0	1.0 m	22,3	21,7	0,02
0.6m	20,3	20	0	0.6m	21,5	21,2	0,02
0.2m	19,8	19,2	0	0.2m	20,9	20,3	0,015
<u>8. Hücre</u>				<u>18. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21	21	0	1.0 m	21,9	21,9	0
0.6m	20,9	20,7	0	0.6m	21,6	21,4	0,02
0.2m	20	19,5	0	0.2m	21	20,5	0
<u>9. Hücre</u>				<u>19. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,3	21,1	0	1.0 m	21,7	21	0,02
0.6m	21,1	20,7	0	0.6m	20,5	20,3	0,02
0.2m	20,3	19,9	0	0.2m	20,2	19,9	0,02
<u>10. Hücre</u>				<u>20. hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,5	21,2	0	1.0 m	20,8	20,7	0
0.6m	20,5	20,2	0	0.6m	20,2	20,1	0
0.2m	19,7	18,8	0	0.2m	19,9	19	0

EK-14 222 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (27.02.2006/16:00-17:20)

<u>1. Hücre</u>				<u>9. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,7	21,2	0	1.0 m	22,7	22,6	0
0.6m	20,4	19,8	0	0.6m	22	21,9	0
0.2m	18,5	17,9	0	0.2m	20,6	20	0,015
<u>2. Hücre</u>				<u>10. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22,1	21,9	0	1.0 m	22,7	22,7	0
0.6m	21,2	21,1	0,01	0.6m	21,8	21,7	0
0.2m	19,4	18,6	0	0.2m	20,6	19,8	0
<u>3. Hücre</u>				<u>11. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	20,1	21,3	0,025	1.0 m	22,8	22,7	0
0.6m	21,4	21,2	0,025	0.6m	22	21,8	0
0.2m	20,1	19,5	0,025	0.2m	20,9	20,4	0
<u>4. Hücre</u>				<u>12. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,2	20,9	0	1.0 m	21	20,7	0,01
0.6m	20,5	20,5	0	0.6m	22,7	22,5	0
0.2m	18,8	17,5	0	0.2m	21	20,7	0
<u>5. Hücre</u>				<u>13. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,8	21,5	0	1.0 m	22	21,9	0
0.6m	20,9	20,8	0	0.6m	22,4	21,9	0
0.2m	19,3	18,7	0	0.2m	20,9	20,1	0
<u>6. Hücre</u>				<u>14. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,6	21,4	0	1.0 m	22,6	22,5	0
0.6m	20,9	20,8	0	0.6m	22,2	22,2	0
0.2m	20,1	19,4	0	0.2m	20	19,5	0
<u>7. Hücre</u>				<u>15. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	21,2	20,3	0	1.0 m	22	21,8	0
0.6m	21,1	21	0	0.6m	21,7	21,5	0
0.2m	19,9	19,2	0	0.2m	21	20,4	0
<u>8. Hücre</u>				<u>16. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22,7	22,4	0	1.0 m	22,2	21,3	0
0.6m	21,9	21,8	0	0.6m	20,7	20,7	0
0.2m	20,4	19,7	0	0.2m	20,6	20	0

EK-15 222 numaralı sınıf için ölçüm değerleri (02.03.2006/15:30-16:50)

<u>1. Hücre</u>				<u>9. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22,4	22,4	0,025	1.0 m	23,5	23,2	0
0.6m	21,8	21,7	0	0.6m	22,5	22,3	0
0.2m	20,8	20,1	0,025	0.2m	21,3	20,2	15
<u>2. Hücre</u>				<u>10. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22,6	22,7	0,02	1.0 m	23,8	23,6	0
0.6m	21,9	22,1	0,02	0.6m	23,1	22,3	0,015
0.2m	20,9	19,7	0,02	0.2m	21,1	20,1	0
<u>3. Hücre</u>				<u>11. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22,8	22,9	0,02	1.0 m	26,4	26	0,015
0.6m	21,4	21,9	0,02	0.6m	24	23,5	0,015
0.2m	20,1	20,5	0,02	0.2m	21,1	19,9	0,015
<u>4. Hücre</u>				<u>12. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22,5	22,5	0	1.0 m	27,6	26,7	2
0.6m	21,8	21,8	0	0.6m	23,3	23	0
0.2m	20,5	20	0	0.2m	21,4	20,8	0
<u>5. Hücre</u>				<u>13. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22,5	22,4	0	1.0 m	28,2	24,1	0,02
0.6m	21,7	21,7	0	0.6m	23,6	22,8	0
0.2m	20,5	19,9	0	0.2m	21,7	20,6	0
<u>6. Hücre</u>				<u>14. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	22	21,9	0	1.0 m	26,4	23,6	0,015
0.6m	21,3	21,2	0	0.6m	23,6	22,7	0,01
0.2m	20,2	19,3	0	0.2m	21,8	20,6	0
<u>7. Hücre</u>				<u>15. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	23,2	22,8	0	1.0 m	25,6	24,7	0
0.6m	21,8	21,8	0	0.6m	23,5	23,2	0
0.2m	20,9	19,7	0	0.2m	22	20,8	0
<u>8. Hücre</u>				<u>16. Hücre</u>			
	T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)		T _{mrt} (°C)	T _a (°C)	v (m/s)
1.0 m	23,4	23,3	0,025	1.0 m	26,2	25,7	0
0.6m	22,3	21,8	0,025	0.6m	23,7	23	0
0.2m	21,3	19,9	0,025	0.2m	22,2	21,1	0

EK-16 Doymuş su sıcaklık – su buharı basıncı çizelgesi

Çizelge 16.1. Doymuş su sıcaklık – su buharı çizelgesi

Sıcaklık (°C)	p_s (kPa)	p_s (mmHg)	Sıcaklık (°C)	p_s (kPa)	p_s (mmHg)	Sıcaklık (°C)	p_s (kPa)	p_s (mmHg)
15	1,7051	12,7915	20	2,3390	17,5469	25	3,1690	23,7735
15,1	1,7178	12,8868	20,1	2,3556	17,6715	25,1	3,1905	23,9348
15,2	1,7305	12,9820	20,2	2,3722	17,7960	25,2	3,212	24,0961
15,3	1,7432	13,0773	20,3	2,3888	17,9205	25,3	3,2335	24,2574
15,4	1,7559	13,1726	20,4	2,4054	18,0451	25,4	3,2550	24,4187
15,5	1,7686	13,2679	20,5	2,4220	18,1696	25,5	3,2765	24,5800
15,6	1,7813	13,3631	20,6	2,4386	18,2941	25,6	3,2980	24,7413
15,7	1,7940	13,4584	20,7	2,4552	18,4187	25,7	3,3195	24,9026
15,8	1,8067	13,5537	20,8	2,4718	18,5432	25,8	3,3410	25,0638
15,9	1,8194	13,6490	20,9	2,4884	18,6677	25,9	3,3625	25,2251
16	1,8321	13,7442	21	2,5050	18,7923	26	3,3840	25,3864
16,1	1,8448	13,8395	21,1	2,5216	18,9168	26,1	3,4055	25,5477
16,2	1,8575	13,9348	21,2	2,5382	19,0413	26,2	3,4270	25,7090
16,3	1,8702	14,0301	21,3	2,5548	19,1659	26,3	3,4485	25,8703
16,4	1,8829	14,1253	21,4	2,5714	19,2904	26,4	3,4700	26,0316
16,5	1,8956	14,2206	21,5	2,5880	19,4149	26,5	3,4915	26,1929
16,6	1,9083	14,3159	21,6	2,6046	19,5394	26,6	3,5130	26,3542
16,7	1,9210	14,4111	21,7	2,6212	19,6640	26,7	3,5345	26,5155
16,8	1,9337	14,5064	21,8	2,6378	19,7885	26,8	3,5560	26,6768
16,9	1,9464	14,6017	21,9	2,6544	19,9130	26,9	3,5775	26,8380
17	1,9591	14,6970	22	2,6710	20,0376	27	3,5990	26,9993
17,1	1,9718	14,7922	22,1	2,6876	20,1621	27,1	3,6205	27,1606
17,2	1,9845	14,8875	22,2	2,7042	20,2866	27,2	3,6420	27,3219
17,3	1,9972	14,9828	22,3	2,7208	20,4112	27,3	3,6635	27,4832
17,4	2,0099	15,0781	22,4	2,7374	20,5357	27,4	3,6850	27,6445
17,5	2,0226	15,1733	22,5	2,7540	20,6602	27,5	3,7065	27,8058
17,6	2,0353	15,2686	22,6	2,7706	20,7848	27,6	3,7280	27,9671
17,7	2,0480	15,3639	22,7	2,7872	20,9093	27,7	3,7495	28,1284
17,8	2,0607	15,4592	22,8	2,8038	21,0338	27,8	3,7710	28,2897
17,9	2,0734	15,5544	22,9	2,8204	21,1584	27,9	3,7925	28,4510
18	2,0861	15,6497	23	2,8370	21,2829	28	3,8140	28,6122
18,1	2,0988	15,7450	23,1	2,8536	21,4074	28,1	3,8355	28,7735
18,2	2,1115	15,8403	23,2	2,8702	21,5320	28,2	3,857	28,9348
18,3	2,1242	15,9355	23,3	2,8868	21,6565	28,3	3,8785	29,0961
18,4	2,1369	16,0308	23,4	2,9034	21,7810	28,4	3,9000	29,2574
18,5	2,1496	16,1261	23,5	2,9200	18,1696	28,5	3,9215	29,4187
18,6	2,1623	16,2214	23,6	2,9366	22,0301	28,6	3,9430	29,5800
18,7	2,1750	16,3166	23,7	2,9532	22,1546	28,7	3,9645	29,7413
18,8	2,1877	16,4119	23,8	2,9698	22,2791	28,8	3,9860	29,9026
18,9	2,2004	16,5072	23,9	2,9864	22,4037	28,9	4,0075	30,0639
19	2,2131	16,6025	24	3,0030	22,5282	29	4,0290	30,2252
19,1	2,2258	16,6977	24,1	3,0196	22,6527	29,1	4,0505	30,3864
19,2	2,2385	16,7930	24,2	3,0362	22,7773	29,2	4,0720	30,5477
19,3	2,2512	16,8883	24,3	3,0528	22,9018	29,3	4,0935	30,7090
19,4	2,2639	16,9836	24,4	3,0694	23,0263	29,4	4,1150	30,8703
19,5	2,2766	17,0788	24,5	3,0860	23,1509	29,5	4,1365	31,0316
19,6	2,2893	17,1741	24,6	3,1026	23,2754	29,6	4,1580	31,1929
19,7	2,3020	17,2694	24,7	3,1192	23,3999	29,7	4,1795	31,3542
19,8	2,3147	17,3646	24,8	3,1358	23,5245	29,8	4,2010	31,5155
19,9	2,3274	17,4599	24,9	3,1524	23,6490	29,9	4,2225	31,6768
20	2,3390	17,5469	25	3,1690	23,7735	30	4,2460	31,8531

EK-17 201 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı

```

REAL TA, TMRT, TCIT, MAD, V, B, EF, ICI, FCI, PA, KTC, TCI,
HC, PMV, T1, T2, T3, PG, PPD
DIMENSION TA(3,20), TMRT(3,20), TCIT(3,20), HC(3,20), TCI(3,20),
* KTC(3,20), PMV(3,20), T2(3,20), T3(3,20), V(3,20), PA(3,20),
* PG(3,20), PPD(3,20)
OPEN(UNIT=500, FILE='KON.DAT')
OPEN(UNIT=501, FILE='PMV-PPD.DAT')
C MAD=Aktivite seviyesi, EF=Mekanik dış verim, ICI=Giyisi ısı değeri
C FCI=Giyisili vücut yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı
C MAD, EF, ICI, FCI değerlerinin girilmesi
MAD=80
EF=0.0
ICI=1.0
FCI=1.15
C Ortam sıcaklığı değerlerinin girilmesi
DATA((TA(I,J),J=1,20),I=1,3)/17.07,18.17,18.47,19.47,19.58,18.87,
* 18.87,19.78,19.17,20.08,19.88,20.18,19.47,20.18,20.18,20.78,21.28,
* 20.58,19.37,18.77,18.32,19.52,19.93,19.32,21.02,20.43,20.53,21.03,
* 21.03,21.53,20.13,22.23,21.83,21.83,21.83,22.93,23.03,22.23,20.53,
* 20.53,18.68,20.07,20.57,20.87,21.67,20.87,21.57,21.17,21.57,21.57,
* 20.34,23.37,21.97,22.37,22.47,22.97,23.67,22.07,20.87,19.67/
C Ortalama ısıma sıcaklığı değerlerinin girilmesi
DATA((TMRT(I,J),J=1,20),I=1,3)/17.85,18.85,19.45,20.05,20.45,19.75,
* 20.05,20.15,20.05,20.75,20.85,21.46,21.46,21.05,21.05,21.86,22.06,
* 21.76,20.65,20.05,18.48,19.47,20.07,20.07,20.97,20.37,20.87,20.87,
* 21.17,20.07,20.77,22.27,22.37,21.27,21.77,22.47,23.17,22.27,20.77,
* 20.67,19.08,20.47,20.57,20.97,21.57,21.07,21.57,21.47,21.67,21.87,
* 21.47,22.97,22.87,22.47,22.37,23.37,23.77,22.27,21.57,20.97/
C İzafi hava hızı değerlerinin girilmesi
DATA((V(I,J),J=1,20),I=1,3)/0.02,0.02,0.02,0.02,0.02,0.0,0.0,0.02,
* 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.015,0.0,0.0,0.02,0.02,0.02,
* 0.02,0.02,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,
* 0.0,0.0,0.0,0.0,0.02,0.0,0.02,0.02,0.02,0.02,0.02,0.0,0.02,
* 0.02,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.02,0.0,0.015/
C Ortam sıcaklığına göre doymuş su buharı basıncı
C değerlerinin girilmesi
DATA((PG(I,J),J=1,20),I=1,3)/14.7922,15.8403,16.1261,17.0788,
* 17.1741,16.5072,16.5072,17.3646,16.7930,17.6715,17.4599,17.7960,
* 17.0788,17.7960,17.7960,18.5432,19.1659,18.2941,16.9836,16.4119,
* 15.9355,17.0788,17.4599,16.8883,17.6715,18.0451,18.1696,18.7923,
* 18.7923,19.4149,18.9168,20.2866,19.7885,19.7885,19.7885,21.1584,
* 21.2829,20.2866,18.1696,18.1696,
* 16.3166,17.6715,18.2941,18.6677,19.6640,18.6677,19.5394,19.0413,
* 19.5394,19.5394,18.2941,21.7810,20.0376,20.5357,20.6602,21.2829,
* 22.1546,20.1621,18.6677,17.2694/
DO 1 J=1,20
DO 2 I=1,3
C İterasyon için başlangıç bir giysi yüzey sıcaklığı (TCIT=(I,J))

```

EK-17 (Devam) 201 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı

```

C      değerinin belirlenmesi. (Bu sıcaklık ortam sıcaklığı ile insan vücudu
C      sıcaklığı arasındadır)
      TCIT(I,J)=27.0
      K=0
      B=10.4*SQRT(V(I,J))
      PA(I,J)=0.45*PG(I,J)
10     HC(I,J)=2.05*(TCIT(I,J)-TA(I,J))**0.25
      K=K+1
      IF(HC(I,J)>B)THEN
      HC(I,J)=HC(I,J)
      ELSE
      HC(I,J)=B
      ENDIF
      T1=35.7-0.032*MAD*(1-EF)
      T2(I,J)=3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4-(TMRT(I,J)+273)**4)
      T3(I,J)=FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J))
      TCI(I,J)=T1-0.18*ICI*(T2(I,J)+T3(I,J))
      KTC(I,J)=ABS(TCIT(I,J)-TCI(I,J))
C      I=Hücre numarası, J=Ölçüm yüksekliği (1=0.2 m, 2=0.6 m, 3=1.0 m),
C      K=İterasyon sayısı, TCIT(I,J)=Tahmini giysi yüzey sıcaklığı,
C      TCI(I,J)=Hesaplanan giysi yüzey sıcaklığı, KTC(I,J)=TCIT(I,J)-TCI(I,J)
C      Bu değerlerin 'KON.DAT' dosyasına yazdırılması
      WRITE(500,100)I,J,K,TCIT(I,J),TCI(I,J),KTC(I,J)
100    FORMAT(3(I4,X),3(F20.4,X))
      IF(KTC(I,J)>0.001)THEN
      TCIT(I,J)=(TCI(I,J)+TCIT(I,J))/2
      GOTO 10
      ELSE
      TCIT(I,J)=TCI(I,J)
      ENDIF
C      PMV' nin hesaplanması
      PMV(I,J)=(0.352*EXP(-0.042*MAD)+0.032)*(MAD*(1-EF)-0.35
*      *(43-0.061*MAD*(1-EF)-PA(I,J))-0.42*(MAD*(1-EF)-
*      50)-0.0023*MAD*(44-PA(I,J))
*      -0.0014*MAD*(34-TA(I,J))-3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4
*      -(TMRT(I,J)+273)**4)-FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J)))
C      PPD' nin hesaplanması
      PPD(I,J)=100-95*EXP(-0.03353*(PMV(I,J)**4)-0.2179*(PMV(I,J)**2))
C      I,J,PMV(I,J),PPD(I,J) değerlerinin 'PMV-PPD.DAT' dosyasına
C      yazdırılması
      WRITE(501,101)I,J,PMV(I,J),PPD(I,J)
101    FORMAT(2(I2,X),2(F20.2,X))
2      CONTINUE
1      CONTINUE
      STOP
      END

```

EK-18 203 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı

```

      REAL TA, TMRT, TCIT, MAD, V, B, EF, ICI, FCI, PA, KTC,
      * TCI, HC, PMV, T1, T2, T3, PG, PPD
      DIMENSION TA(3,20), TMRT(3,20), TCIT(3,20), HC(3,20), TCI(3,20),
      * KTC(3,20), PMV(3,20), T2(3,20), T3(3,20), V(3,20), PA(3,20), PG(3,20),
      * PPD(3,20)
      OPEN(UNIT=500, FILE='KON.DAT')
      OPEN(UNIT=501, FILE='PMV-PPD.DAT')
C      MAD=Aktivite seviyesi, EF=Mekanik dış verim, ICI=Giysi ısıı değeri
C      FCI=Giysili vücut yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı
C      MAD, EF, ICI, FCI değerlerinin girilmesi
      MAD=80
      EF=0.0
      ICI=1.0
      FCI=1.15
C      Ortam sıcaklığı değerlerinin girilmesi
      DATA((TA(I,J),J=1,20),I=1,3)/17.36,18.45,19.15,19.05,18.45,
      * 18.55,19.25,19.55,19.95,18.85,19.55,20.24,19.75,19.85,19.05,
      * 20.25,20.35,20.55,19.95,19.05,18.72,19.43,19.93,19.53,20.03,
      * 20.23,20.03,20.73,20.73,20.23,20.23,21.23,21.63,20.73,20.63,
      * 21.03,21.23,21.43,20.33,20.13,19.08,19.97,20.67,20.47,20.27,
      * 20.67,20.97,20.97,21.07,21.17,20.77,21.97,22.07,21.97,21.27,
      * 21.97,21.67,21.87,20.97,20.67/
C      Ortalama ısıma sıcaklığı değerlerinin girilmesi
      DATA((TMRT(I,J),J=1,20),I=1,3)/17.65,19.05,19.75,19.55,19.15,
      * 19.45,19.95,20.15,20.45,19.85,20.25,21.15,21.66,20.65,19.45,21.05,
      * 21.05,21.15,20.35,20.05,18.87,19.57,20.07,19.97,21.17,20.47,20.27,
      * 20.87,21.07,20.47,20.57,21.67,21.87,21.17,20.97,21.47,21.47,21.57,
      * 20.47,20.17,19.37,20.37,20.57,20.57,20.17,21.07,21.67,21.07,21.37,
      * 21.57,21.37,22.57,22.57,22.37,21.77,22.17,22.37,21.97,21.77,20.87/
C      İzafî hava hızı değerlerinin girilmesi
      DATA((V(I,J),J=1,20),I=1,3)/0.0,0.0,0.02,0.0,0.0,0.0,0.0,
      * 0.0,0.0,0.0,0.02,0.0,0.0,0.02,0.02,0.0,0.015,0.0,0.02,0.0,
      * 0.0,0.02,0.02,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.02,
      * 0.0,0.02,0.02,0.02,0.0,0.0,0.02,0.02,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,
      * 0.0,0.0,0.0,0.04,0.02,0.0,0.015,0.0,0.02,0.0/
C      Ortam sıcaklığına göre doymuş su buharı basıncı
C      değerlerinin girilmesi
      DATA((PG(I,J),J=1,20),I=1,3)/14.9828,16.0308,16.6977,16.6025,
      * 16.0308,16.1261,16.7930,17.3646,17.4599,16.4119,17.0788,17.7960,
      * 17.2694,17.3646,16.6025,17.1960,17.9205,18.1696,17.4599,16.6025,
      * 16.3166,16.9836,17.4599,17.0788,17.5469,17.7960,17.5469,18.4187,
      * 18.4187,17.7960,17.7960,19.0413,19.5394,18.4187,18.2941,18.7923,
      * 19.0413,19.2904,17.9205,17.6715,
      * 16.6977,17.5469,18.4187,18.1696,17.9205,18.4187,18.7923,18.7923,
      * 18.9168,19.0413,18.5432,20.0376,20.1621,20.0376,19.1659,20.0376,
      * 19.6640,19.9130,18.7923,18.4187/
      DO 1 J=1,20
      DO 2 I=1,3
      TCIT(I,J)=27.0

```

EK-18 (Devam) 203 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı

```

      K=0
      B=10.4*SQRT(V(I,J))
      PA(I,J)=0.45*PG(I,J)
10    HC(I,J)=2.05*(TCIT(I,J)-TA(I,J))**0.25
      K=K+1
      IF(HC(I,J)>B)THEN
      HC(I,J)=HC(I,J)
      ELSE
      HC(I,J)=B
      ENDIF
      T1=35.7-0.032*MAD*(1-EF)
      T2(I,J)=3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4-(TMRT(I,J)+273)**4)
      T3(I,J)=FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J))
      TCI(I,J)=T1-0.18*ICI*(T2(I,J)+T3(I,J))
      KTC(I,J)=ABS(TCIT(I,J)-TCI(I,J))
C      I=Hücre numarası, J=Ölçüm yüksekliği (1=0.2 m, 2=0.6 m, 3=1.0 m),
C      K=İterasyon sayısı, TCIT(I,J)=Tahmini giysi yüzey sıcaklığı,
C      TCI(I,J)=Hesaplanan giysi yüzey sıcaklığı, KTC(I,J)=TCIT(I,J)-TCI(I,J)
C      Bu değerlerin 'KON.DAT' dosyasına yazdırılması
      WRITE(500,100)I,J,K,TCIT(I,J),TCI(I,J),KTC(I,J)
100  FORMAT(3(I4,X),3(F20.4,X))
      IF(KTC(I,J)>0.001)THEN
      TCIT(I,J)=(TCI(I,J)+TCIT(I,J))/2
      GOTO 10
      ELSE
      TCIT(I,J)=TCI(I,J)
      ENDIF
C      PMV' nin hesaplanması
      PMV(I,J)=(0.352*EXP(-0.042*MAD)+0.032)*(MAD*(1-EF)-0.35
* (43-0.061*MAD*(1-EF)-PA(I,J))-0.42*(MAD*(1-EF)-50)-
* 0.0023*MAD*(44-PA(I,J))
* -0.0014*MAD*(34-TA(I,J))-3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4
* -(TMRT(I,J)+273)**4)-FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J)))
C      PPD' nin hesaplanması
      PPD(I,J)=100-95*EXP(-0.03353*(PMV(I,J)**4)-0.2179*(PMV(I,J)**2))
C      I,J,PMV(I,J),PPD(I,J) değerlerinin 'PMV-PPD.DAT' dosyasına
C      yazdırılması
      WRITE(501,101)I,J,PMV(I,J),PPD(I,J)
101  FORMAT(2(I2,X),2(F20.2,X))
2    CONTINUE
1    CONTINUE
      STOP
      END

```

EK-19 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı
(27.02.2006)

```

REAL TA, TMRT, TCIT, MAD, V, B, EF, ICI, FCI, PA, KTC,
* TCI, HC, PMV, T1, T2, T3, PG, PPD
DIMENSION TA(3,16), TMRT(3,16), TCIT(3,16), HC(3,16), TCI(3,16),
* KTC(3,16), PMV(3,16), T2(3,16), T3(3,16), V(3,16), PA(3,16), PG(3,16),
* PPD(3,16)
OPEN(UNIT=500, FILE='KON.DAT')
OPEN(UNIT=501, FILE='PMV-PPD.DAT')
C MAD=Aktivite seviyesi, EF=Mekanik dış verim, ICI=Giyisi ısıl değeri
C FCI=Giyisili vücut yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı
C MAD, EF, ICI, FCI değerlerinin girilmesi
MAD=80
EF=0.0
ICI=1.0
FCI=1.15
C Ortam sıcaklığı değerlerinin girilmesi
DATA((TA(I,J),J=1,16),I=1,3)/17.87,18.57,19.48,17.47,18.67,19.38,
* 19.17,19.67,19.98,19.78,20.38,20.68,20.08,19.48,20.38,21.28,19.83,
* 21.13,21.23,20.53,20.83,20.83,21.03,21.83,21.93,21.73,21.83,22.53,
* 21.93,22.23,21.53,20.73,21.17,21.87,19.47,20.87,21.47,21.37,20.27,
* 22.37,22.57,22.67,22.67,20.67,21.87,22.47,21.77,21.27/
C Ortalama ısıma sıcaklığı değerlerinin girilmesi
DATA((TMRT(I,J),J=1,16),I=1,3)/18.65,19.55,20.25,18.95,
* 19.45,20.25,20.05,20.55,20.75,20.75,21.05,21.15,21.05,20.15,21.15,
* 20.75,20.55,21.36,21.56,20.65,21.05,21.05,21.25,22.06,22.16,21.96,
* 22.16,22.86,22.56,22.36,21.86,20.85,21.77,22.17,21.86,21.27,21.87,
* 21.67,21.27,22.77,22.77,22.77,22.87,21.07,22.07,22.67,22.07,22.27/
C İzafi hava hızı değerlerinin girilmesi
DATA((V(I,J),J=1,16),I=1,3)/0.0,0.0,0.025,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,
* 0.015,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.02,0.025,0.0,0.0,
* 0.0,0.0,0.0,0.015,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.015,
* 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.02,0.0,0.0,0.0,0.0/
C Ortam sıcaklığına göre doymuş su buharı basıncı
C değerlerinin girilmesi
DATA((PG(I,J),J=1,16),I=1,3)/15.5544,16.2214,17.0788,15.1733,
* 16.3166,16.2214,16.4119,17.2694,17.5469,17.3646,18.0451,18.4187,
* 16.6977,17.0788,18.0451,16.3166,
* 18.0451,19.0413,19.2904,18.1696,18.5432,18.5432,18.7923,19.9130,
* 19.9130,19.6640,19.7885,20.9093,19.9130,20.9093,19.4149,18.4187,
* 19.6640,20.1621,19.7885,19.0413,19.7885,19.5394,19.9205,20.9093,
* 20.7847,20.9093,20.9093,21.7810,20.0376,20.6602,19.7885,19.1659/
DO 1 J=1,16
DO 2 I=1,3
C İterasyon için başlangıç bir giysi yüzey sıcaklığı(TCIT=(I,J))
C değerinin belirlenmesi. (Bu sıcaklık ortam sıcaklığı ile insan vücudu
C sıcaklığı arasındadır)
TCIT(I,J)=27.0
K=0
B=10.4*SQRT(V(I,J))

```

EK-19 (Devam) 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı
(27.02.2006)

```

PA(I,J)=0.45*PG(I,J)
10  HC(I,J)=2.05*(TCIT(I,J)-TA(I,J))**0.25
    K=K+1
    IF(HC(I,J)>B)THEN
    HC(I,J)=HC(I,J)
    ELSE
    HC(I,J)=B
    ENDIF
    T1=35.7-0.032*MAD*(1-EF)
    T2(I,J)=3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4-(TMRT(I,J)+273)**4)
    T3(I,J)=FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J))
    TCI(I,J)=T1-0.18*ICI*(T2(I,J)+T3(I,J))
    KTC(I,J)=ABS(TCIT(I,J)-TCI(I,J))
C   I=hücre numarası, J=Ölçüm yüksekliği (1=0.2 m, 2=0.6 m, 3=1.0 m),
C   K=iterasyon sayısı, TCIT(I,J)=Tahmini giysi yüzey sıcaklığı,
C   TCI(I,J)=Hesaplanan giysi yüzey sıcaklığı, KTC(I,J)=TCIT(I,J)-TCI(I,J)
C   Bu değerlerin 'KON.DAT' dosyasına yazdırılması
    WRITE(500,100)I,J,K,TCIT(I,J),TCI(I,J),KTC(I,J)
100  FORMAT(3(I4,X),3(F20.4,X))
    IF(KTC(I,J)>0.001)THEN
    TCIT(I,J)=(TCI(I,J)+TCIT(I,J))/2
    GOTO 10
    ELSE
    TCIT(I,J)=TCI(I,J)
    ENDIF
C   PMV' nin hesaplanması
    PMV(I,J)=(0.352*EXP(-0.042*MAD)+0.032)*(MAD*(1-EF)-0.35
* (43-0.061*MAD*(1-EF)-PA(I,J))-0.42*(MAD*(1-EF)-50)-
* 0.0023*MAD*(44-PA(I,J))
* -0.0014*MAD*(34-TA(I,J))-3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4
* -(TMRT(I,J)+273)**4)-FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J)))
C   PPD' nin hesaplanması
    PPD(I,J)=100-95*EXP(-0.03353*(PMV(I,J)**4)-0.2179*(PMV(I,J)**2))
C   I,J,PMV(I,J),PPD(I,J) değerlerinin 'PMV-PPD.DAT' dosyasına
C   yazdırılması
    WRITE(501,101)I,J,PMV(I,J),PPD(I,J)
101  FORMAT(2(I2,X),2(F20.2,X))
2    CONTINUE
1    CONTINUE
    STOP
    END

```

EK-20 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı
(02.03.2006)

```

REAL TA, TMRT, TCIT, MAD, V, B, EF, ICI, FCI, PA, KTC,
* TCI, HC, PMV, T1, T2, T3, PG, PPD
DIMENSION TA(3,16), TMRT(3,16), TCIT(3,16), HC(3,16), TCI(3,16),
* KTC(3,16), PMV(3,16), T2(3,16), T3(3,16), V(3,16), PA(3,16), PG(3,16),
* PPD(3,20)
OPEN(UNIT=500, FILE='KON.DAT')
OPEN(UNIT=501, FILE='PMV-PPD.DAT')
C   MAD=Aktivite seviyesi, EF=Mekanik dış verim, ICI=Giyisi ısı değeri
C   FCI=Giyisili vücut yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı
C   MAD, EF, ICI, FCI değerlerinin girilmesi
MAD=80
EF=0.0
ICI=1.0
FCI=1.15
C   Ortam sıcaklığı değerlerinin girilmesi
DATA((TA(I,J),J=1,16),I=1,3)/20.08,19.68,20.48,19.98,19.88,19.27,
* 19.68,19.88,20.18,20.08,19.88,20.78,20.58,20.58,20.78,21.08,21.73,
* 22.13,21.93,21.83,21.73,21.23,21.83,21.83,22.33,22.33,23.53,23.03,
* 22.83,22.73,23.23,23.03,22.37,22.67,22.87,22.47,22.37,21.87,22.77,
* 23.27,23.17,23.57,25.97,26.67,24.07,23.57,24.67,25.67/
C   Ortalama ısıma sıcaklığı değerlerinin girilmesi
DATA((TMRT(I,J),J=1,16),I=1,3)/20.95,21.05,20.25,20.65,20.65,20.35,
* 21.05,21.45,21.45,21.25,21.25,21.56,21.86,21.96,22.16,22.36,21.77,
* 21.87,21.37,21.77,21.67,21.27,21.77,22.27,22.47,23.07,23.97,23.27,
* 23.57,23.57,23.47,23.67,22.47,22.67,22.87,22.58,22.57,22.07,23.27,
* 23.47,23.57,23.87,26.47,27.66,28.26,26.47,25.67,26.27/
C   İzafi hava hızı değerlerinin girilmesi
DATA((V(I,J),J=1,16),I=1,3)/0.025,0.02,0.02,0.0,0.0,0.0,0.0,
* 0.025,0.0,0.0,0.015,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.02,0.02,0.0,0.0,
* 0.0,0.0,0.025,0.0,0.015,0.015,0.0,0.0,0.01,0.0,0.0,0.025,0.02,
* 0.02,0.0,0.0,0.0,0.0,0.025,0.0,0.0,0.015,0.0,0.02,0.015,0.0,0.0/
C   Ortam sıcaklığına göre doymuş su buharı basıncı
C   değerlerinin girilmesi
DATA((PG(I,J),J=1,16),I=1,3)/17.6715,17.2694,17.1741,17.5469,
* 17.4599,16.8883,17.2694,17.4599,17.7960,17.6715,17.4599,18.5432,
* 18.2941,18.2941,18.5432,18.9168,
* 19.6640,20.1621,19.7885,19.7885,19.6640,19.0413,19.7885,19.7885,
* 20.4112,20.4112,22.5282,21.2829,21.0338,20.3093,21.5320,21.2829,
* 20.5357,20.9093,21.1584,20.6602,20.5357,19.9130,21.0338,21.6565,
* 21.5320,22.0301,25.3864,26.5155,22.6527,22.0301,23.3999,24.9026/
DO 1 J=1,16
DO 2 I=1,3
C   İterasyon için başlangıç bir giysi yüzey sıcaklığı(TCIT=(I,J))
C   değerinin belirlenmesi. (Bu sıcaklık ortam sıcaklığı ile insan vücudu
C   sıcaklığı arasındadır)
TCIT(I,J)=27.0
K=0
B=10.4*SQRT(V(I,J))

```

EK-20 (Devam) 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD hesabı için bilgisayar programı
(02.03.2006)

```

    PA(I,J)=0.45*PG(I,J)
10    HC(I,J)=2.05*(TCIT(I,J)-TA(I,J))**0.25
    K=K+1
    IF(HC(I,J)>B)THEN
    HC(I,J)=HC(I,J)
    ELSE
    HC(I,J)=B
    ENDIF
    T1=35.7-0.032*MAD*(1-EF)
    T2(I,J)=3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4-(TMRT(I,J)+273)**4)
    T3(I,J)=FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J))
    TCI(I,J)=T1-0.18*ICI*(T2(I,J)+T3(I,J))
    KTC(I,J)=ABS(TCIT(I,J)-TCI(I,J))
C    I=hücre numarası, J=Ölçüm yüksekliği (1=0.2 m, 2=0.6 m, 3=1.0 m),
C    K=İterasyon sayısı, TCIT(I,J)=Tahmini giysi yüzey sıcaklığı,
C    TCI(I,J)=Hesaplanan giysi yüzey sıcaklığı, KTC(I,J)=TCIT(I,J)-TCI(I,J)
C    Bu değerlerin 'KON.DAT' dosyasına yazdırılması
    WRITE(500,100)I,J,K,TCIT(I,J),TCI(I,J),KTC(I,J)
100   FORMAT(3(I4,X),3(F20.4,X))
    IF(KTC(I,J)>0.001)THEN
    TCIT(I,J)=(TCI(I,J)+TCIT(I,J))/2
    GOTO 10
    ELSE
    TCIT(I,J)=TCI(I,J)
    ENDIF
C    PMV' nin hesaplanması
    PMV(I,J)=(0.352*EXP(-0.042*MAD)+0.032)*(MAD*(1-EF)-0.35
* *(43-0.061*MAD*(1-EF)-PA(I,J))-0.42*(MAD*(1-EF)-50)-
* 0.0023*MAD*(44-PA(I,J))
* -0.0014*MAD*(34-TA(I,J))-3.4E-08*FCI*((TCIT(I,J)+273)**4
* -(TMRT(I,J)+273)**4)-FCI*HC(I,J)*(TCIT(I,J)-TA(I,J)))
C    PPD' nin hesaplanması
    PPD(I,J)=100-95*EXP(-0.03353*(PMV(I,J)**4)-0.2179*(PMV(I,J)**2))
C    I,J,PMV(I,J),PPD(I,J) değerlerinin 'PMV-PPD.DAT' dosyasına
C    yazdırılması
    WRITE(501,101)I,J,PMV(I,J),PPD(I,J)
101   FORMAT(2(I2,X),2(F20.2,X))
2     CONTINUE
1     CONTINUE
    STOP
    END

```

EK-21 201 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerleri (27.02.2006/14:00-15:40)

<u>1. Hücre</u>			<u>11. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,09	5,18	1.0 m	0,43	8,59
0.6 m	0,02	5,01	0.6 m	0,36	7,64
0.2 m	-0,14	5,42	0.2 m	0,33	7,20
<u>2. Hücre</u>			<u>12. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,37	7,10	1.0 m	0,80	18,57
0.6 m	0,28	5,81	0.6 m	0,65	13,77
0.2 m	0,10	5,02	0.2 m	0,40	8,26
<u>3. Hücre</u>			<u>13. hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,32	7,89	1.0 m	0,67	14,29
0.6 m	0,20	6,59	0.6 m	0,62	12,95
0.2 m	0,03	5,20	0.2 m	0,33	7,24
<u>4. Hücre</u>			<u>14. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,43	8,83	1.0 m	0,67	14,56
0.6 m	0,22	6,00	0.6 m	0,54	11,08
0.2 m	0,23	6,12	0.2 m	0,37	7,81
<u>5. Hücre</u>			<u>15. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,55	11,24	1.0 m	0,68	14,62
0.6 m	0,43	8,86	0.6 m	0,57	11,90
0.2 m	0,27	6,51	0.2 m	0,37	7,81
<u>6. Hücre</u>			<u>16. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,44	8,95	1.0 m	0,48	23,00
0.6 m	0,34	7,47	0.6 m	0,73	16,08
0.2 m	0,16	5,50	0.2 m	0,79	18,28
<u>7. Hücre</u>			<u>17. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,54	11,02	1.0 m	0,89	21,61
0.6 m	0,39	8,14	0.6 m	0,78	17,96
0.2 m	0,18	5,64	0.2 m	0,54	11,17
<u>8. Hücre</u>			<u>18. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,49	10,05	1.0 m	0,64	13,38
0.6 m	0,44	8,96	0.6 m	0,65	13,77
0.2 m	0,27	6,49	0.2 m	0,45	9,32
<u>9. Hücre</u>			<u>19. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,54	11,18	1.0 m	0,47	9,61
0.6 m	0,46	9,36	0.6 m	0,38	8,03
0.2 m	0,20	5,87	0.2 m	0,26	6,44
<u>10. Hücre</u>			<u>20. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,56	11,50	1.0 m	0,31	5,57
0.6 m	0,43	8,82	0.6 m	0,37	7,92
0.2 m	0,34	7,37	0.2 m	0,17	7,05

EK-22 203 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerleri (27.02.2006/11:00-12:40)

<u>1. Hücre</u>			<u>11. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,15	5,47	1.0 m	0,45	9,16
0.6 m	0,08	5,14	0.6 m	0,34	7,39
0.2 m	-0,13	5,34	0.2 m	0,25	6,33
<u>2. Hücre</u>			<u>12. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,30	6,88	1.0 m	0,64	13,7
0.6 m	0,20	5,79	0.6 m	0,51	10,45
0.2 m	0,07	5,1	0.2 m	0,38	8,00
<u>3. Hücre</u>			<u>13. hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,38	8,04	1.0 m	0,65	13,96
0.6 m	0,28	6,59	0.6 m	0,56	11,62
0.2 m	0,18	5,68	0.2 m	0,37	7,81
<u>4. Hücre</u>			<u>14. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,36	7,74	1.0 m	0,63	13,32
0.6 m	0,23	6,12	0.6 m	0,43	8,82
0.2 m	0,16	5,52	0.2 m	0,31	6,97
<u>5. Hücre</u>			<u>15. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,32	7,08	1.0 m	0,52	10,7
0.6 m	0,36	7,71	0.6 m	0,4	8,41
0.2 m	0,08	5,12	0.2 m	0,15	5,48
<u>6. Hücre</u>			<u>16. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,42	8,61	1.0 m	0,62	12,95
0.6 m	0,33	7,29	0.6 m	0,48	9,76
0.2 m	0,10	5,23	0.2 m	0,37	7,80
<u>7. Hücre</u>			<u>17. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,49	9,94	1.0 m	0,60	12,59
0.6 m	0,30	6,86	0.6 m	0,50	10,15
0.2 m	0,20	5,87	0.2 m	0,38	8,06
<u>8. Hücre</u>			<u>18. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,44	9,13	1.0 m	0,59	12,36
0.6 m	0,41	8,46	0.6 m	0,52	10,71
0.2 m	0,25	6,29	0.2 m	0,41	8,49
<u>9. Hücre</u>			<u>19. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,48	9,72	1.0 m	0,49	10,09
0.6 m	0,42	8,70	0.6 m	0,34	7,43
0.2 m	0,30	6,92	0.2 m	0,30	6,83
<u>10. Hücre</u>			<u>20. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,50	10,19	1.0 m	0,40	5,77
0.6 m	0,33	7,29	0.6 m	0,30	6,90
0.2 m	0,16	5,53	0.2 m	0,19	8,37

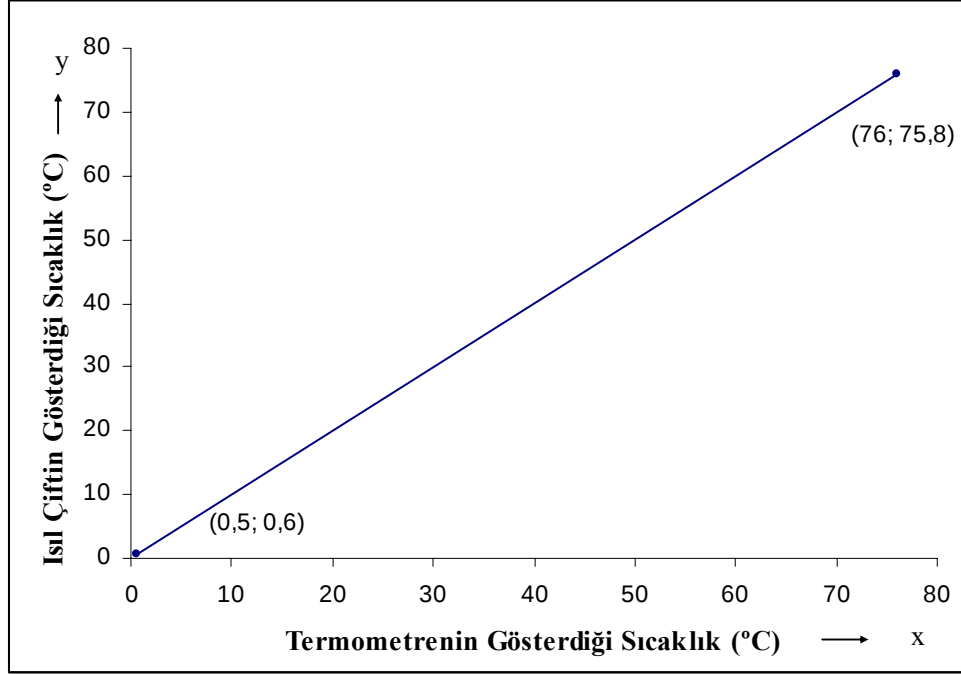
EK-23 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerleri (27.02.2006/16:00-17:20)

<u>1. Hücre</u>			<u>9. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,52	10,63	1.0 m	0,71	15,73
0.6 m	0,31	6,96	0.6 m	0,61	12,82
0.2 m	-0,01	5,00	0.2 m	0,33	7,23
<u>2. Hücre</u>			<u>10. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,61	12,78	1.0 m	0,72	16,02
0.6 m	0,48	9,83	0.6 m	0,58	11,99
0.2 m	0,11	5,27	0.2 m	0,31	6,99
<u>3. Hücre</u>			<u>11. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,38	8,08	1.0 m	0,73	16,23
0.6 m	0,51	10,34	0.6 m	0,60	12,58
0.2 m	0,25	5,02	0.2 m	0,39	8,12
<u>4. Hücre</u>			<u>12. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,45	9,28	1.0 m	0,45	9,26
0.6 m	0,37	7,90	0.6 m	0,72	15,87
0.2 m	-0,03	5,02	0.2 m	0,42	8,72
<u>5. Hücre</u>			<u>13. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,55	11,37	1.0 m	0,60	12,57
0.6 m	0,43	8,84	0.6 m	0,64	13,56
0.2 m	0,12	5,28	0.2 m	0,35	7,51
<u>6. Hücre</u>			<u>14. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,53	10,81	1.0 m	0,70	15,23
0.6 m	0,43	8,84	0.6 m	0,66	14,13
0.2 m	0,23	6,09	0.2 m	0,24	6,20
<u>7. Hücre</u>			<u>15. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,41	8,55	1.0 m	0,59	12,30
0.6 m	0,46	9,46	0.6 m	0,55	11,38
0.2 m	0,43	8,84	0.2 m	0,39	8,23
<u>8. Hücre</u>			<u>16. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,70	15,28	1.0 m	0,56	11,49
0.6 m	0,60	12,43	0.6 m	0,41	8,43
0.2 m	0,29	6,69	0.2 m	0,42	8,71

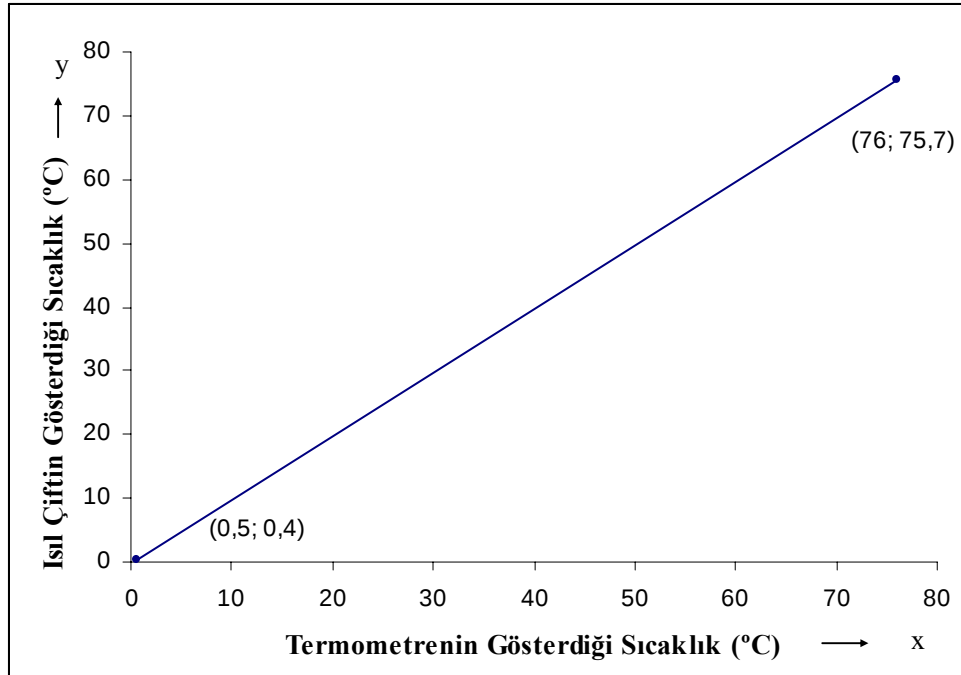
EK-24 222 numaralı sınıfın PMV ve PPD değerleri (02.03.2006/15:30-16:50)

<u>1. Hücre</u>			<u>9. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,67	14,56	1.0 m	0,83	19,41
0.6 m	0,56	11,68	0.6 m	0,67	14,43
0.2 m	0,35	7,56	0.2 m	0,39	8,25
<u>2. Hücre</u>			<u>10. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,72	15,80	1.0 m	0,88	21,53
0.6 m	0,61	12,77	0.6 m	0,71	15,67
0.2 m	0,32	7,13	0.2 m	0,37	7,87
<u>3. Hücre</u>			<u>11. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,75	16,82	1.0 m	1,30	40,04
0.6 m	0,55	11,43	0.6 m	0,89	21,88
0.2 m	0,33	7,28	0.2 m	0,35	7,59
<u>4. Hücre</u>			<u>12. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,69	15,06	1.0 m	1,15	48,17
0.6 m	0,57	11,90	0.6 m	0,79	18,20
0.2 m	0,32	7,14	0.2 m	0,46	9,42
<u>5. Hücre</u>			<u>13. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,68	14,75	1.0 m	1,25	37,74
0.6 m	0,56	11,51	0.6 m	0,79	18,29
0.2 m	0,31	7,02	0.2 m	0,46	9,45
<u>6. Hücre</u>			<u>14. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,60	12,53	1.0 m	0,70	29,27
0.6 m	0,48	9,87	0.6 m	0,66	17,77
0.2 m	0,23	6,14	0.2 m	0,47	9,59
<u>7. Hücre</u>			<u>15. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,77	17,43	1.0 m	1,07	31,25
0.6 m	0,57	11,90	0.6 m	0,82	19,33
0.2 m	0,32	7,13	0.2 m	0,50	10,27
<u>8. Hücre</u>			<u>16. Hücre</u>		
	PMV	PPD(%)		PMV	PPD(%)
1.0 m	0,83	19,48	1.0 m	1,25	37,88
0.6 m	0,61	12,77	0.6 m	0,82	19,18
0.2 m	0,37	7,79	0.2 m	0,54	11,21

EK-25 1 ve 2 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi

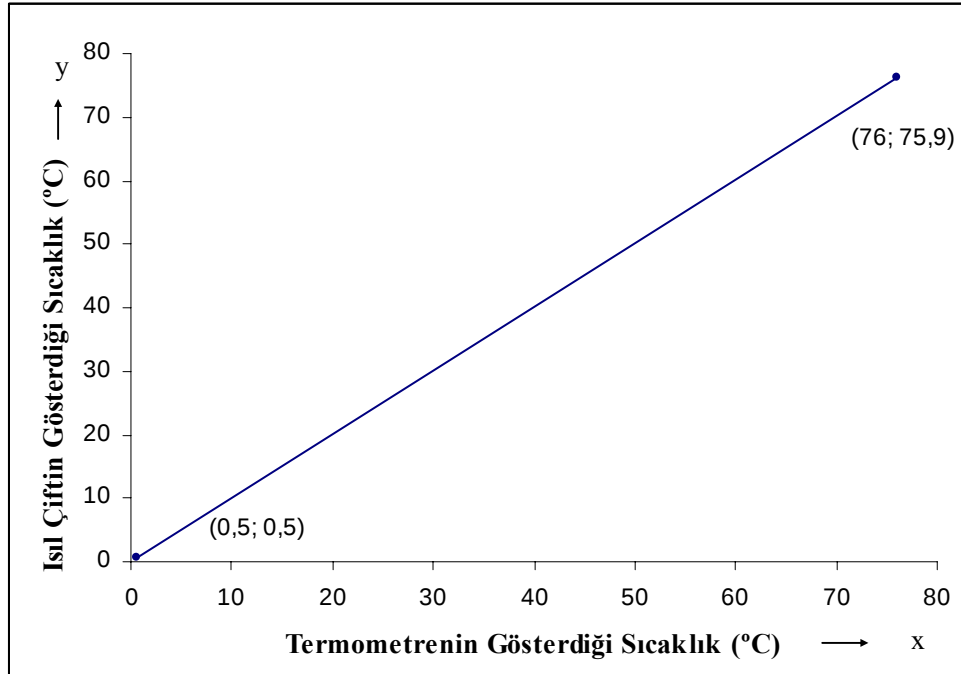


1 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi ($y = 1,0040(x - 75,8) + 76$)

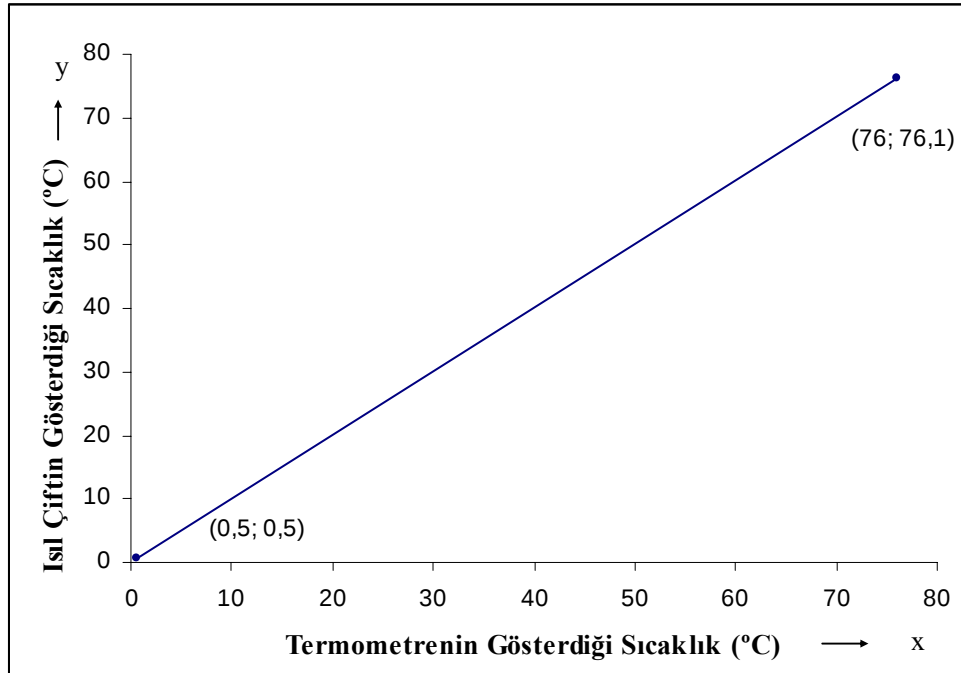


2 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi ($y = 1,0027(x - 75,7) + 76$)

EK-26 3 ve 4 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi

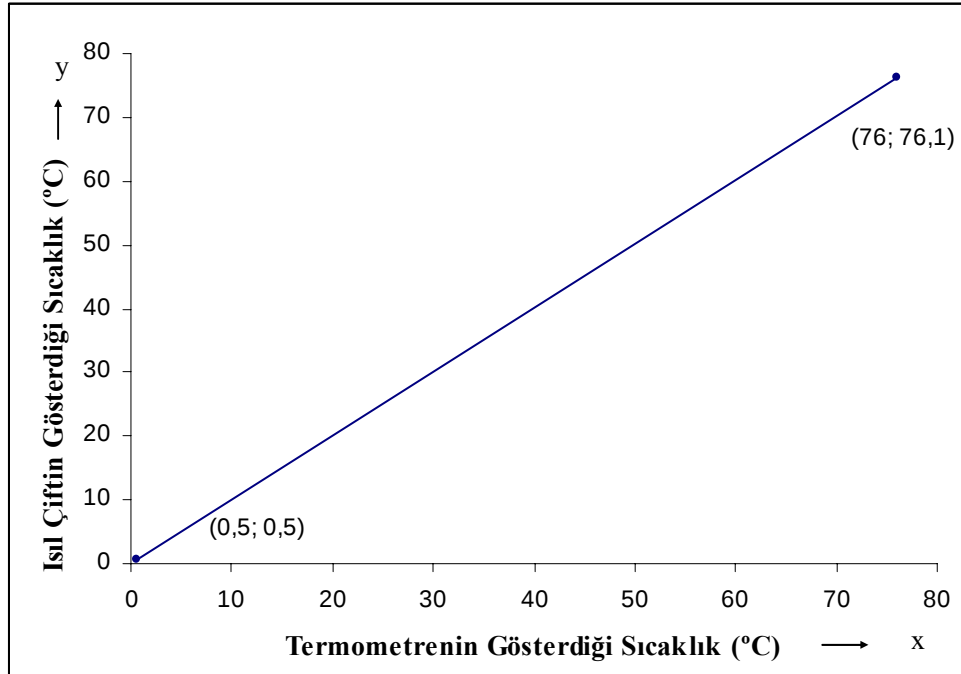


3 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi ($y = 1,0013(x - 75,9) + 76$)

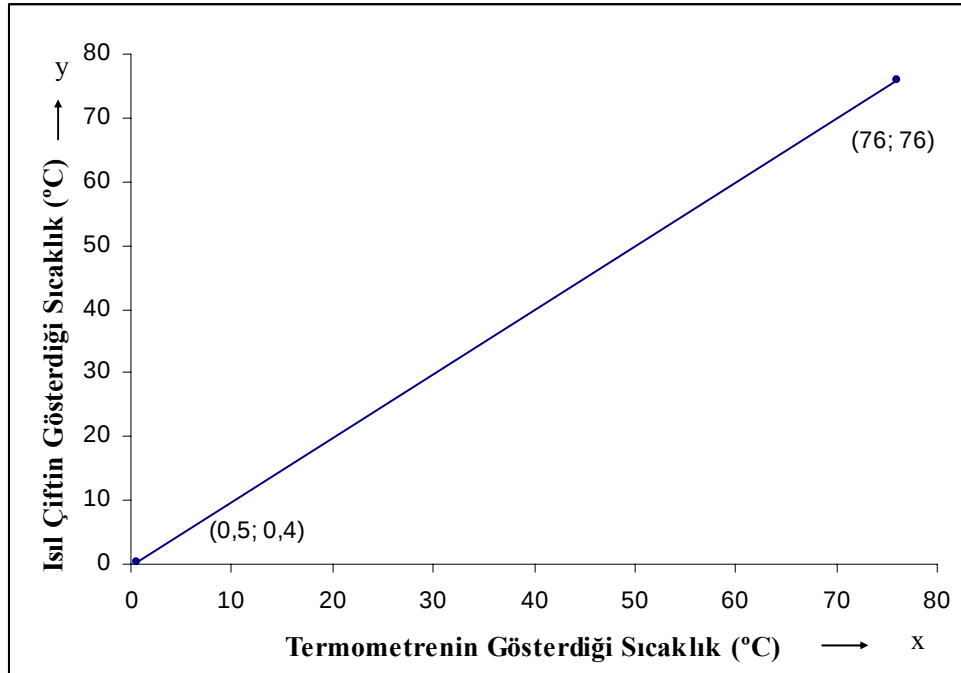


4 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi ($y = 0,9987(x - 76,1) + 76$)

EK-27 5 ve 6 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi



5 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi ($y = 0,9987(x - 76,1) + 76$)



6 numaralı ısıl çift için kalibrasyon eğrisi ($y = 0,9987(x - 75,7) + 76$)

EK-28 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

I	J	K	TCIT(I,J)	TCI(I,J)	KTC(I,J)
1	1	1	27.0000	19.0167	7.9833
1	1	2	23.0083	25.5372	2.5288
1	1	3	24.2727	23.5345	0.7382
1	1	4	23.9036	24.1257	0.2220
1	1	5	24.0146	23.9484	0.0662
1	1	6	23.9815	24.0013	0.0198
1	1	7	23.9914	23.9855	0.0059
1	1	8	23.9885	23.9902	0.0018
1	1	9	23.9894	23.9888	0.0005
2	1	1	27.0000	20.6123	6.3877
2	1	2	23.8062	25.7608	1.9546
2	1	3	24.7835	24.2275	0.5560
2	1	4	24.5055	24.6677	0.1622
2	1	5	24.5866	24.5396	0.0470
2	1	6	24.5631	24.5768	0.0136
2	1	7	24.5699	24.5660	0.0040
2	1	8	24.5680	24.5691	0.0012
2	1	9	24.5685	24.5682	0.0003
3	1	1	27.0000	21.3580	5.6420
3	1	2	24.1790	25.8950	1.7161
3	1	3	25.0370	24.5483	0.4887
3	1	4	24.7926	24.9350	0.1424
3	1	5	24.8638	24.8226	0.0412
3	1	6	24.8432	24.8552	0.0120
3	1	7	24.8492	24.8457	0.0035
3	1	8	24.8475	24.8485	0.0010
3	1	9	24.8480	24.8477	0.0003
1	2	1	27.0000	20.7339	6.2661
1	2	2	23.8670	25.8026	1.9356
1	2	3	24.8348	24.2770	0.5578
1	2	4	24.5559	24.7205	0.1647
1	2	5	24.6382	24.5899	0.0483
1	2	6	24.6141	24.6282	0.0142
1	2	7	24.6211	24.6170	0.0042
1	2	8	24.6191	24.6203	0.0012
1	2	9	24.6197	24.6193	0.0004
2	2	1	27.0000	22.3790	4.6210
2	2	2	24.6895	26.0566	1.3671
2	2	3	25.3730	24.9917	0.3813
2	2	4	25.1824	25.2908	0.1084
2	2	5	25.2366	25.2059	0.0307
2	2	6	25.2213	25.2300	0.0087
2	2	7	25.2256	25.2231	0.0025
2	2	8	25.2244	25.2251	0.0007
3	2	1	27.0000	23.5649	3.4351
3	2	2	25.2824	26.2884	1.0060
3	2	3	25.7854	25.5038	0.2817
3	2	4	25.6446	25.7246	0.0800
3	2	5	25.6846	25.6620	0.0226
3	2	6	25.6733	25.6797	0.0064
3	2	7	25.6765	25.6747	0.0018
3	2	8	25.6756	25.6761	0.0005

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

1	3	1	27.0000	21.4282	5.5718
1	3	2	24.2141	25.9289	1.7148
1	3	3	25.0715	24.5757	0.4958
1	3	4	24.8236	24.9701	0.1465
1	3	5	24.8968	24.8538	0.0430
1	7	6	24.8753	24.8880	0.0127
1	3	7	24.8817	24.8779	0.0037
1	3	8	24.8798	24.8809	0.0011
1	3	9	24.8803	24.8800	0.0003
2	3	1	27.0000	23.1601	3.8399
2	3	2	25.0800	26.2054	1.1254
2	3	3	25.6427	25.3291	0.3137
2	3	4	25.4859	25.5747	0.0888
2	3	5	25.5303	25.5053	0.0251
2	3	6	25.5178	25.5249	0.0071
2	3	7	25.5213	25.5193	0.0020
2	3	8	25.5203	25.5209	0.0006
3	3	1	27.0000	24.0624	2.9376
3	3	2	25.5312	26.3737	0.8424
3	3	3	25.9524	25.7206	0.2319
3	3	4	25.8365	25.9011	0.0646
3	3	5	25.8688	25.8509	0.0180
3	3	6	25.8598	25.8648	0.0050
3	3	7	25.8623	25.8610	0.0014
3	3	8	25.8616	25.8620	0.0004
1	4	1	27.0000	22.7448	4.2552
1	4	2	24.8724	26.1430	1.2706
1	4	3	25.5077	25.1477	0.3600
1	4	4	25.3277	25.4315	0.1038
1	4	5	25.3796	25.3498	0.0298
1	4	6	25.3647	25.3733	0.0086
1	4	7	25.3690	25.3665	0.0025
1	4	8	25.3678	25.3685	0.0007
2	4	1	27.0000	22.6269	4.3731
2	4	2	24.8134	26.1273	1.3138
2	4	3	25.4704	25.0960	0.3744
2	4	4	25.2832	25.3917	0.1086
2	4	5	25.3374	25.3061	0.0313
2	4	6	25.3218	25.3308	0.0091
2	4	7	25.3263	25.3237	0.0026
2	4	8	25.3250	25.3258	0.0008
3	4	1	27.0000	24.5998	2.4002
3	4	2	25.7999	26.4824	0.6825
3	4	3	26.1411	25.9537	0.1875
3	4	4	26.0474	26.0995	0.0520
3	4	5	26.0734	26.0590	0.0144
3	4	6	26.0662	26.0702	0.0040

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

3	4	7	26.0682	26.0671	0.0011
3	4	8	26.0677	26.0680	0.0003
1	5	1	27.0000	23.1253	3.8747
1	5	2	25.0626	26.2203	1.1576
1	5	3	25.6415	25.3117	0.3298
1	5	4	25.4766	25.5720	0.0954
1	5	5	25.5243	25.4968	0.0275
1	5	6	25.5105	25.5185	0.0079
1	5	7	25.5145	25.5122	0.0023
1	5	8	25.5134	25.5140	0.0007
2	5	1	27.0000	24.7247	2.2753
2	5	2	25.8623	26.5046	0.6422
2	5	3	26.1835	26.0081	0.1753
2	5	4	26.0958	26.1441	0.0483
2	5	5	26.1200	26.1067	0.0133
2	5	6	26.1133	26.1170	0.0037
2	5	7	26.1151	26.1141	0.0010
2	5	8	26.1146	26.1149	0.0003
3	5	1	27.0000	25.6867	1.3133
3	5	2	26.3434	26.7050	0.3617
3	5	3	26.5242	26.4266	0.0975
3	5	4	26.4754	26.5019	0.0265
3	5	5	26.4886	26.4815	0.0072
3	5	6	26.4851	26.4870	0.0019
3	5	7	26.4860	26.4855	0.0005
1	6	1	27.0000	22.0003	4.9997
1	6	2	24.5001	26.0222	1.5220
1	6	3	25.2611	24.8239	0.4372
1	6	4	25.0425	25.1706	0.1281
1	6	5	25.1066	25.0692	0.0373
1	6	6	25.0879	25.0988	0.0109
1	6	7	25.0933	25.0902	0.0032
1	6	8	25.0918	25.0927	0.0009
2	6	1	27.0000	23.8016	3.1984
2	6	2	25.4008	26.3214	0.9206
2	6	3	25.8611	25.6076	0.2535
2	6	4	25.7343	25.8051	0.0708
2	6	5	25.7697	25.7500	0.0197
2	6	6	25.7599	25.7654	0.0055
2	6	7	25.7626	25.7611	0.0015
2	6	8	25.7619	25.7623	0.0004
3	6	1	27.0000	24.6714	2.3286
3	6	2	25.8357	26.4988	0.6630
3	6	3	26.1672	25.9846	0.1826
3	6	4	26.0759	26.1267	0.0508
3	6	5	26.1013	26.0872	0.0141
3	6	6	26.0943	26.0982	0.0039

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

3	6	7	26.0962	26.0951	0.0011
3	6	8	26.0957	26.0960	0.0003
1	7	1	27.0000	22.2125	4.7875
1	7	2	24.6062	26.0688	1.4625
1	7	3	25.3375	24.9146	0.4229
1	7	4	25.1260	25.2506	0.1246
1	7	5	25.1883	25.1518	0.0365
1	7	6	25.1701	25.1808	0.0107
1	7	7	25.1754	25.1723	0.0031
1	7	8	25.1739	25.1748	0.0009
2	7	1	27.0000	24.2426	2.7574
2	7	2	25.6213	26.4168	0.7955
2	7	3	26.0191	25.7981	0.2210
2	7	4	25.9086	25.9707	0.0621
2	7	5	25.9396	25.9222	0.0174
2	7	6	25.9309	25.9358	0.0049
2	7	7	25.9334	25.9320	0.0014
2	7	8	25.9327	25.9331	0.0004
3	7	1	27.0000	25.6059	1.3941
3	7	2	26.3030	26.6889	0.3860
3	7	3	26.4960	26.3914	0.1046
3	7	4	26.4437	26.4722	0.0285
3	7	5	26.4579	26.4502	0.0078
3	7	6	26.4540	26.4562	0.0021
3	7	7	26.4551	26.4545	0.0006
1	8	1	27.0000	23.0867	3.9133
1	8	2	25.0434	26.1987	1.1553
1	8	3	25.6210	25.2966	0.3245
1	8	4	25.4588	25.5514	0.0926
1	8	5	25.5051	25.4788	0.0263
1	8	6	25.4919	25.4994	0.0075
1	8	7	25.4957	25.4935	0.0021
1	8	8	25.4946	25.4952	0.0006
2	8	1	27.0000	24.6615	2.3385
2	8	2	25.8307	26.4895	0.6588
2	8	3	26.1601	25.9808	0.1793
2	8	4	26.0705	26.1198	0.0493
2	8	5	26.0951	26.0816	0.0135
2	8	6	26.0884	26.0921	0.0037
2	8	7	26.0902	26.0892	0.0010
2	8	8	26.0897	26.0900	0.0003
3	8	1	27.0000	25.2072	1.7928
3	8	2	26.1036	26.6096	0.5060
3	8	3	26.3566	26.2175	0.1391
3	8	4	26.2870	26.3256	0.0385
3	8	5	26.3063	26.2956	0.0107
3	8	6	26.3010	26.3039	0.0029

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

3	8	7	26.3024	26.3016	0.0008
1	9	1	27.0000	22.4799	4.5201
1	9	2	24.7400	26.1055	1.3655
1	9	3	25.4227	25.0318	0.3910
1	9	4	25.2272	25.3412	0.1140
1	9	5	25.2842	25.2512	0.0330
1	9	6	25.2677	25.2773	0.0096
1	9	7	25.2725	25.2697	0.0028
1	9	8	25.2711	25.2719	0.0008
2	9	1	27.0000	24.8761	2.1239
2	9	2	25.9381	26.5390	0.6009
2	9	3	26.2385	26.0737	0.1649
2	9	4	26.1561	26.2018	0.0456
2	9	5	26.1789	26.1663	0.0126
2	9	6	26.1726	26.1761	0.0035
2	9	7	26.1744	26.1734	0.0010
3	9	1	27.0000	25.6779	1.3221
3	9	2	26.3390	26.7056	0.3666
3	9	3	26.5223	26.4227	0.0996
3	9	4	26.4725	26.4997	0.0272
3	9	5	26.4861	26.4786	0.0074
3	9	6	26.4824	26.4844	0.0020
3	9	7	26.4834	26.4828	0.0006
1	10	1	27.0000	23.7730	3.2270
1	10	2	25.3865	26.3346	0.9481
1	10	3	25.8606	25.5934	0.2672
1	10	4	25.7270	25.8033	0.0763
1	10	5	25.7651	25.7434	0.0217
1	10	6	25.7543	25.7605	0.0062
1	10	7	25.7574	25.7556	0.0018
1	10	8	25.7565	25.7570	0.0005
2	10	1	27.0000	24.5024	2.4976
2	10	2	25.7512	26.4280	0.6768
2	10	3	26.0896	25.9137	0.1759
2	10	4	26.0016	26.0479	0.0463
2	10	5	26.0248	26.0126	0.0121
2	10	6	26.0187	26.0219	0.0032
2	10	7	26.0203	26.0195	0.0008
3	10	1	27.0000	25.8221	1.1779
3	10	2	26.4111	26.7387	0.3276
3	10	3	26.5749	26.4854	0.0895
3	10	4	26.5301	26.5547	0.0246
3	10	5	26.5424	26.5357	0.0067
3	10	6	26.5390	26.5409	0.0019
3	10	7	26.5400	26.5395	0.0005
1	11	1	27.0000	23.6717	3.3283

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

1	11	2	25.3359	26.3232	0.9873
1	11	3	25.8295	25.5486	0.2809
1	11	4	25.6891	25.7701	0.0810
1	11	5	25.7296	25.7063	0.0233
1	11	6	25.7179	25.7246	0.0067
1	11	7	25.7213	25.7194	0.0019
1	11	8	25.7203	25.7209	0.0006
2	11	1	27.0000	23.8303	3.1697
2	11	2	25.4151	26.3447	0.9295
2	11	3	25.8799	25.6183	0.2616
2	11	4	25.7491	25.8237	0.0746
2	11	5	25.7864	25.7652	0.0212
2	11	6	25.7758	25.7818	0.0060
2	11	7	25.7788	25.7771	0.0017
2	11	8	25.7780	25.7785	0.0005
3	11	1	27.0000	24.5113	2.4887
3	11	2	25.7557	26.4856	0.7299
3	11	3	26.1206	25.9133	0.2073
3	11	4	26.0170	26.0764	0.0595
3	11	5	26.0467	26.0297	0.0170
3	11	6	26.0382	26.0431	0.0049
3	11	7	26.0406	26.0392	0.0014
3	11	8	26.0399	26.0403	0.0004
1	12	1	27.0000	24.3674	2.6326
1	12	2	25.6837	26.4610	0.7773
1	12	3	26.0724	25.8504	0.2220
1	12	4	25.9614	26.0254	0.0641
1	12	5	25.9934	25.9750	0.0184
1	12	6	25.9842	25.9895	0.0053
1	12	7	25.9868	25.9853	0.0015
1	12	8	25.9861	25.9865	0.0004
2	12	1	27.0000	26.6375	0.3625
2	12	2	26.8187	26.9165	0.0978
2	12	3	26.8676	26.8414	0.0262
2	12	4	26.8545	26.8616	0.0070
2	12	5	26.8580	26.8561	0.0019
2	12	6	26.8571	26.8576	0.0005
3	12	1	27.0000	28.0117	1.0117
3	12	2	27.5059	27.2496	0.2562
3	12	3	27.3778	27.4440	0.0662
3	12	4	27.4109	27.3938	0.0170
3	12	5	27.4023	27.4067	0.0044
3	12	6	27.4045	27.4034	0.0011
3	12	7	27.4040	27.4043	0.0003
1	13	1	27.0000	23.7510	3.2490
1	13	2	25.3755	26.3624	0.9869

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

1	13	3	25.8690	25.5803	0.2887
1	13	4	25.7246	25.8101	0.0855
1	13	5	25.7674	25.7421	0.0252
1	13	6	25.7548	25.7622	0.0075
1	13	7	25.7585	25.7563	0.0022
1	13	8	25.7574	25.7580	0.0007
2	13	1	27.0000	26.3932	0.6068
2	13	2	26.6966	26.8643	0.1677
2	13	3	26.7805	26.7345	0.0459
2	13	4	26.7575	26.7701	0.0126
2	13	5	26.7638	26.7603	0.0035
2	13	6	26.7621	26.7630	0.0009
3	13	1	27.0000	26.8684	0.1316
3	13	2	26.9342	26.9706	0.0364
3	13	3	26.9524	26.9424	0.0100
3	13	4	26.9474	26.9502	0.0028
3	13	5	26.9488	26.9480	0.0008
1	14	1	27.0000	24.0733	2.9267
1	14	2	25.5366	26.3962	0.8596
1	14	3	25.9664	25.7234	0.2431
1	14	4	25.8449	25.9145	0.0696
1	14	5	25.8797	25.8598	0.0198
1	14	6	25.8698	25.8754	0.0057
1	14	7	25.8726	25.8710	0.0016
1	14	8	25.8718	25.8722	0.0005
2	14	1	27.0000	25.5996	1.4004
2	14	2	26.2998	26.6802	0.3804
2	14	3	26.4900	26.3890	0.1010
2	14	4	26.4395	26.4665	0.0270
2	14	5	26.4530	26.4458	0.0072
2	14	6	26.4494	26.4513	0.0019
2	14	7	26.4504	26.4499	0.0005
3	14	1	27.0000	26.8919	0.1081
3	14	2	26.9459	26.9750	0.0290
3	14	3	26.9605	26.9527	0.0078
3	14	4	26.9566	26.9587	0.0021
3	14	5	26.9576	26.9571	0.0006
1	15	1	27.0000	24.0733	2.9267
1	15	2	25.5366	26.3962	0.8596
1	15	3	25.9664	25.7234	0.2431
1	15	4	25.8449	25.9145	0.0696
1	15	5	25.8797	25.8598	0.0198
1	15	6	25.8698	25.8754	0.0057
1	15	7	25.8726	25.8710	0.0016
1	15	8	25.8718	25.8722	0.0005
2	15	1	27.0000	25.9592	1.0408

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

2	15	2	26.4796	26.7646	0.2850
2	15	3	26.6221	26.5454	0.0767
2	15	4	26.5837	26.6045	0.0208
2	15	5	26.5941	26.5885	0.0056
2	15	6	26.5913	26.5928	0.0015
2	15	7	26.5921	26.5917	0.0004
3	15	1	27.0000	26.8969	0.1031
3	15	2	26.9485	26.9759	0.0275
3	15	3	26.9622	26.9549	0.0073
3	15	4	26.9585	26.9605	0.0019
3	15	5	26.9595	26.9590	0.0005
1	16	1	27.0000	25.1640	1.8360
1	16	2	26.0820	26.6128	0.5308
1	16	3	26.3474	26.1977	0.1497
1	16	4	26.2726	26.3151	0.0425
1	16	5	26.2938	26.2818	0.0121
1	16	6	26.2878	26.2912	0.0034
1	16	7	26.2895	26.2885	0.0010
2	16	1	27.0000	27.3208	0.3208
2	16	2	27.1604	27.0774	0.0831
2	16	3	27.1189	27.1405	0.0216
2	16	4	27.1297	27.1241	0.0056
2	16	5	27.1269	27.1283	0.0015
2	16	6	27.1276	27.1272	0.0004
3	16	1	27.0000	28.0075	1.0075
3	16	2	27.5037	27.2393	0.2644
3	16	3	27.3715	27.4422	0.0707
3	16	4	27.4069	27.3881	0.0188
3	16	5	27.3975	27.4025	0.0050
3	16	6	27.4000	27.3986	0.0013
3	16	7	27.3993	27.3997	0.0004
1	17	1	27.0000	25.7230	1.2770
1	17	2	26.3615	26.7230	0.3615
1	17	3	26.5423	26.4418	0.1005
1	17	4	26.4920	26.5201	0.0281
1	17	5	26.5061	26.4982	0.0078
1	17	6	26.5022	26.5043	0.0022
1	17	7	26.5033	26.5026	0.0006
2	17	1	27.0000	27.9061	0.9061
2	17	2	27.4530	27.2170	0.2360
2	17	3	27.3350	27.3975	0.0625
2	17	4	27.3663	27.3498	0.0165
2	17	5	27.3580	27.3624	0.0044
2	17	6	27.3602	27.3591	0.0012
2	17	7	27.3596	27.3600	0.0003
3	17	1	27.0000	28.8153	1.8153
3	17	2	27.9077	27.4511	0.4566

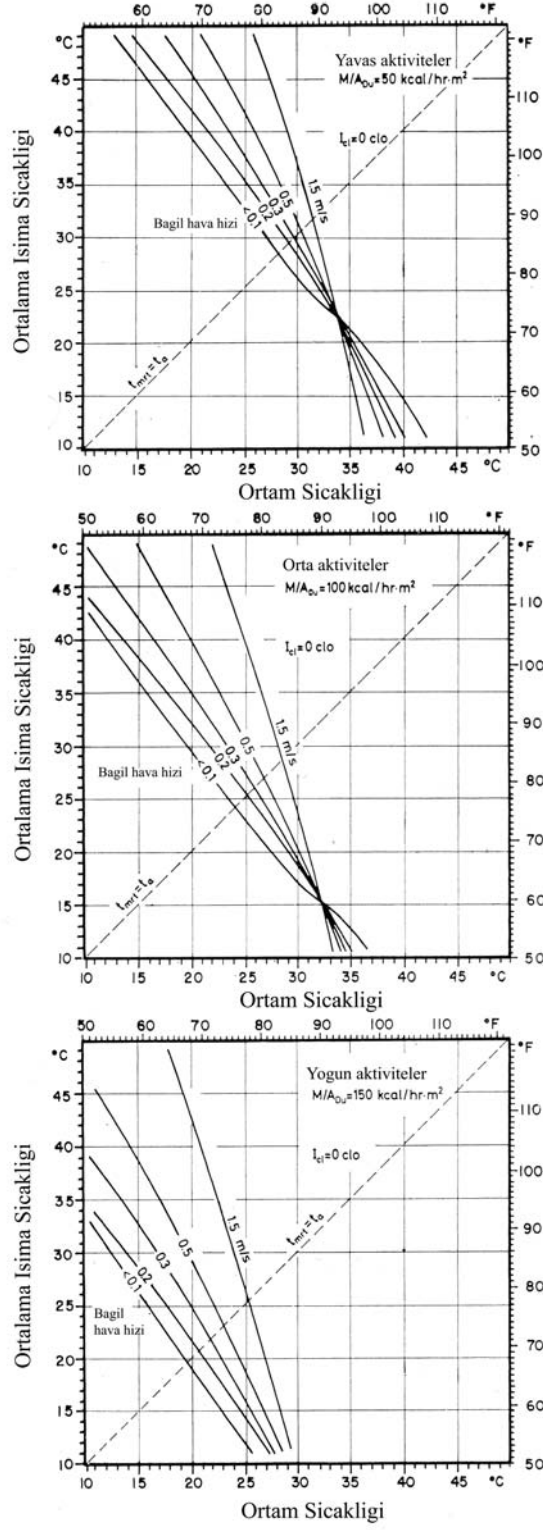
EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

3	17	3	27.6794	27.7986	0.1192
3	17	4	27.7390	27.7081	0.0308
3	17	5	27.7235	27.7315	0.0080
3	17	6	27.7275	27.7255	0.0021
3	17	7	27.7265	27.7270	0.0005
1	18	1	27.0000	24.9237	2.0763
1	18	2	25.9618	26.5668	0.6049
1	18	3	26.2643	26.0928	0.1715
1	18	4	26.1786	26.2276	0.0490
1	18	5	26.2031	26.1891	0.0140
1	18	6	26.1961	26.2001	0.0040
1	18	7	26.1981	26.1969	0.0011
1	18	8	26.1975	26.1978	0.0003
2	18	1	27.0000	26.6375	0.3625
2	18	2	26.8187	26.9165	0.0978
2	18	3	26.8676	26.8414	0.0262
2	18	4	26.8545	26.8616	0.0070
2	18	5	26.8580	26.8561	0.0019
2	18	6	26.8571	26.8576	0.0005
3	18	1	27.0000	26.5115	0.4885
3	18	2	26.7558	26.8888	0.1330
3	18	3	26.8223	26.7863	0.0359
3	18	4	26.8043	26.8140	0.0097
3	18	5	26.8092	26.8065	0.0026
3	18	6	26.8078	26.8086	0.0007
1	19	1	27.0000	23.0832	3.9168
1	19	2	25.0416	26.2244	1.1828
1	19	3	25.6330	25.2920	0.3409
1	19	4	25.4625	25.5623	0.0998
1	19	5	25.5124	25.4833	0.0291
1	19	6	25.4979	25.5064	0.0085
1	19	7	25.5021	25.4996	0.0025
1	19	8	25.5009	25.5016	0.0007
2	19	1	27.0000	24.1712	2.8288
2	19	2	25.5856	26.4006	0.8150
2	19	3	25.9931	25.7673	0.2258
2	19	4	25.8802	25.9435	0.0633
2	19	5	25.9119	25.8942	0.0177
2	19	6	25.9030	25.9080	0.0050
2	19	7	25.9055	25.9041	0.0014
2	19	8	25.9048	25.9052	0.0004
3	19	1	27.0000	25.0303	1.9697
3	19	2	26.0151	26.5800	0.5648
3	19	3	26.2976	26.1400	0.1576
3	19	4	26.2188	26.2631	0.0443
3	19	5	26.2409	26.2285	0.0124
3	19	6	26.2347	26.2382	0.0035

EK-28 (Devam) 201 numaralı sınıf için giysi yüzey sıcaklığının (T_{cl}) yakınsama sonuçları

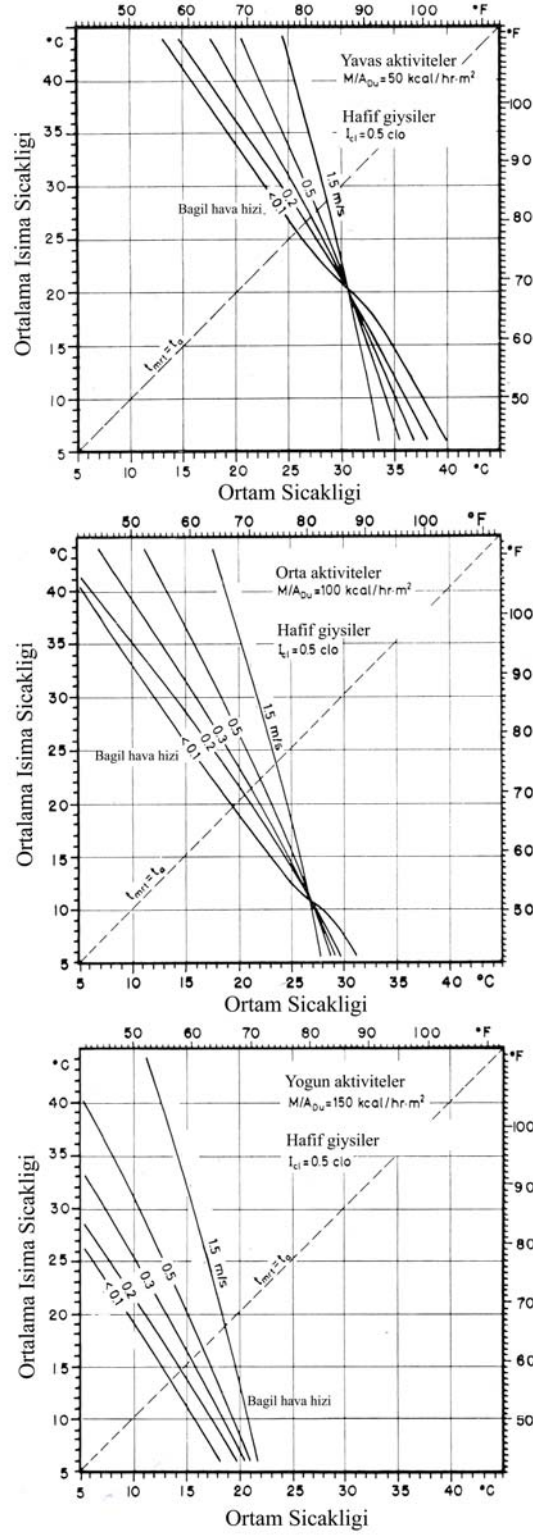
3	19	7	26.2365	26.2355	0.0010
1	20	1	27.0000	22.1228	4.8772
1	20	2	24.5614	26.0567	1.4953
1	20	3	25.3091	24.8752	0.4338
1	20	4	25.0921	25.2204	0.1282
1	20	5	25.1563	25.1185	0.0377
1	20	6	25.1374	25.1485	0.0111
1	20	7	25.1430	25.1397	0.0033
1	20	8	25.1413	25.1423	0.0010
2	20	1	27.0000	24.0999	2.9001
2	20	2	25.5499	26.3843	0.8344
2	20	3	25.9671	25.7365	0.2306
2	20	4	25.8518	25.9164	0.0645
2	20	5	25.8841	25.8661	0.0180
2	20	6	25.8751	25.8801	0.0050
2	20	7	25.8776	25.8762	0.0014
2	20	8	25.8769	25.8773	0.0004
3	20	1	27.0000	23.5749	3.4251
3	20	2	25.2874	26.3137	1.0263
3	20	3	25.8006	25.5056	0.2950
3	20	4	25.6531	25.7390	0.0859
3	20	5	25.6960	25.6711	0.0249
3	20	6	25.6836	25.6908	0.0072
3	20	7	25.6872	25.6851	0.0021
3	20	8	25.6862	25.6868	0.0006

EK-29 Konfor diyagramları



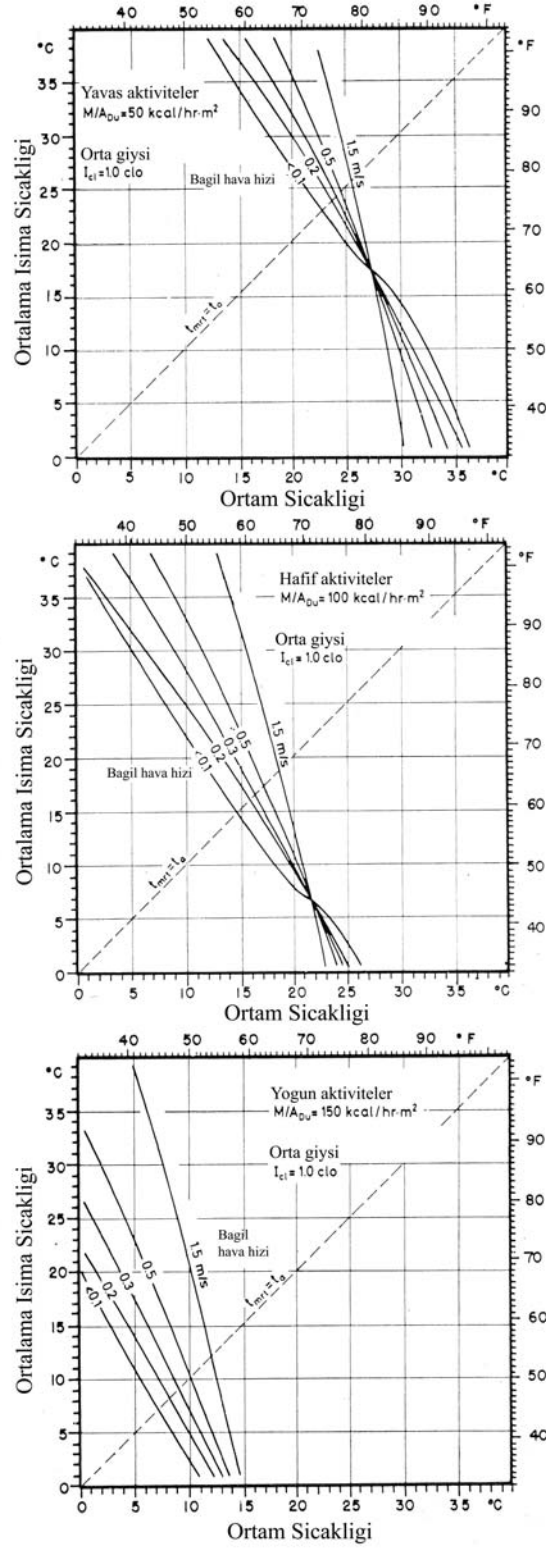
Üç farklı aktivite seviyesi için konfor eğrileri ($I_{cl}=0 \text{ clo}$)

EK-29 (Devam) Konfor diyagramları



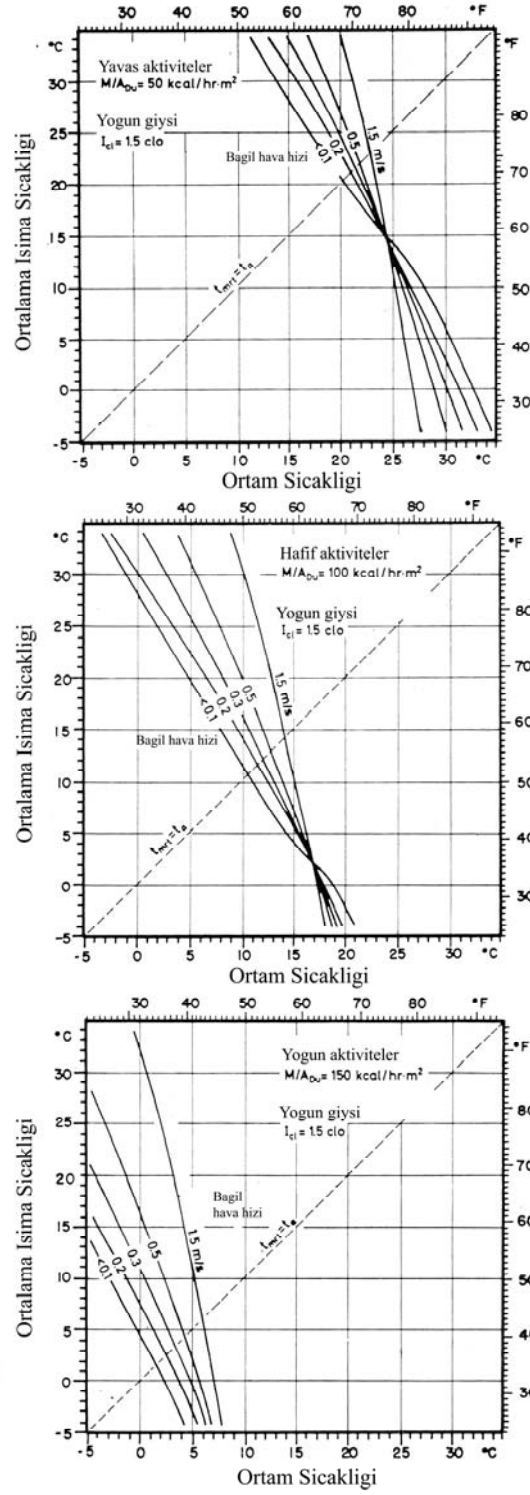
Üç farklı aktivite seviyesi için konfor eğrileri ($I_{cl}=0.5 \text{ clo}$)

EK-29 (Devam) Konfor diyagramları



Üç farklı aktivite seviyesi için konfor eğrileri ($I_{\text{cl}}=1.0 \text{ clo}$)

EK-29 (Devam) Konfor diyagramları



Üç farklı aktivite seviyesi için konfor eğrileri ($I_{cl}=1.5 \text{ clo}$)

EK-30 27.02.2006 tarihinde Ankara ili için hava durumu

Çizelge 30.1. 27.02.2006 tarihinde Ankara ili için hava durumu

Zaman	Sıcaklık	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Durum	Zaman	Sıcaklık	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Durum
07:20	33.8 F° / 1.0 C°	GD	4.6 mil / 7.4 KM/S	Serpintili Bulutlu	13:20	44.6 F° / 7.0 C°	GB	9.2 mil / 14.8 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
07:50	35.6 F° / 2.0 C°	GGD	5.8 mil / 9.3 KM/S	Serpintili Bulutlu	13:50	46.4 F° / 8.0 C°	GB	11.5 mil / 18.5 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
08:20	35.6 F° / 2.0 C°	Güney	8.1 mil / 13.0 KM/S	Serpintili Bulutlu	14:20	46.4 F° / 8.0 C°	GB	11.5 mil / 18.5 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
08:50	35.6 F° / 2.0 C°	Güney	8.1 mil / 13.0 KM/S	Serpintili Bulutlu	14:50	46.4 F° / 8.0 C°	GB	8.1 mil / 13.0 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
09:20	37.4 F° / 3.0 C°	GGD	6.9 mil / 11.1 KM/S	Serpintili Bulutlu	15:20	46.4 F° / 8.0 C°	GB	6.9 mil / 11.1 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
09:50	39.2 F° / 4.0 C°	Değişken	2.3 mil / 3.7 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu	15:50	46.4 F° / 8.0 C°	GGB	8.1 mil / 13.0 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
10:20	41.0 F° / 5.0 C°	GGB	8.1 mil / 13.0 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu	16:20	46.4 F° / 8.0 C°	Güney	6.9 mil / 11.1 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
10:50	41.0 F° / 5.0 C°	GGB	6.9 mil / 11.1 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu	17:20	44.6 F° / 7.0 C°	Güney	3.5 mil / 5.6 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
11:20	41.0 F° / 5.0 C°	GB	9.2 mil / 14.8 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu	17:50	42.8 F° / 6.0 C°	Güney	4.6 mil / 7.4 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
11:50	44.6 F° / 7.0 C°	GGB	9.2 mil / 14.8 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu	18:20	42.8 F° / 6.0 C°	GGD	4.6 mil / 7.4 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
12:20	44.6 F° / 7.0 C°	GGB	12.7 mil / 20.4 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu	18:50	42.8 F° / 6.0 C°	Değişken	3.5 mil / 5.6 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu
12:50	44.6 F° / 7.0 C°	GB	11.5 mil / 18.5 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu	19:20	41.0 F° / 5.0 C°	Değişken	1.2 mil / 1.9 KM/S	Çoğunlukla Bulutlu

EK-31 03.02.2006 tarihinde Ankara ili için hava durumu

Çizelge 31.1. 02.03.2006 tarihinde Ankara ili için hava durumu

Zaman	Sıcaklık	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Durum	Zaman	Sıcaklık	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Durum
7:20	30.2 F° / -1.0 C°	Değişken	2.3 mil / 3.7 KM/S	Parçalı Bulutlu	13:20	51.8 F° / 11.0 C°	GGB	9.2 mil / 14.8 KM/S	Serpintili Bulutlu
7:50	37.4 F° / 3.0 C°	Değişken	1.2 mil / 1.9 KM/S	Parçalı Bulutlu	13:50	51.8 F° / 11.0 C°	GB	13.8 mil / 22.2 KM/S	Serpintili Bulutlu
8:20	39.2 F° / 4.0 C°	Değişken	2.3 mil / 3.7 KM/S	Parçalı Bulutlu	14:50	53.6 F° / 12.0 C°	GB	12.7 mil / 20.4 KM/S	Serpintili Bulutlu
8:50	42.8 F° / 6.0 C°	Değişken	2.3 mil / 3.7 KM/S	Parçalı Bulutlu	15:20	53.6 F° / 12.0 C°	GGB	11.5 mil / 18.5 KM/S	Serpintili Bulutlu
9:20	44.6 F° / 7.0 C°	Değişken	2.3 mil / 3.7 KM/S	Parçalı Bulutlu	15:50	53.6 F° / 12.0 C°	GB	12.7 mil / 20.4 KM/S	Serpintili Bulutlu
9:50	46.4 F° / 8.0 C°	GGB	4.6 mil / 7.4 KM/S	Parçalı Bulutlu	16:20	51.8 F° / 11.0 C°	GB	12.7 mil / 20.4 KM/S	Serpintili Bulutlu
10:20	46.4 F° / 8.0 C°	GB	6.9 mil / 11.1 KM/S	Parçalı Bulutlu	16:50	51.8 F° / 11.0 C°	BGB	10.4 mil / 16.7 KM/S	Serpintili Bulutlu
10:50	48.2 F° / 9.0 C°	GGB	10.4 mil / 16.7 KM/S	Serpintili Bulutlu	17:20	50.0 F° / 10.0 C°	GB	6.9 mil / 11.1 KM/S	Serpintili Bulutlu
11:20	48.2 F° / 9.0 C°	GGB	9.2 mil / 14.8 KM/S	Serpintili Bulutlu	17:50	48.2 F° / 9.0 C°	GB	6.9 mil / 11.1 KM/S	Serpintili Bulutlu
11:50	50.0 F° / 10.0 C°	GB	9.2 mil / 14.8 KM/S	Serpintili Bulutlu	18:20	46.4 F° / 8.0 C°	BGB	4.6 mil / 7.4 KM/S	Serpintili Bulutlu
12:20	48.2 F° / 9.0 C°	GB	10.4 mil / 16.7 KM/S	Serpintili Bulutlu	18:50	44.6 F° / 7.0 C°	Değişken	2.3 mil / 3.7 KM/S	Serpintili Bulutlu
12:50	48.2 F° / 9.0 C°	BGB	8.1 mil / 13.0 KM/S	Serpintili Bulutlu	19:20	42.8 F° / 6.0 C°	Değişken	2.3 mil / 3.7 KM/S	Serpintili Bulutlu

EK-32 201 numaralı sınıf için (9. hücre, 0,6 m yükseklik) PMV ve PPD hesabı

201 numaralı sınıfın 9. hücresi için 0,6 m yükseklikteki ölçülen değerler aşağıda görüldüğü gibidir.

$$T_a=21,0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{mrt}=21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$v=0\text{ m/s}$$

$$\omega=0/45$$

Çizelgelerden bulunan değerler (EK-1 ve EK-2);

$$M/A_{Du}=80\text{ kcal/hm}^2$$

$$\eta=0$$

$$I_{cl}=1,0\text{ clo}$$

$$f_{cl}=1,15$$

$$T_{cl} = 35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) -$$

$$0,18 I_{cl} \left[3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] + f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right]$$

Eş. 37' deki denklem bilgisayar yardımıyla çözüldüğünde ($T_{cl}=27,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ başlangıç değeri için) 7. iterasyon sonucunda T_{cl} ' nin $26,1744\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu Ek-40' daki bilgisayar programı çıktılarında görülmektedir. Buradan Eş. 5.29 kullanılarak h_c değeri;

$$h_c = \left\{ \begin{array}{l} 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} > 10,4\sqrt{v} \text{ için } h_c = 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} \\ 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} < 10,4\sqrt{v} \text{ için } h_c = 10,4\sqrt{v} \end{array} \right\}$$

EK-32 (Devam) 201 numaralı sınıf için (9. hücre, 0,6 m yükseklik) PMV ve PPD hesabı

$$h_c = 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} = 2,05(26,17 - 21,10)^{0,25} = 3,08 \text{ kcal/hm}^2 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Eş 6.1 kullanılarak su buharı kısmi basıncı ($p_a=p_v$) 21,0 °C ortam sıcaklığı için;

$$\omega = \frac{p_v}{p_g}$$

$p_g=18,7923 \text{ mmHg}$ ’ dir(EK-16).

$p_a=0,45 \cdot 18,7923=8,4565 \text{ mmHg}$ olarak bulunur.

Ölçülen, hesaplanan ve çizelgelerden bakılan bu değerler Eş 5.41’ de yerlerine yazılırlarsa;

$$\begin{aligned} \text{PMV} = & (0,352e^{-0,042(M/A_{Du})} + 0,032) \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - p_a \right] - \right. \\ & 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - 0,023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - T_a) - \\ & \left. 3,4 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) \right] \end{aligned}$$

PMV=0,46 olarak bulunur.

Bulunan bu değerin Eş. 5.42’ de yerine yazılmasıyla PPD değeri elde edilir.

$$\text{PPD} = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot \text{PMV}^4 + 0,2179 \cdot \text{PMV}^2)} = \%9,36$$

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TUNCER, Koray
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 20.03.1981 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 441 48 42
 e-mail : ktuncer@e-kolay.net

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üni./Mak. Müh. Böl.	2006
Lisans	Osmangazi Üni./ Mak. Müh. Böl.	2003
Lise	Ankara Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
Şubat 2006-Mayıs 2006	Gazi Üniversitesi	Asistan öğrenci

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Müzikle uğraşmak, tiyatroya gitmek, otomobillerle ilgilenmek.