

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**TERMAL KONFOR DUYARLILIK ÖLÇEĞİNE GÖRE İLKÖĞRETİM
DERSLİKLERİNİN TERMAL KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Esra ALTINTAŞ

OCAK 2008

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**TERMAL KONFOR DUYARLILIK ÖLÇEĞİNE GÖRE İLKÖĞRETİM
DERSLİKLERİNİN TERMAL KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mimar Esra ALTINTAŞ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Yüksek Mimar”
Unvanı Verilmesi Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14.01.2008
Tezin Savunma Tarihi : 30.01.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yalçın YAŞAR
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Orhan AYDIN**

Enstitü Müdür V: Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında yapılmıştır.

“Termal Konfor Duyarlılık Ölçeğine Göre İlköğretim Dersliklerinin Termal Konfor Açısından Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma ile ilköğretim dersliklerinde yürütülen bir termal konfor ile ilişkili alan çalışmasının sonuçları uluslararası termal konfor standartlarına ve yapılan bir anket çalışması ile öğrencilerin kişisel değerlendirmelerine dayanarak incelenmiştir.

Öncelikle tez danışmanlığımı yaparak emeğini ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof.Dr. Yalçın YAŞAR’a, bilgileriyle bana yol gösteren hocalarım Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN ve Prof. Dr. Orhan AYDIN’a ve son olarak da bugünlere gelmemde desteklerini eksik etmeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Esra ALTINTAŞ

Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.3. Termal Konfor.....	2
1.3.1. Termal Konfor Değişkenleri.....	6
1.3.1.1. Çevresel Değişkenler.....	6
1.3.1.1.1. Hava Sıcaklığı.....	6
1.3.1.1.2. Ortalama Işınım Sıcaklığı.....	7
1.3.1.1.3. Hava Hızı.....	9
1.3.1.1.4. Bağıl nem.....	10
1.3.1.2. Kişisel Değişkenler.....	12
1.3.1.2.1. Giyinme.....	12
1.3.1.2.2. Aktivite Seviyesi (Metabolik Oran).....	14
1.3.1.3. Diğer Etkenler.....	15
1.3.1.3.1. Yaş.....	15
1.3.1.3.2. Cinsiyet.....	15
1.3.1.3.3. Termal Çevreye Adaptasyon.....	15
1.3.1.3.4. Dönemsel ve Günlük Ritimler.....	16
1.3.2. İnsan Vücudunun Termal Dengesi.....	16
1.3.2.1. İnsan Vücudunun İç Isı Üretimi (Metabolizma).....	19
1.3.2.2. Buharlaşma Yoluyla Isı Değişimi.....	19
1.3.2.3. Solunum Yoluyla Isı Değişimi.....	20

1.3.2.4.	Kıyafetle Isı Değişimi	21
1.3.2.5.	Radyasyonla Isı Değişimi	22
1.3.2.6.	İletimle Isı Değişimi	22
1.3.2.7.	Taşınımle Isı Değişimi	23
1.3.3.	Termal Konfor Koşulları.....	24
1.3.4.	Termal Konfor Denklemi	25
1.3.5.	Konfor Bölgesi ve Çeşitli Konfor İndisleri.....	27
1.3.5.1.	Efektif Sıcaklık (ET*)	28
1.3.5.2.	Standart Efektif Sıcaklık (SET*)	30
1.3.5.3.	Sonuç Sıcaklık (RT)	30
1.3.5.4.	Eşdeğer sıcaklık (EqT)	30
1.3.5.5.	Termal Duyarlılık Ölçeği ve PMV-PPD Göstergeleri	31
1.3.6.	Bölgesel Termal Konforsuzluk	33
1.3.6.1.	Akım (Cereyan)	33
1.3.6.2.	Asimetrik Radyasyon	34
1.3.6.3.	Hava Sıcaklığındaki Düşey Farklılıklar	35
1.3.6.4.	Döşeme Sıcaklığı	35
1.3.7.	Termal Konfor Hesabı İçin Kullanılan Bazı Bilgisayar Destekli Programlar	36
1.3.8.	Termal Konforla İlgili Uluslararası Standartlar	41
1.3.8.1.	ASHRAE 55: İnsan Kullanımı İçin Termal Çevre Koşulları	42
1.3.8.2.	ASHRAE 62: Kabul Edilir İç Mekân Hava Kalitesi İçin Havalandırma.....	42
1.3.8.3.	ASHRAE 113: Oda Hava Difüzyonu İçin Test Metodu.....	43
1.3.8.4.	CR 1752: Yapılar İçin Havalandırma-İç Mekân Çevresi İçin Tasarım Kriteri...43	
1.3.8.5.	ISO 7730: Ilımlı Termal Çevreler-PMV Ve PPD İndislerinin ve Termal Konfor Koşullarının Belirlenmesi (EN ISO 7730)	44
1.3.8.6.	ISO 7726: Termal Çevre Ergonomisi-Fiziksel Niceliklerin Ölçümü İçin Aletler.....	45
1.3.8.7.	ISO 7993: Sıcak Çevreler- Gerekli Ter Oranı Hesabı Kullanılarak Termal Baskının Analitiksel Açıklanması ve Belirlenmesi.....	45
1.3.8.8.	ISO 8996: Ergonomi-Metabolik Isı Üretiminin Belirlenmesi	46
1.3.8.9.	ISO 9920: Termal Yalıtım Ve Bir Kıyafet Grubunun Buharlaştırma Direnci Tahmini	46
1.3.9.	Konu İle Yapılmış Çalışmalar.....	46
2.	YAPILAN ÇALIŞMA	60

2.1.	Giriş	60
2.2.	Okul Yapısı ve Dersliklerin Özellikleri	60
2.3.	Eş Zamanlı Gerçekleştirilen İç Mekân ve Dış Mekân Alan Ölçümleri	62
2.4.	Anket Çalışması	64
2.4.1.	Sınıfların Termal Konfor Açısından Değerlendirilmesi	64
2.4.2.	Öğrenci Sayısı-Termal Konfor İlişkisi.....	65
2.4.3.	Başarı-Termal Konfor İlişkisi	68
3.	BULGULAR VE İRDELEME	70
3.1.	Termal Konfor Üzerine Kuru Termometre ve Ortalama Işınım Sıcaklıklarının Etkisinin İrdelenmesi	70
3.2.	Termal Konfor Üzerine Bağlı Nem Etkisinin İrdelenmesi	70
3.3.	Termal Konfor Üzerine Hava Hareketinin Etkisi İrdelenmesi	70
3.4.	Termal Konfor Üzerine Aktivite Seviyesi Etkisinin İrdelenmesi.....	71
3.5.	Termal Konfor Üzerine Kıyafet Yalıtımının Etkisinin İrdelenmesi	71
4.	SONUÇLAR	72
5.	KAYNAKLAR	74
6.	EKLER.....	79

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Herhangi bir mimari mekânda kullanıcının fiziksel ve zihinsel performansının istenen düzeyde olması ve mekânın bireyler için konforlu bir ortam oluşturması için gerekli en önemli etkenlerden biri o mekânın termal konfor düzeyidir. Mekân içinde bireyin termal konforunu belirleyen değişkenler; iç mekân hava sıcaklığı, ortalama ışınım sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem, bireyin aktivite seviyesi ve kıyafet seçimidir.

Tipik ilköğretim dersliklerinde termal konforun araştırıldığı bu tezin birinci bölümünde; tezin kapsam ve amacı, termal konfor tanımı ve onu sağlayan değişkenler, insan ve çevre arasında meydana gelen termal etkileşimler yer almaktadır. Bunların yanı sıra, bölgesel termal konforsuzluk, uluslararası termal konfor standartları, konu ile ilgili yapılan termal konfor çalışmaları ve literatürde var olan termal konfor hesaplama programlarından bazıları verilmiştir.

İkinci bölümde, uygulamla ve çalışma alanı olarak seçilen ilköğretim dersliklerinde yapılan termal konfor belirleme çalışmaları ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Üçüncü bölümde yapılan çalışmadan elde edilen bulgular ve bu bulguların irdelenmesi yer almıştır.

Dördüncü bölümde ise bu çalışmadan elde edilen sonuçlar anlatılmış ve termal konforun sağlanması ve sürdürülmesi için bazı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Termal Konfor, Ortalama Tahmini Oy, Memnuniyetsizlerin Tahmini Yüzdesi, İlköğretim

SUMMARY

The Evaluation of Thermal Comfort on the Primarily School Classrooms by Thermal Sensation Scale

Thermal comfort grade of any occupational area affects users' physical and mental performance. The variables of individual thermal comfort grade are ambient air temperature, mean radiant temperature, air velocity, humidity, metabolic activity and thermal properties of clothing of person.

In the first chapter, the aim and content of this thesis where the study of thermal comfort on primarily schools is explained, definition of thermal comfort and its parameters, heat losses between human and its thermal environment, some of the thermal comfort models, local thermal discomfort, international thermal comfort standards, literature review and some of the thermal comfort calculation programs are described.

In the second chapter, the study is explained and its details are analyzed.

In the third chapter, the findings of the study are presented and they are examined.

In the fourth chapter, the results obtained from the thesis are explained and proposals are presented.

Key Words: Thermal Comfort, PMV, PPD, Classroom

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Mekânın hava sıcaklığını ölçmek için kullanılan termometre örneği	6
Şekil 2. Mekân içindeki ışınlım sıcaklığını ölçmek için kullanılan globe termometre örneği	8
Şekil 3. Hava hızını ölçmek için kullanılan anemometre örneği	10
Şekil 4. Ortamdaki mevcut bağıl nemi ölçmek için kullanılan higrometre örneği	10
Şekil 5. Sağlık için en uygun bağıl nem aralığı	11
Şekil 6. Çeşitli kıyafet gruplarının yalıtım değerleri (clo)	12
Şekil 7. Vücudun istemli veya istem dışı çeşitli termal kontrol mekanizmaları	17
Şekil 8. İnsan ve çevre arasındaki ısı değişimi	18
Şekil 9. Olgyay'ın sıcak iklim bölgelerine göre uyarlanan biyoklimatik çizelgesi	27
Şekil 10. Termal konfor ile etkin sıcaklık ilişkisi	28
Şekil 11. Etkin sıcaklık basit ölçeğini gösteren çizelge	29
Şekil 12. Etkin sıcaklık normal ölçeğini gösteren çizelge	29
Şekil 13. Memnun olmayanların tahmini yüzdesi (PPD) değerinin tahmini ortalama oy (PMV) değerinin fonksiyonu olarak değişimi	32
Şekil 14. Işınlım sıcaklığı asimetrisiyle meydana gelen bölgesel termal konforsuzluk	34
Şekil 15. Düşey hava sıcaklığı farkından kaynaklanan bölgesel termal konforsuzluk	35
Şekil 16. Ilık ya da soğuk döşemelerle meydana gelen bölgesel termal konforsuzluk	36
Şekil 17. Comfort Calculator, www.sql.com	37
Şekil 18. Predicted Mean Vote, www.sql.com	37
Şekil 19. Psychrometric Chart, www.sql.com	38
Şekil 20. PMVcalc_v2_English, www.innova.dk	39
Şekil 21. ET_AEE Version 1.1.12, www.ktblabo.cm.kyushu_u.ac.jp	39
Şekil 22. ComfortCalculator, www.automationcollege.com	40
Şekil 23. Seçilen ilköğretim okulu- 1.Kat Planı (tasarlanan proje)	61
Şekil 24. Seçilen ilköğretim okulu- 2.Kat Planı (tasarlanan proje)	61
Şekil 25. Seçilen ilköğretim okulu- 1.Kat Planı (mevcut proje)	61
Şekil 26. Seçilen ilköğretim okulu- 2.Kat Planı (mevcut proje)	62
Şekil 27. İncelenen dersliklerin ısıtma döneminde öğrenci sayısı (%) - termal duyarlılık ilişkisi	66

Şekil 28. Isıtma dönemi için (kış) derslik termal koşullarının öğrencilerce değerlendirilmesi.....	67
Şekil 29. İncelenen dersliklerde ısıtma olmayan dönemde (yaz) öğrenci sayısı (%) - termal duyarlılık ilişkisi	67
Şekil 30. Isıtma olmayan dönem (yaz) için derslik termal koşullarının öğrencilerce değerlendirilmesi.....	68
Şekil 31. Öğrencilerin buldukları dersliklerde kendilerinin çok sıcak hissetmesinin dersleri üzerine etkisi	69
Şekil 32. Öğrencilerin buldukları dersliklerde kendilerinin çok soğuk hissetmesinin dersleri üzerine etkisi	69

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Mekân içi iklimsel parametrelerle termal konfor sağlanmasında karşılaşılabilecek bazı durumlar	4
Tablo 2. Kıyafet yalıtımı değer tablosu.....	13
Tablo 3. Aktivite seviyesi değer tablosu	14
Tablo 4. Bazı termal konfor duyarlılık ölçekleri.....	31
Tablo 5. Çalışma için seçilen sınıfların özellikleri.....	60
Tablo 6. A Sınıfı ölçüm sonuçları	63
Tablo 7. B Sınıfı ölçüm sonuçları	63
Tablo 8. C Sınıfı ölçüm sonuçları	63
Tablo 9. D Sınıfı ölçüm sonuçları	64
Tablo 10. Isıtma dönemi için öğrenci kıyafetlerinin ısı geçirim dirençleri (clo)	66
Tablo 11. Isıtma olmayan dönem için öğrenci kıyafetlerinin ısı geçirim dirençleri (clo) ...	68

SEMBOLLER DİZİNİ

C	: Taşınım ile ısı değişimi, W/m^2
clo	: Kıyafet termal yalıtım değeri, clo, m^2K/W
C _{res}	: Kuru solunumla ısı kaybı, W/m^2
E _{dif}	: Deriden buhar difüzyonuyla ısı kaybı, W/m^2
E _{res}	: Gizli solunumla ısı kaybı, W/m^2
E _{sw}	: Terin buharlaşmasıyla meydana gelen ısı kaybı, W/m^2
f _{cl}	: Kıyafet alan faktörü (Giyinik vücudun yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı), boyutsuz
f _{eff}	: Etkin radyasyon alan faktörü (Giyinik vücudun etkin radyoaktif alanının giyinik vücudun yüzey alanına oranı), boyutsuz
H	: Metabolik ısı üretimi, W/m^2
h _c	: Taşınım ile ısı transfer katsayısı, W/m^2K
I _{cl}	: Kıyafet termal yalıtım değeri, clo
K _{cl}	: Kıyafetle ısı üretimi, W/m^2
L	: Kuru solunumla ısı kaybı, W/m^2
M	: Metabolik oran, W/m^2
met	: Aktivite seviyesi değeri, met, W/m^2
P _a	: Çevre havadaki su buhar basıncı, Pa
P _s	: Deri sıcaklığında doymuş su buhar basıncı, Pa
PD	: Memnuniyetsizlerin yüzdesi, %
PMV	: Tahmini ortalama oy, boyutsuz
PPD	: Memnuniyetsizlerin tahmini yüzdesi, %
R	: Radyasyonla ısı değişimi, W/m^2
RH	: Bağıl nem, %
t _a	: Çevre hava sıcaklığı, °C
t _{a,l}	: Bölgesel hava sıcaklığı, °C
t _{cl}	: Kıyafet yüzey sıcaklığı, °C
t _f	: Döşeme sıcaklığı, °C
t _g	: Globe sıcaklığı, °C

T_n	: Konfor sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$
t_{pr1}	: Mekânı oluşturan döşeme yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
t_{pr2}	: Mekânı oluşturan tavan yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
t_{pr3}	: Mekânı oluşturan sağ düzlem yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
t_{pr4}	: Mekânı oluşturan sol düzlem yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
t_{pr5}	: Mekânı oluşturan ön düzlem yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
t_{pr6}	: Mekânı oluşturan arka düzlem yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
t_r	: Ortalama ışıınım sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$
t_s	: Deri sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$
T_u	: Türbülans yoğunluğu, %
$V_{a,1}$: Bölgesel ort. hava hızı, m/sn
V	: Hava hızı, m/sn
W	: Etkin mekanik güç, W/m^2
ϵ	: Giyinik vücudun dış yüzeyinden yayılım, boyutsuz
σ	: Stefan-Boltzmann sabiti: $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$
$\Delta t_{a,v}$: Ayak ve boyun arasındaki hava sıcaklığı farkı, $^{\circ}\text{C}$
Δt_{pr}	: Döşeme sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İklimsel konfor koşulları mekanik sistemlerle kontrol edilebilen bir binanın sağlanması gereken optimum iklim durumunu tanımlar. Amaç konforlu bir iç çevre yaratmak olduğuna göre, iklimsel konfor koşullarının ve konfor durumunda bulunabilmek için duyulan iklimsel ihtiyaçların saptanması, böyle bir iç çevreyi sağlayacak binanın tasarım sürecinin başlangıç aşamasında ele alınmalıdır.

Kentleşme ve modernleşme insanların yaşamlarının önemli bir kısmını iç mekânlarda geçirmesine neden olmuştur. Bu mekânlarda kullanıcıların performansları üzerine olumlu ya da olumsuz etki oluşturan etmenler mekânların çeşitli açılardan konfor seviyelerini belirler [1]. Termal konfor şüphesiz ki iş verimini ve üretkenliği etkileyen önemli etkenlerden biridir. Dersliklerin termal konforunun da hem öğrenme hem de özenli bir sıcaklık kontrolü ile enerji korunumu üzerine doğrudan bir etkisi vardır. Uluslar arası bir standart olan ISO (International Standards Organization) Standard 7730'a göre termal konfor termal çevreyle memnuniyeti anlatan koşul' olarak tanımlanır [2,3,4,5].

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Dış iklimsel koşulların iklim bölgelerine ve yıl içindeki dönemlere bağlı olarak önemli derecede değişmesine karşın hedeflenen iklimsel konfor koşulları pek değişmemektedir. Farklı mühendislik ve disiplinlerin ortaklaşa çalışmaları ile meydana gelen mimari ürünün bütünlüğünün korunması ve yapıdan beklenen performansın maksimum düzeyde tutulması ve geleceğe olumlu örnekler devredilmesi açısından bu konu büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada; tip ilköğretim dersliklerinde öğrencilerin termal konfor seviyeleri araştırılmıştır. Yapılan alan çalışması için Trabzon'da bir ilköğretim okulu seçilmiştir. Bu okulda okuyan 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin öğrenim gördükleri mekânların fiziksel çevre koşullarının ölçümleri yapılmış ve öğrencilerin bu dersliklerin termal koşulları altında kendilerini nasıl hissettikleri değerlendirilmiştir. Çalışma hem ısıtma dönemini (kış) hem

de ısıtma olmayan (yaz) dönemi kapsamaktadır. Öğrencilerin hissettikleri termal konfor düzeyini belirlemek üzere bir dizi soruyu içeren bir anket çalışması yapılmıştır (Ek 1).

İncelenen dersliklerin fiziksel çevre koşullarının (hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı ve iç yüzey sıcaklığı) ölçümleri ile Fanger'in 7-nokta termal duyarlılık ölçeğindeki soruları da içeren anketler eş zamanlı olarak yapılmıştır. Öğrencilerin termal duyarlılık ölçeğini daha iyi kavrayabilmeleri için +3'den -3' e değerlendirmede uygun tonda renkli fonlar üzerine rakamın değerini anlatan karikatürler öğrencilere sunulmuş ve konu hakkında bilgilendirilmeleri sağlanmıştır (Ek 2).

Elde edilen verilerle PMV (Predicted Mean Vote-Tahmini Ortalama Oy) ve PPD (Predicted Percentage Dissatisfied-Memnuniyetsizlerin Tahmini Yüzdesi) belirlenmiş ve incelenen dersliklerin termal konfor koşulları ISO (International Standards Organization) Standard 7730 termal konfor standardına göre değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmada ISO 7730 standardında yer alan termal konfor hesaplama denklemleri kullanılmış, insan vücudundaki iç ısı üretimi ve kıyafetle ısı değişimi göz önüne alınarak diğer ısı değişimleri göz ardı edilmiştir.

1.3. Termal Konfor

Mimarlık, işlevlerin düşünülerek hacimlerin biçimlendirilmesinin yanında, bu hacimlerin içinde eylem sürecine uygun ortamların oluşturulmasını diğer bir deyişle, insan için farklı yönden konfor koşullarının sağlanmasını da gerektirir. Bir hacim içerisinde insanın konforunu sağlayan önemli fiziksel öğelerden biri de sıcaklıktır [6]. Uluslararası standartlar olan ASHRAE Standard 55 ve ISO 7730 termal konforu 'termal çevreyle memnuniyeti anlatan koşul' olarak tanımlar. Termal konfor için İş Sağlığı ve Tüzüğü Taslağı'nda ise 'işyerlerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlanması için; iç mekân hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı ve mekânın ortalama ışınım sıcaklık değerleri kabul edilebilir sınırlar içinde olacak şekilde kontrol altına alınacaktır. İşyerinde uygun termal konfor şartlarının sağlanmasında kullanılacak sistemler, yapılan işe uygun olacak ve çalışanların sağlık ve güvenliği için herhangi bir tehlike oluşturmayacaktır' ifadesi yer alır [7].

İnsanın boyu, yaşı, cinsiyeti gibi birçok parametreye bağlı olsa bile en genel anlamda termal konforu etkileyen parametreleri kişisel ve çevresel parametreler olarak sınıflandırabiliriz.

Fanger'e göre termal konfor koşulunu etkileyen en önemli değişkenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [3,4]:

- Aktivite seviyesi (metabolik oran)
- Kıyafet termal direnci (clo-değeri)
- Hava sıcaklığı
- Ortalama ışınım sıcaklığı
- Hava hızı
- Bağıl nem

Szokolay ise vücuttan ısı dağılımını ve böylece termal konforu da etkileyen değişkenleri 3 gruba ayırır [8]:

- Çevresel değişkenler

Hava sıcaklığı

Hava hızı

Bağıl nem

ışınım (mekânı oluşturan iç yüzeylerin ortalama ışınım sıcaklığı)

- Kişisel değişkenler

Metabolik oran (aktivite seviyesi)

Giyinme

Sağlık durumu

İklimlerme

- Katkısı olan diğer faktörler

Yeme ve içme

Vücut şekli

Deri altı yağı

Yaş ve cinsiyet

Tablo 1. Mekân içi iklimsel parametrelerle termal konfor sağlanmasında karşılaşılabilecek bazı durumlar [9]

Problem	Sonuç	Sonuç	Çözüm	Optimum koşullar
Hava sıcaklığı				
Çok yüksek	Vücut ısını çevreye yayamaz	Vücut sıcaklığında artış Kalp hareketinde artış Düşük performans Hata yapmada artış Bunalma	Odanın havalandırılması serin hava girişini ve sıcak hava çıkışını artırır.	19-21°C 14-16°C 16-18°C 12-14°C
Çok düşük	Vücudun çevre havaya kaybettiği ısı miktarı artar.	Titreme Kas ve eklemlerde Konsantrasyon düşüklüğü Cereyanla ilgili şikayet (düşük hava hızı olsa bile)	Ortam sıcaklığının artırılması (ısıtıcı, radyatör... kullanımı) Yansımaya sıcaklığının artırılması (çatı ya da panellerin ısıtılması)	Hafif ofis işi: Genel fabrika işi: Hafif fabrika işi: Ağır fabrika işi:
Yansımaya sıcaklığı				
Çok yüksek	Vücut kaynaktan çok fazla ısı absorbe eder.	Vücut sıcaklığında artış Kalp hareketinde artış Düşük performans Hata yapmada artış Bunalma	Güneş perdesi veya çift alüminyum perde kullanımıyla radyasyonla ilişkin kesilmesi hava sıcaklığının da azalmasına yol açar.	Genellikle hava sıcaklığına eşit ya da biraz fazla olmalıdır.
Çok düşük	Vücut soğuk duvar ya da pencere gibi yapı elemanlarıyla çok miktarda ısı kaydeder.	Titreme Kas ve eklemlerde Konsantrasyon düşüklüğü Cereyanla ilgili şikayet (düşük hava hızı olsa bile)	Hava sıcaklığının artırılması gerekir.	
Hava hızı				
Çok yüksek	Derinin bölgesel soğuması	Kas ağrısı Cereyanla ilgili şikayet	İnceleyip nedenini bulmak gerekir.	Ofislerde: 0,15m/sn Oturma ve yürüme gerektiren işlerde: 0,15-0,5 m/sn
Çok düşük	Vücuttan ısı yayılabilmesi için yetersiz buharlaşma meydana gelir.	Nemli cilt Terle ilgili şikâyet	Vantilatör kurulumu ile hava girişi sağlanabilir.	
Bağıl nem				
Çok yüksek	Terin buharlaşması engellenir.	Yüksek sıcaklıklarda direnç düşer.	Havalandırmanın geliştirilmesi gereklidir.	Genellikle, %30- %70 bağıl nem
Çok düşük	Aşırı buharlaşma görülür.	Mukoza tabakasının kuruması meydana gelir.	Gerekliyse, yapay olarak nemin artırılması gerekli olabilir.	

Tablo 1’de verilen değerlerle karşılaşıldığında sorunları ortadan kaldırmak ve mekanın termal konfor düzeyini geliştirmek için bireylerin uygulayabilecekleri bazı basit yöntemler bulunmaktadır. Bunlar aşağıda verilmektedir:

Sıcak havada termal konforu sağlamak için kullanılabilir yöntemlerden bazıları [10]:

1. Sıcak teğhizatı ya da borularının etrafına yalıtım malzemesi uygulamak
2. İklimlendirme teğhizatı sağlamak
3. Ya sıra ya taban ya da tavan-monteli fanların kullanımını sağlamak
4. Pencerelerin açılabilirliğini sağlamak
5. Pencereleri stor ile gölgelemek ya da güneşin ısı etkisini düşürmek için yansıtıcı film kullanmak
6. Kafeinli ya da karbonatlı içecekler yerine su tüketmeyi tercih etmek
7. Isıya maruziyeti düşürmek için erken başlama/bitiş saatleri ile esnek çalışma saatleri düzenlemek
8. Kullanıcıların soğuk içecek almak ya da serinlemek için yeterli aralar sağlamak
9. Kıyafet seçiminde esneklik sağlamak

Soğuk havada termal konforu sağlamak için kullanılabilir yöntemlerden bazıları [10]:

1. Kullanım alanında yeterli ısıtmayı ya da geçici ısıtıcılar gibi bölgesel ısıtmayı sağlamak
2. İnsan kullanımına açık soğuk mekânlardan ya da soğuk ürünlerden yayılan soğuğu azaltmak
3. Cereyanı azaltmak
4. Yalıtımlı çamur paleti ya da diğer taban kaplaması ya da soğuk döşemede uzun periyotla ayakta durmak zorunda kalan kullanıcılar için özel ayak giyimi sağlamak
5. Uygun tipte koruyucu kıyafet sağlamak
6. Soğuk çevreye maruziyeti sınırlandırmak için çalışma saatlerini daha geç olarak düzenlemek
7. Kullanıcıların sıcak içecekler alması ya da daha sıcak mekânlarda ısınması için yeterli araları sağlamak

Bir mekân içerisinde insanın termal açıdan kendini çevreleyen ortamla uyumu, insan vücudundan dış mekân iklimine kadar uzanan bir sistemin ürünüdür. Sıcaklık ögesinin ortamın diğer fiziksel ögelerinden farkı, insanın yapmış olduğu aktiviteye göre farklı oranlarda ısı üretmesidir. İnsan vücudunun metabolik yolla olan bu ısı girdisi yanında iletim, taşınım, ışıınım gibi yollarla ısı kazancı veya kaybı ve vücut yüzeyinde gerçekleşecek buharlaşma ile de ısı kaybı söz konusudur. 1.3.2.'de yer alan termal konfor koşulunun ilki olan vücudun termal dengesi için bu ısı kazanç ve kayıplarının denk olması önem kazanmaktadır.

1.3.1. Termal Konfor Değişkenleri

1.3.1.1. Çevresel Değişkenler

1.3.1.1.1. Hava Sıcaklığı

Çevre havanın kuru termometre sıcaklığıdır. Termometre ile ölçülür (Şekil 1). Hava sıcaklığı direkt olarak taşınım ve buharlaşmayla ısı kaybı dolaylı olarak da odadaki nesnelere yüzey sıcaklığı etkisiyle meydana gelen iletimle ısı kaybı üzerine etkilidir [2,3,9].



Şekil 1. Mekânın hava sıcaklığını ölçmek için kullanılan termometre örneği [11]

Mekândaki hava sıcaklığının değeri değıştikçe insan üzerindeki etkileri de değışkenlik gösterir. Aşağıda 20⁰C'den 35-40⁰C'ye doğru sıcaklık artışı meydana geldiğinde karşılaşılabilecek durumlardan söz edilmiştir.

20⁰C optimal sıcaklık (çalışma kapasitesi tam)

↓ Bıkkınlık

↓ Asabiyet

↓ Dikkatsizlik

Bağlı hata sayısında artış

Düşünsel çalışmada randıman düşüklüğü

Beceri isteyen işlerde %50 randıman düşüklüğü

İş kazası sayısında artış

↓ Ağır fiziksel işlerde randıman düşüklüğü

↓ Vücutta su ve asit baz dengesinin bozulması

↓ Kan dolaşımının zorlanması

↓ Yüksek düzeyde yorgunluk

35-40⁰C dayanılabilir en yüksek sıcaklık [7]

Buna bağlı olarak, yüksek sıcaklık gibi düşük sıcaklığın da çalışma başarısı üzerine olumsuz etkileri vardır. Bunlar; düşük sıcaklıkta algılama ve reaksiyon süresi azalır dolayısıyla ellerin becerisi de azalır. Ancak düşük sıcaklığın başarıya olan etkisi yüksek sıcaklığın etkisi kadar önemli olmamaktadır çünkü düşük sıcaklığın olumsuz etkileri giysi çeşitlenmesi ile arttırmakla önemli ölçüde azaltılabilir.

1.3.1.1.2. Ortalama Işınım Sıcaklığı

Işınım sıcaklığı hesabı hava sıcaklığına göre daha karmaşıktır. Sıcaklık yayılımı, güneş ışığı, fırın ya da ısıtıcı gibi herhangi ısıyı yüksek olan nesneden kaynaklanmaktadır. Bu sıcaklık güneş ışığının temas ettiği herhangi bir ortamda ya da ısı yayan bir objeye yakın olduklarında insanı etkileyecektir. Havayı ısıtır, fakat insanları, mobilya ya da makine gibi katı yüzeyleri daha hızlı bir şekilde ısıtır [2,9].

Bir mekândaki ışıının sıcaklığı o mekânı çevreleyen yüzeylerle de ilişkilidir. Mekânı oluşturan iç yüzeylerin ortalama ışıının sıcaklığını hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır [12]:

$$t_r = \frac{0.08(t_{pr1} + t_{pr2}) + 0.23(t_{pr3} + t_{pr4}) + 0.35(t_{pr5} + t_{pr6})}{2(0.08 + 0.23 + 0.35)}$$

t_r = Ortalama ışıının sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_{pr1} = Mekânı oluşturan döşeme yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_{pr2} = Mekânı oluşturan tavan yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_{pr3} = Mekânı oluşturan sağ düzlem yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_{pr4} = Mekânı oluşturan sol düzlem yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_{pr5} = Mekânı oluşturan ön düzlem yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_{pr6} = Mekânı oluşturan arka düzlem yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Bir mekânın ortalama ışıının sıcaklığını bir globe termometre kullanarak da elde edebiliriz. Globe termometre konfor araştırmalarının enstrümantasyonunda önemli bir yer tutar. Bu termometre genellikle siyaha ya da griye boyalı yaklaşık 40 mm çapında bir küredir (Şekil 2).



Şekil 2. Mekân içindeki ışıının sıcaklığını ölçmek için kullanılan globe termometre örneği [13,14]

Çalışmamızda dersliklerin ortalama ışıınım sıcaklığını hesaplamak için mekânı oluşturan her bir yüzeyin sıcaklık ölçümünü yaptıktan sonra ortalama ışıınım sıcaklığı denklemini kullanarak bir değer elde edilmiştir.

1.3.1.1.3. Hava Hızı

Bir rüzgâr hareketidir. Hava hızı taşınımla ısı alışverişini hızlandırır ayrıca deri ve kıyafet yüzey ısı transfer katsayısını değiştirir (yüzey direncini azaltır), bunun yanı sıra bir fizyolojik soğuma etkisini üreterek deriden buharlaşmayı da arttırır. Mekân içindeki mevcut hava hızının değeri değiştikçe insan üzerinde oluşturduğu etkilerde de değişimler gözlemlenebilir. Aşağıda $<0,1\text{m/sn}$ 'den $>1,5\text{m/sn}$ 'ye doğru artan hava hızının insan üzerine oluşturabileceği etkiler verilmiştir.

$<0.1\text{ m/sn}$ havasız oda

0.2 fark edilmez

0.5 hoş

1 fark edilir

1.5 hava akımlı (cereyanlı)

>1.5 sıkıcı

Mekânlarda iç hava sıcaklığı yükseldikçe 2 m/sn 'ye çıkan hava hızı gerekebilir. Yapay olarak ısıtılmış iç mekân çevrelerindeki durgun hava insanların havasız hissetmelerine yol açabilir. Ayrıca kokuda da bir artışa neden olur. Sıcakta ya da soğuk çevrelerde küçük hava hareketi, hava sıcaklığında hiçbir değişiklik olmadan taşınımla ısı kaybını arttırabilir. Soğukta ya da soğuk çevrelerde oluşan düşey hava hareketi hava akımı (cereyan) olarak hissedilebilir. Ayrıca fiziksel aktivite de hava hareketini arttırır, böylece hava hızı kişinin aktivite seviyesi için hesaba katılmalıdır.

Tezde hava akımı hızını ölçmek için kullanılan alet pervaneli anemometredir (Şekil 3). Çok düşük hava akım hızlarını ölçmek için ısıtılmış elementli anemometreler veya kata termometreler kullanılması daha uygundur [2,9,14].



Şekil 3. Hava hızını ölçmek için kullanılan anemometre örneği [15]

Hava hızı, çoğu durumlarda, bireyi serinletir. Bu sıcak durumlarda insanı rahatlatmayı sağlayacaktır, fakat soğuk durumlarda insanın ekstra şekilde üşümesine sebep olur. [16].

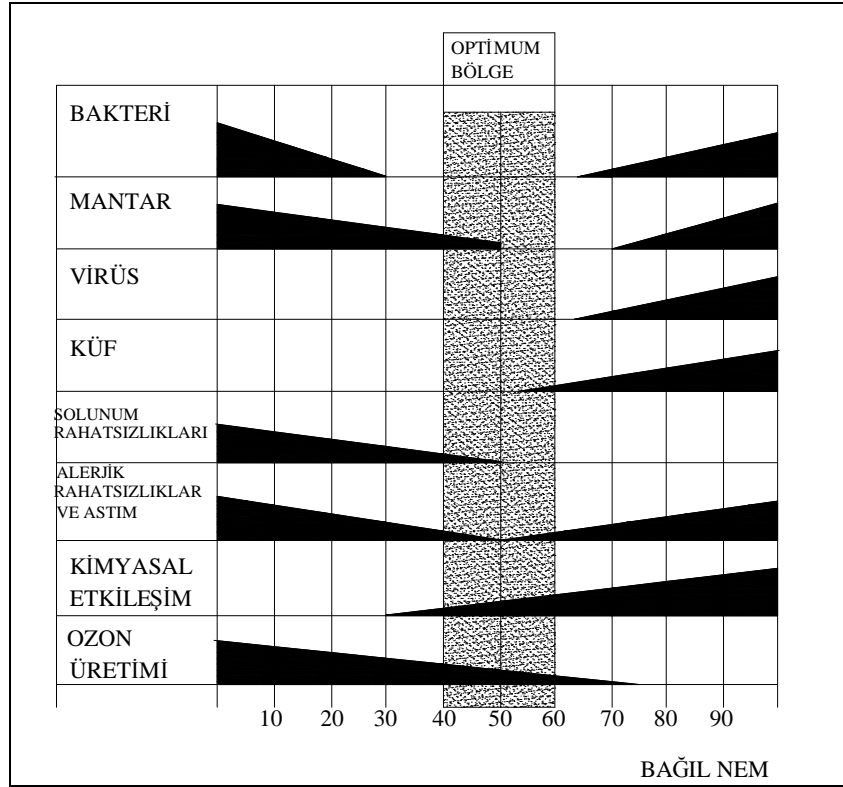
1.3.1.1.4. Bağlı Nem

Bağlı nem; havadaki gerçek su miktarı ile hava sıcaklığında tutulabilen havanın su buharının maksimum miktarı arasındaki orandır. Mekândaki bağlı nem higrometre ile ölçülür (Şekil 4).



Şekil 4. Ortamdaki mevcut bağlı nemi ölçmek için kullanılan higrometre örneği [17]

Bağıl nem de havanın nemi emebilmesinin bir ölçüsü olduğu ve böylece vücuttan buharlaşma ile atılan ısı miktarını etkilediğinden termal konfor üzerine oldukça etkilidir. İstenilen bağıl nem aralığı %30 ve %70 aralığındadır ve %50 en çok kabul edilen değerdir [17]. Bazı ofislerde nem, bilgisayarların korunumu yüzünden %40 ile %70 arasında tutulur. Ama iklimlendirmesiz çalışma alanlarında ya da iç mekân çevresini etkileyebilen dış mekân iklim koşullarının hâkim olduğu yerlerde bağıl nem ılık ve sıcak nemli günlerde %70'den büyük olabilir. Yüksek nemli çevreler, çok miktarda buharı (terin deriden buharlaşmasını önleyen havadaki buhar) barındırır. Sıcak çevrelerde nem %80 ve daha fazla olduğu zaman daha az ter buharlaşacağı için önemlidir. Terin buharlaşması insanlarda ısı kaybının ana metodudur [18,19], (Şekil 5).



Şekil 5. Sağlık için en uygun bağıl nem aralığı (Sterling,1985) (İşaretle meydana gelen azalış etkinin azaldığını gösterir.) [19]

Orta nemlerin (RH %30-%65) termal konfor üzerine fazla bir etkisi yoktur ama çok düşük nemler deriye ilaveten mukoza tabakasının (ağız, boğaz) kurumasına böylece rahatsızlığa yol açarken, yüksek nemler deride ve solunumda buharlaşmayı böylece dağıtım mekanizmasını sınırlandırır.

Sıcak durumlarda yükselen nem düşük neme göre insanlara daha sıcak hissettirir. Eğer hava yüksek nem içeriğine sahipse, vücudu soğutmak için terin buharlaşma hızı düşüktür. Soğuk hava her zaman düşük nem içeriği gösterir ve böylece soğuk koşullarda önemli bir etken oluşturmaz [16,18,19].

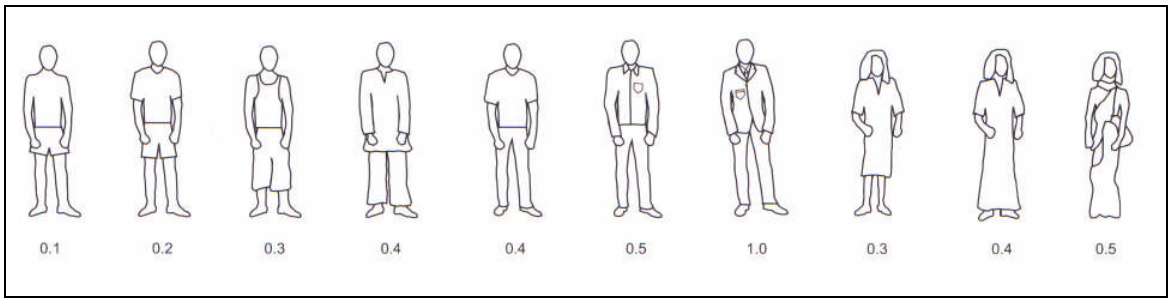
1.3.1.2. Kişisel Değişkenler

1.3.1.2.1. Giyinme

Giyinme, durumuna göre daha düşük ya da daha yüksek derecede bizi çevremizden yalıtır, yansıyan ısıdan koruyabilir.

Giyinilen kıyafetin yalıtım değeri verilen bir durumda konfor sıcaklığının tahmini için zorunlu değildir. Kıyafet bireyin iklimsel ve sosyal çevresinin bir işlevi olarak düşünülür ve istenen koşulları oluşturan faktörlerden birisidir. Ama eğer araştırmamızın sonuçları gözlemlenen konfor oyu ve tahmini PMV' yi karşılaştırmak için kullanılırsa ya da eğer onlardan bazı genellemeler yapılırsa hangi kıyafetlerin giyildiğinin kaydı kullanışlı olacaktır (Şekil 6).

Konfor denklemlerinde kıyafet yalıtımı için kullanılan birim clo'dur. (1 clo=0.155 Km²/W) [2,3,5].



Şekil 6. Çeşitli kıyafet gruplarının yalıtım değerleri (clo) [20]

Tablo 2. Kıyafet yalıtımı değer tablosu [ISO 7730:2005]

Kıyafet grupları	Iclu		Optimum aktif sıcaklık değişimleri (°C)
	clo	m ² .K/W	
İç giyim			
Uzun paçalı alt giyim	0,10	0,016	0,6
Fanila	0,04	0,006	0,3
T-shirt	0,09	0,014	0,6
Kısa kollu fanila	0,12	0,019	0,8
Külot ve sütyen	0,03	0,005	0,2
Gömlekler ve bluzlar			
Kısa kollular	0,15	0,023	0,9
İnce-kalın uzun kollular	0,20	0,031	1,3
Normal uzun kollular	0,25	0,039	1,6
Uzun kollu fanila gömlek	0,30	0,047	1,9
Uzun kollu ince-kalın bluz	0,15	0,023	0,9
Pantolonlar			
Şortlar	0,06	0,009	0,4
İnce-kalın	0,20	0,031	1,3
Normal	0,25	0,039	1,6
Fanila kumaş	0,28	0,043	1,7
Elbiseler/Etekler			
İnce etek (yazlık)	0,15	0,023	0,9
Kalın etek (kışık)	0,25	0,039	1,6
İnce elbise kısa kollu	0,20	0,031	1,3
Uzun kollu kışık elbise	0,40	0,062	2,5
İş takımı	0,55	0,085	3,4
Kazaklar			
Kolsuz yelek	0,12	0,019	0,8
İnce kazak	0,20	0,031	1,3
Kazak	0,28	0,043	1,7
Kalın kazak	0,35	0,054	2,2
Ceketler			
İnce yazlık ceket	0,25	0,039	1,6
Ceket	0,35	0,054	2,2
İş önlüğü	0,30	0,047	1,9
Yalıtımı yüksek fiber-kürklüler			
İş takımı	0,90	0,140	5,6
Pantolon	0,35	0,054	2,2
Ceket	0,40	0,062	2,5
Yelek	0,20	0,031	1,3
Dış mekân kıyafeti			
Mont	0,60	0,093	3,7
Ceket	0,55	0,085	3,4
Parka	0,70	0,109	4,3
Kürklü tulum	0,55	0,085	3,4
Diğer...			
Çorap	0,02	0,003	0,1
Kalın kısa çorap	0,05	0,008	0,3
Kalın uzun çorap	0,10	0,016	0,6
Naylon çoraplar	0,03	0,005	0,2
Ayakkabı (kalın tabanlı)	0,02	0,003	0,1
Ayakkabı (ince tabanlı)	0,04	0,006	0,3
Bot	0,10	0,016	0,6
Eldiven	0,05	0,008	0,3

Yürütülen çalışmada öğrencilerin üzerlerinde taşıdıkları kıyafetlerin yalıtım değerleri ISO 7730 Standardı'na uygun olarak düzenlenen yukarıdaki tabloya bağlı kalınarak hesaplanmıştır.

1.3.1.2.2. Aktivite Seviyesi (Metabolik Oran)

Fiziksel aktivite seviyemiz artar ve vücudumuz ısı üretir, böylece ısı üretimimiz gerçekleşmiş olur. Soğuk koşullarda fiziksel aktivite insanın ısınmasına yardımcı olur ve sıcak koşullarda ise insan üzerinde ısının etkisini arttırabilir [2,3,5,21].

Tablo 3. Aktivite seviyesi değer tablosu [ISO 7730:2005]

Aktivite	Metabolik oran	
	W/m ²	met
Uzanmak	46	0,8
Rahat şekilde oturma	58	1,0
Oturan aktivite (ofis, konut, okul, laboratuvar)	70	1,2
Ayakta, hafif aktivite (alış-veriş, laboratuvar, hafif endüstri)	93	1,6
Ayakta, orta ağırlıkta aktivite (tezgâhtarlık, ev işi, makine işi)	116	2,0
Yürüyüş		
2 km/saat	110	1,9
3 km/saat	140	2,4
4 km/saat	165	2,8
5 km/saat	200	3,4

Yürütülen çalışmada öğrencilerin aktivite seviye değeri ISO 7730 Standardı'na uygun olarak düzenlenen yukarıdaki tabloda okullar için belirlenen aktivite değeri olan 1,2 met olarak kabul edilmiştir.

1.3.1.3. Diğer Etkenler

1.3.1.3.1. Yaş

Metabolizma yaşla birlikte düştüğü için gençler ve yaşlı insanlar termal konfora ulaşmak için her zaman aynı tercihleri kullanmazlar. Yaşlılar genellikle daha yüksek çevre sıcaklıkları seçerler. Ama konu ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları bir ofis termal çevresinde her iki grubun da bazen aynı koşulları seçtiklerini göstermiştir. Yaşlıların evlerinde ya da buldukları her hangi bir ortamda daha yüksek çevre sıcaklığı tercih etmeleri düşük aktivite seviyesi ile açıklanabilmektedir [3,18].

1.3.1.3.2. Cinsiyet

Hem kadınlar hem de erkekler aynı termal koşullardan memnun olabilirler. ASHRAE; kadınların deri sıcaklığı ve buharlaşma kayıplarının erkeklere göre daha düşük olduğunu belirtmektedir. Bu denge kadınlar için daha düşük metabolizma anlamını taşır. Kadınların erkeklere göre daha ince giyinmeleri de daha yüksek sıcaklık talep etmelerinin ana sebebi olarak görülebilir [3,18].

1.3.1.3.3. Termal Çevreye Adaptasyon

Konu ile ilgili yapılan çalışmalardan bazılarında bireylerin daha ılık ya da daha soğuk iklim tercih etmeye adapte olamadıklarını kanıtlanmıştır. ASHRAE'ye göre; 'bu yüzden dünyanın her tarafında aynı termal koşulların uygulanması olasıdır kabulü yerleşmiştir. Ama konfor denkleminde tercih edilen çevre sıcaklığın belirlenmesinde yerel giyinme alışkanlıklarına uyan clo değeri seçilmelidir. Böylece, adaptasyon çevre sıcaklık üzerinde kullanıcı tercihlerini gerçek anlamda etkilemez. Ama önceleri sıcak iklimde yaşayan ya da çalışan insanlar performanslarını aynı seviyede sürdürecektir daha yüksek sıcaklıklara daha soğuk iklimdeki insanlardan daha kolay tahammül edebilir [18].

1.3.1.3.4. Dönemsel ve Günlük Ritimler

ASHRAE'ye göre; yaz ve kış sırasında iç mekân konfor koşulları arasında bir fark olmadığı kabul edilmiştir. Ama kullanıcının termal konfor tercihi vücut sabahın ilk saatlerinde düşük sıcaklık ritmine, öğleden sonra ise daha yüksek ritme sahip olduğu için, gün sırasınca değişebilir [18].

1.3.2. İnsan Vücudunun Termal Dengesi

İnsan vücudu yaklaşık 37°C 'lik bir iç sıcaklığa sahiptir. Bu iç sıcaklık vücutta üretilen enerji ve vücudun çevreye kaybettiği enerji denge oluşturduğunda sabit tutulabilir. İnsanlar gibi sıcakkanlı hayvanlarda bu termal denge beynin bir parçası olan ve bir termostat gibi davranış sergileyen hipotalamusla kontrol edilir.

Bir vücudun termal açıdan dengede olabilmesi için, üretilen ya da kazanılan ısının vücudun çevreye yaydığı ısıya eşit olması gerekir.

İnsan vücudunda bu termal dengeyi sağlamak amacıyla üç tane fizyolojik ısı değişim mekanizması vardır:

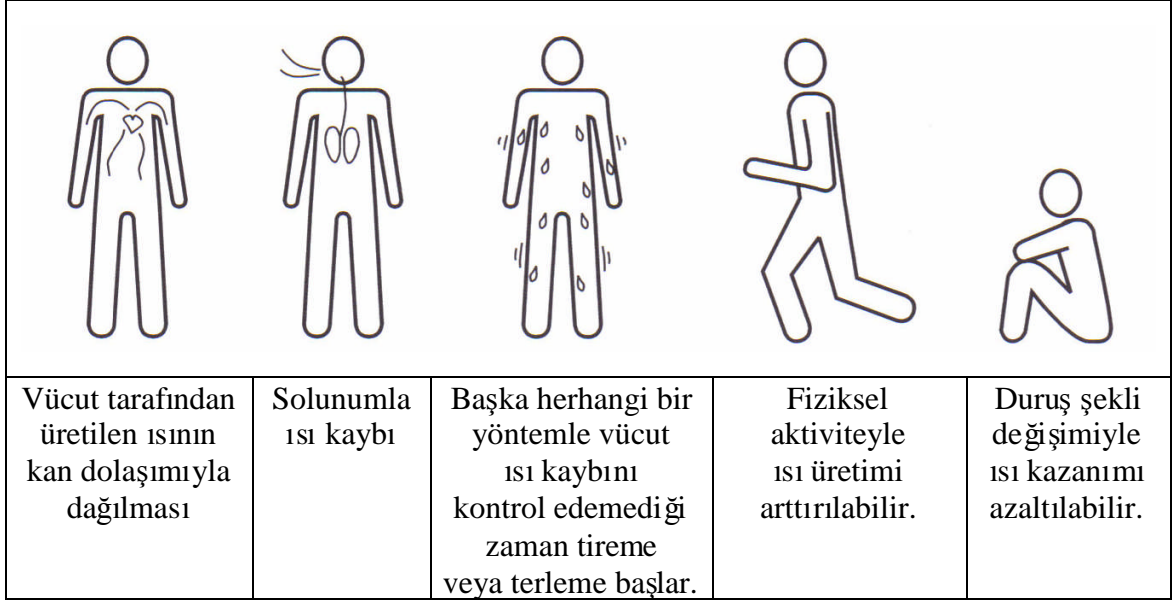
Kan Damarlarının Genişlemesi / Daralması: Vücudu saran derinin kendini canlı tutabilmesi için bünyesinde kan depolaması gerekmektedir, fakat bu kan seviyesi çoğu zaman insanın bulunduğu duruma göre değişkenlik gösterebilir. Derideki kan akışının artması deri sıcaklığını yükseltir ve çevreye olan ısı transferini arttırarak vücut iç sıcaklığını düşürür. Derideki kan akışının düşmesi ise deri sıcaklığına ek olarak çevreye olan ısı transferini de azaltır ve vücut iç sıcaklığını arttırır (Şekil 7). Deride gerçekleşen kan akışındaki meydana gelen bu değişimler en çok el ve ayaklarda hissedilirken en az beden ve başta hissedilir. Vücutta ilk olarak el ve ayakların soğuk hissetmesinin sebebi de budur.

Terleme: deri sıcaklığı vücut iç sıcaklığına yaklaşacağı için vücut içinden deriye ısı transferi gittikçe zorlaşır. Sıcak çevrelerde deri yüzeyinden terin buharlaşması ile serinleme meydana gelirken vücut içinden de ısı transferi sağlamış olur (Şekil 7). 2 çeşit terleme vardır:

Apokrin: alın, sırt, avuç içi, koltukaltı- protein içeren terlemedir.

Erkin: geride kalan tüm deri bölgesinden su buharlaşmasıdır.

Titreme: Deriden kan akışı minimum seviyede olduğunda hücre dokuları vasıtasıyla iletimle vücut içinden aşırı miktarda ısı kaybı gerçekleşebilir. Vücut iç sıcaklığının korunumu ısı üretiminde bir artış gerektirir, titreme bu etkiye sahip plansız bir kas hareketidir ve ısı üretimini %300-400 arttırır.



Şekil 7. Vücutun istemli veya istem dışı çeşitli termal kontrol mekanizmaları [20]

Deri vücutta ısı ve soğuğa duyarlı en aktif organdır. Deride konumlanmış iki çeşit uyarıcı vardır:

Isı uyarıcıları parmak ucu, burun, yanaklarda yer alır.

Soğuk uyarıcıları ise üst dudak, burun, çene, göğüs kafesi ve parmaklarda yer alır [22,23,24,25,26].

Vücutun termal dengesi soğuk ve sıcak uyarılarla yönlendirilir. Beyine gönderilen uyarıların sayısı hangi hızla sıcaklığın değiştirilmesi gerektiğine bağlıdır. Vücut termal olarak tamamen rahatladığında beyne hiçbir uyarı gönderilmez.

Yukarıda bahsedilen insan vücutunun termal dengesi aşağıdaki ifade ile formüle edilmiştir [11]:

$$H - E_d - E_{sw} - E_{res} - C_{res} = R + C$$

H= Metabolik ısı üretimi

E_d = Deriden buhar difüzyonuyla ısı kaybı

E_{sw} = Terin buharlaşmasıyla meydana gelen ısı kaybı

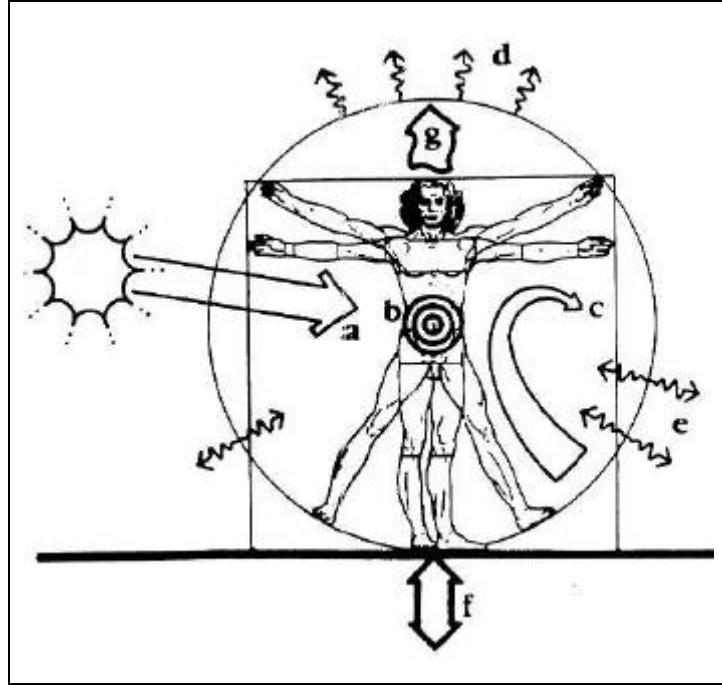
E_{res} = Gizli solunumla ısı kaybı

C_{res} = Kuru solunumla ısı kaybı

R = Giyinik vücudun dış yüzeyinden radyasyonla ısı kaybı oranı

C = Giyinik vücudun dış yüzeyinden taşınım ile ısı kaybı oranı

Bu denklem iletimle ısı değişimini göz ardı etmektedir. Çünkü vücutta gerçekleşen toplam ısı değişimi düşünüldüğünde iletimle ısı değişimi çok küçük bir dilimi oluşturmaktadır.



Şekil 8. İnsan ve çevresi arasındaki ısı değişimi [22]

Şekil 8’de yer alan ısı değişim sistemleri ve sembolleri aşağıda verilmiştir.

- Buharlaşımla ve solunumla ısı kaybı (g)
- Konveksiyonla ısı kaybı (c)
- Radyasyonla ısı kayıp ve kazanımı (solar-a, termal-d ve e)
- Kondüksiyonla ısı kaybı (genellikle ihmal edilir) (f)
- Metabolik ısı üretiminden kazanımlar (b)

Genellikle iç mekânlarda, ısı kayıplarının yaklaşık %35'i taşınım, %45'i radyasyon ve %20'si ise buharlaşmayla meydana gelen kayıplardır. Vücut ısı kaybı miktarı çevresel koşullar, bireyin aktivite seviyesi ve giyilen kıyafete göre değişir. Kıyafet vücuttan çevreye doğru olan ısı transfer oranını azaltır. Vücut ısı kaybı, kıyafetin termal direnci arttığı ya da kıyafet ve çevre arasındaki sıcaklık farkı azaldığı zaman düşecektir. Kıyafet ayrıca ısı kaybı için yüzeyini arttırmasıyla vücut ısı kaybı oranını da etkilemektedir [23].

1.3.2.1. İnsan Vücudunun İç Isı Üretimi (Metabolizma)

İnsan vücudunda bir oksidasyon (yanma) süreci meydana gelir ve dönüştürülen enerji kısmen vücudun iç kısmında ve kısmen mekanik (kas) ve fiziksel iş enerjisi olarak ortaya çıkar. Üretilen bu enerji miktarı dinlenme durumunda yaklaşık 45W/m^2 (0,8 met), koşu eylemi gerçekleştirildiğinde ise yaklaşık 500W/m^2 'lik (~9 met) değer kazanır.

Metabolizma genellikle met birimiyle ifade edilir. 1 met oturan veya dinlenen bir bireyin iç ısı üretimine eşittir ve 1 met $58,15\text{W/m}^2$ 'ye eşit olarak verilmektedir [2,11,18]. Metabolizmayla gerçekleştirilen bu iç ısı üretimi ile ilgili değerler 1.3.1.2.2.'de yer alan Tablo 3'de sunulmuştur.

1.3.2.2. Buharlaşma Yoluyla Isı Değişimi

Buharlaşma yoluyla ısı kaybı kısmen deri vasıtasıyla oluşan su buhar difüzyonuyla (E_d) kısmen de deri yüzeyinde ter buharlaşmasıyla (E_{sw}) gerçekleşir.

Deri vasıtasıyla oluşan su buhar difüzyonu miktarı ve ilişkin buharlaşma ısı kaybı (E_d) deri sıcaklığında doymuş su buharı basıncı (P_s) ve çevre havadaki su buhar basıncı (P_a) arasındaki oranla belirlenebilir [11].

$$E_d = 3,05 \cdot 10^{-3} (P_s - P_a) \quad \text{W/m}^2$$

E_d = Deri vasıtasıyla oluşan su buhar difüzyonu, W/m^2

P_s = Deri sıcaklığında doymuş su buhar basıncı, Pa (Pascal)

P_a = Çevre havadaki su buhar basıncı, Pa (Pascal)

Deri yüzeyindeki doymuş su buhar basıncı deri sıcaklığının (t_s) bir fonksiyonudur [11]:

$$P_s = 256t_s - 3373 \quad \text{Pa (Pascal)}$$

P_s = Deri sıcaklığında doymuş su buhar basıncı, Pa (Pascal)

t_s = Deri sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

Yukarıdaki iki denklem bir araya getirildiğinde deri vasıtasıyla oluşan su buhar difüzyonu için aşağıdaki denklem türetilebilir [11]:

$$E_d = 3,05 \cdot 10^{-3} (256t_s - 3373 - P_a) \quad \text{W/m}^2$$

E_d = Deri vasıtasıyla oluşan su buhar difüzyonu, W/m^2

t_s = Deri sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

P_a = Çevre havadaki su buhar basıncı, Pa

Deri vasıtasıyla oluşan su buhar difüzyonuyla ısı kaybı her zaman gerçekleşebilir ve termal dengeleme sistemiyle kontrol edilemez. Bu ısı kaybı genelde 10 W/m^2 'ye eşit bir enerji kaybıyla sonuçlanır.

Deri yüzeyinden ter kesitinin buharlaşması (E_{sw}) ise ağır işler sırasında artan iç vücut sıcaklığını dengeleyebilmek için vücudun kullandığı en etkin yollardan biridir. Buharlaşma miktarı aktivite seviyesine göre değişiklik gösterir; dinlenme halinde 0 W/m^2 olan ısı kaybı ağır işlere doğru aktivite seviyesi arttıkça maksimum 400 W/m^2 'ye kadar yükselebilir [11,18].

1.3.2.3. Solunum Yoluyla Isı Değişimi

Nefes alındığı zaman, içeri alınan hava dışarı atılan havadan daha serin olduğundan ısı kaybedilir. Sıcaklıklardaki bu farklılık nedeniyle oluşan ısı değişimi aşağıdaki denklemle ifade edilir [11]:

$$L = 0,0014H (34 - t_a) \quad \text{W/m}^2$$

L =Kuru solunumla ısı kaybı, W/m^2

H = Metabolizma, W/m^2

t_a = çevre hava sıcaklığı, $^{\circ}C$

Solunan hava sıcaklığının yaklaşık $34^{\circ}C$ olduğu varsayılır. Burada oluşacak kayıp genellikle önemsiz bulunur. Fakat $-10^{\circ}C$ 'de yaklaşık $400 W/m^2$ 'ye (~ 7 met) sahip koşu yapan bir birey $25 W/m^2$ 'lik bir enerji kaybedecektir.

Solunum sırasında içeri alınan ve dışarı çıkarılan hava arasındaki su basıncı farkı düşünüldüğünde oluşacak ısı kaybı aşağıdaki formülle ifade edilir [18]:

$$E_{res}=1,72 \cdot 10^{-5} H (5867 - P_a) \quad W/m^2$$

E_{res} = Gizli solunumla ısı kaybı, W/m^2

H = Metabolizma, W/m^2

P_a = çevre havadaki su buhar basıncı, Pa

Yine yukarıdaki örnek alındığında; $10^{\circ}C$ 'de yaklaşık $400 W/m^2$ 'ye (~ 7 met) sahip koşu yapan bir birey $600Pa$ 'lık basınçta ($50\% RH$) $36 W/m^2$ 'lik enerji kaybedecektir. Normal iç mekân aktiviteleri ve yaklaşık $20^{\circ}C$ 'lik çevre hava sıcaklığında solunumla ısı kaybı küçüktür ve $2 W/m^2 - 5 W/m^2$ 'lik kayıplar ihmal edilebilir [11].

1.3.2.4. Kıyafetle Isı Değişimi

Kıyafetle ısı üretimi aşağıdaki formülle ifade edilebilir [11]:

$$K_{cl}=(t_s-t_{cl})/0,155 I_{cl} \quad W/m^2$$

K_{cl} = Kıyafetle ısı üretimi, W/m^2

t_s = Deri sıcaklığı, $^{\circ}C$

t_{cl} = Kıyafet yüzey sıcaklığı, $^{\circ}C$

I_{cl} = kıyafet termal yalıtım değeri, clo

Deri yüzeyinde meydana gelen tüm buharlaşmanın difüzyon vasıtasıyla kıyafet çeşitlenmesiyle değiştiği varsayılır. Genelde normal kıyafet grubundaki difüzyon direnci çok küçük olduğu için konfor bölgesindeki ter üretimi de minimum seviyededir. Aktivite

seviyesi arttırıldığında kıyafet ve deri arasındaki hava değişiminin de artması nedeniyle etkin kıyafet yalıtım değeri azalabilir [27,28].

Kıyafetle ısı üretimi ile ilgili değerler 1.3.1.2.1.'de yer alan Tablo 2'de verilmiştir.

1.3.2.5. Radyasyonla Isı Değişimi

Radyasyonla ısı değişimi birey yüzeyi ve çevre yüzeyler (pencereler, duvarlar, ısıtıcılar,...) arasında gerçekleşir. Radyasyonla gerçekleşen ısı değişimi aşağıdaki denklemle gerçekleştirilir [18]:

$$R = f_{\text{eff}} f_{\text{cl}} \epsilon \sigma [(t_{\text{cl}} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] \quad \text{W/m}^2$$

R = Radyasyonla ısı değişimi, W/m^2

f_{eff} = Etkin radyasyon alan faktörü (Giyinik vücudun etkin alanının giyinik vücudun yüzey alanına oranı), boyutsuz

f_{cl} = Kıyafet alan faktörü (Giyinik vücudun yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı), boyutsuz

ϵ = giyinik vücudun dış yüzeyinden ısı yayılım katsayısı, boyutsuz

σ = Stefan-Boltzmann sabiti: $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

t_{cl} = Kıyafet yüzey sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

t_r = Ortalama ışınım sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

Şimdiye kadar verilen ısı değişim denklemlerin hepsi çıplak insanın deri yüzeyinin ısı kaybı için önerilir. Radyasyonla ısı değişiminde ise giyinik yüzey alanı çıplak yüzey alanına oranla daha büyük radyoaktif ısı değişimleri meydana getirir bu yüzden f_{cl} (kıyafet alan faktörü) faktörünün de ısı değişimi hesabına katılması gerekmektedir [11,18,29].

1.3.2.6. İletimle Isı Değişimi

İletimle ısı değişimi, moleküler hareket düzeyiyle bir nesneden diğerine ısı transferidir. Birey bulunduğu çevrede kendi sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki bir objeye temasa geçtiği zaman ısı vücut yüzeyinden objeye iletimle ulaştırılır. Vücut günün çoğunluğunda havaya ya da kıyafet tabakalarına maruz kalır. Durgun hava düşük

iletkenliğe sahiptir ve böylece iyi bir yalıtıcıdır. Bu yüzden, kıyafetin dokuma ve kıyafet tabakaları arasında durgun havayı hapsetmesiyle iletim ısı kaybını engeller [11,18,29].

1.3.2.7. Taşınım İle İlişkili Isı Değişimi

Bir bireyin yüzey sıcaklığı normal olarak çevre hava sıcaklığından farklıdır. Birey etrafındaki hava ısıtılır ve ısınan hava soğuk havaya nazaran daha küçük bir yoğunluğa sahip olduğundan yükselmeye başlar, soğuk hava ise bireyin yüzeyine doğru harekete geçer. Bu ısı kaybı serbest taşınım olarak adlandırılır. Eğer hava bireye karşı bir güçle harekete geçirilirse bu zorlanmış taşınım olarak adlandırılır.

Taşınım ile ısı değişimi aşağıdaki formülle ifade edilir [18]:

$$C = f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \quad \text{W/m}^2$$

$$C = \text{Taşınım ile ısı değişimi, W/m}^2$$

f_{cl} = Kıyafet alan faktörü (Giyinik vücudun yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı), boyutsuz

$$h_c = \text{Taşınım ile ısı transfer katsayısı, W/m}^2\text{K}$$

$$t_{cl} = \text{Kıyafet yüzey sıcaklığı, } ^\circ\text{C}$$

$$t_a = \text{Çevre hava sıcaklığı, } ^\circ\text{C}$$

Serbest taşınım için h_c kıyafet (t_{cl}) ve hava (t_a) arasındaki sıcaklık farkına dayalıdır:

$$h_c = 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} \quad \text{W/m}^2$$

$$h_c = \text{Taşınım ile ısı transfer katsayısı, W/m}^2\text{K}$$

$$t_{cl} = \text{Kıyafet yüzey sıcaklığı, } ^\circ\text{C}$$

$$t_a = \text{Çevre hava sıcaklığı, } ^\circ\text{C}$$

Zorlanmış taşınım için ise h_c hava hızına bağlı olarak değişim gösterir [18]:

$$h_c = 12.1 \sqrt{V_{ar}} \quad \text{W/m}^2$$

h_c = Taşınım ile ısı transfer katsayısı, W/m^2K

V_{ar} = Hava hızı

Çoğu durumda serbest taşınım $V_{ar} < 0,1$ m/sn olduğunda gerçekleşir. Taşınım ile ısı değişiminden söz ederken hava hızının da vurgulanması gereklidir. Çünkü bir birey yürürken ya da kollarını ve bacaklarını hareket ettirdiği herhangi bir aktivite gerçekleştirirken hava hızını artırır ve bu artan hava hızı da taşınım ile ısı kaybı katsayısı olan h_c 'nin artmasına neden olur [11,18,29].

1.3.3. Termal Konfor Koşulları

Termal konforu sürdürmek için öncelikle üç ana koşulun yerine getirilmesi gerekir. Bunlardan ilki insan vücudunun ısı dengesidir. Bu, konfor için zorunlu ama yetersiz bir koşuldur, örneğin terleme ısı dengesine yol açabilir ama rahatlığı sağlayamayabilir.

a. Termal denge

$$\text{ısı kaybı oranı} = \text{ısı üretim oranı} \rightarrow f(H, I_{cl}, t_a, t_r, P_a, V, t_s, E_{sw}) = 0$$

H = Birim vücut yüzey alanı başına iç ısı üretimi, W/m^2

I_{cl} = Kıyafetlerin termal direnci, clo

t_a = Hava sıcaklığı, $^{\circ}C$

t_r = Ortalama radyant sıcaklık, $^{\circ}C$

P_a = Çevre havanın su buhar basıncı, Pa

V = Hava hızı, m/sn

t_s = Deri sıcaklığı, $^{\circ}C$

Farklı aktivite seviyelerindeki bir grup kişiyi içeren deneyler termal konfordaki bireylerin aktivite seviyelerinin işlevi olarak ter kesiti ve vücut sıcaklığının ortalama değerlerini belirlemek için uygulanır. Sonuçlar aşağıdaki şekillere dönüştürülür:

$$t_s = f(H) \quad ^{\circ}C$$

t_s = Deri sıcaklığı, $^{\circ}C$

H = Birim vücut yüzey alanı başına iç ısı üretimi, W/m^2

Bu denklemde deri sıcaklığı (t_s) bireyin o anda yaptığı aktivitenin fonksiyonu olarak değişir.

b.Ortalama deri sıcaklığı

Konforun sağlanması için uygun seviyesinde olması gereklidir. Ortalama deri sıcaklığı yüksek aktivitelere ulaştıkça düşer. Aşağıda deri sıcaklığı ve metabolizma ilişkisini ortaya koyan bir ifade yer almaktadır [11]:

$$t_s = 35,7 - 0,0275(H - W) \quad ^\circ\text{C}$$

t_s = Deri sıcaklığı, $^\circ\text{C}$

H= Birim vücut yüzey alanı başına iç ısı üretimi, W/m^2

W=etkin mekanik güç, W/m^2

c.Terleme

Konfor ayrıca aktivite ve metabolik oranın bir işlevi olan istenen terleme oranının da bir fonksiyonudur. Terleme düzeyini belirlemek için kullanılan denklem aşağıda verilmiştir [11]:

$$E_{sw} = 0,42(H - W - 58,15) \quad \text{W/m}^2$$

E_{sw} = Terin buharlaşmasıyla meydana gelen ısı kaybı, W/m^2

H= Birim vücut yüzey alanı başına iç ısı üretimi, W/m^2

W=etkin mekanik güç, W/m^2

Deri sıcaklığı ve terleme düzeyi termal konforun ikinci ve üçüncü temel koşulu olarak sunulur. Termal konfor çok sayıda etkenin belirli sınırlar içindeki birleşimi ile elde edilir. Daha sade biçimde anlatmak gerekirse; termal konfor koşullarını araştırırken tek tek etkenlerin sınırlarını değil, etkenlerin belirli sınırlar içindeki birleşimlerini aramak gereklidir [2,3,11,18].

1.3.4. Termal Konfor Denklemi

Standartlarda bireylerin Ortalama Tahmini Oyunu (PMV) ve Memnuniyetsizlerin Tahmini Yüzdesini (PPD) hesaplamak için çeşitli denklemler sunulmuştur. Yapılan çalışmada kaynak olarak kullanılan ISO 7730 Standardında yer alan aşağıdaki ilk dört

denklem PMV'yi hesaplamak için kullanılırken beşinci denklem ise PPD hesabı için kullanılır [2].

$$PMV=[0,303.\exp(-0,036.M)+0,028].\{(M-W)-3,05.10^{-3}.[5733-6,99.(M-W)-P_a]-0,42.[(M-W)-58,15]-1,7.10^{-5}.M.(5867-P_a)-0,0014.M.(34-t_a)-3,96.10^{-8}.f_{cl}[(t_{cl}+273)^4-(t_r+273)^4]-f_{cl}.h_c.(t_{cl}-t_a)\} \quad (1)$$

$$t_{cl}=35,7-0,028.(M-W)-I_{cl}.\{3,96.10^{-8}.f_{cl}[(t_{cl}+273)^4-(t_r+273)^4]+f_{cl}.h_c.(t_{cl}-t_a)\} \quad (2)$$

$$h_c=\begin{cases} 2,38.|t_{cl}-t_a|^{0,25} & \text{için } 2,38.|t_{cl}-t_a|^{0,25}>12,1.\sqrt{V_{ar}} \\ \{12,1.\sqrt{V_{ar}} & \text{için } 2,38.|t_{cl}-t_a|^{0,25}<12,1.\sqrt{V_{ar}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl}=\begin{cases} 1,00+1,290 I_{cl} & \text{için } I_{cl}\leq 0,078 \text{ m}^2.\text{K/W} \\ \{1,05+0,645 I_{cl} & \text{için } I_{cl}>0,078 \text{ m}^2.\text{K/W} \end{cases} \quad (4)$$

$$PPD=100-95.\exp(-0,03353.PMV^4-0,2179.PMV^2) \quad (5)$$

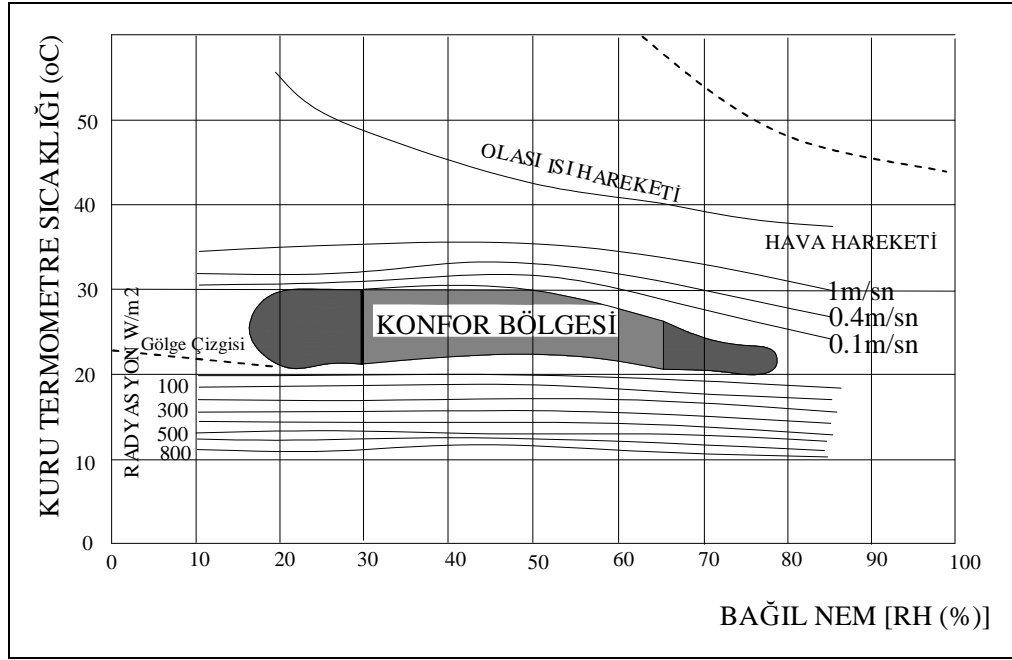
PMV=tahmini ortalama oy	PPD=memnuniyetsizlerin tahmini yüzdesi
M=metabolik oran (W/m ²)	W=etkin mekanik güç (W/m ²)
P _a =kısmi su buhar basıncı (P _a)	t _a =hava sıcaklığı (°C)
t _{cl} =kıyafet yüzey sıcaklığı (°C)	f _{cl} =kıyafet yüzey alan faktörü
h _c =konv. ısı trans. katsayısı [W/(m ² .K)]	V _{ar} =bağlı hava hızı (m/sn)
I _{cl} =kıyafet yalıtımı (m ² .K/W)	t _r =ortalama ışınım sıcaklığı (°C)
1 met= 58,2 W/m ²	1 clo = 0,155 m ² .°C/W

ISO 7730 Standardına göre düzenlenen ve Ek 4'de sunulan iç mekân termal konfor düzeyini hesaplamak için önerilen çalışma programı da bu denklemlere dayanılarak hazırlanmıştır. Yapılan çalışmada dersliklerin mevcut termal konfor düzeyinin belirlenmesinde kullanılan PMV ve PPD göstergeleri bu program ile elde edilmiştir.

1.3.5. Konfor Bölgesi ve Çeşitli Konfor İndisleri

Kabul edilir termal konfor koşul aralığı genellikle konfor bölgesi olarak ifade edilir. Bu konfor bölgesinin sıcaklık limitleri, %90 kabul edilirlilik için, $(T_n-2.5)^0C$ 'den $(T_n+2.5)^0C$ 'ye göre T_n (termal konfor sıcaklığı) üstünde bir değer olarak alınabilir.

Olgıyay 1953'te ortasında kanat şekilli konfor bölgesinin yer aldığı yatay aks üzerinde bağıl nem (RH), düşey aks üzerinde ise kuru termometre sıcaklığının bulunduğu biyoklimatik çizelgeyi yayınlamıştır. Çizelgenin yukarısındaki eğriler hava hareketinin nasıl üst sınırlara ulaşabileceğini ve alt çizgiler ise radyasyon yayılmasını gösterir (Şekil 9) [8].



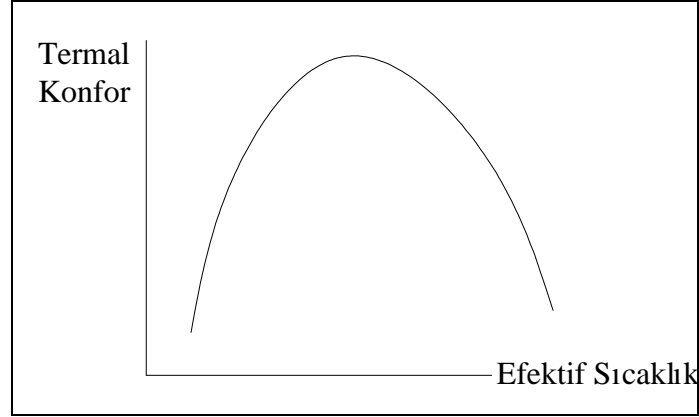
Şekil 9. Olgıyay'ın sıcak iklimlere göre uyarlanan biyoklimatik çizelgesi [8].

Termal konfor sıcaklık dışında başka üç değişkenden daha etkilendiği için, bu değişkenlerin dördünün (ya da en azından bir kaçının) bileşik etkisini ifade eden konfor indeksini tek bir şekilde ifade etmek için 1900'lerin başlarından beri denemeler yapılmıştır. Bu konfor indislerinin ilki 1923'te Houghten ve Yagloglou tarafından önerilen etkin sıcaklıktır[8].

Efektif Sıcaklık (ET*) ve Standard Efektif Sıcaklık (SET*) genellikle kabul edilen son konfor indeksidir.

1.3.5.1. Efektif Sıcaklık (ET*)

Efektif sıcaklık indeksi ET*, Houghton ve Yagloglou tarafından geliştirilmiştir. Efektif sıcaklık indeks değeri olarak standart çevrenin sıcaklık olgusunu kullanır (Şekil 10).



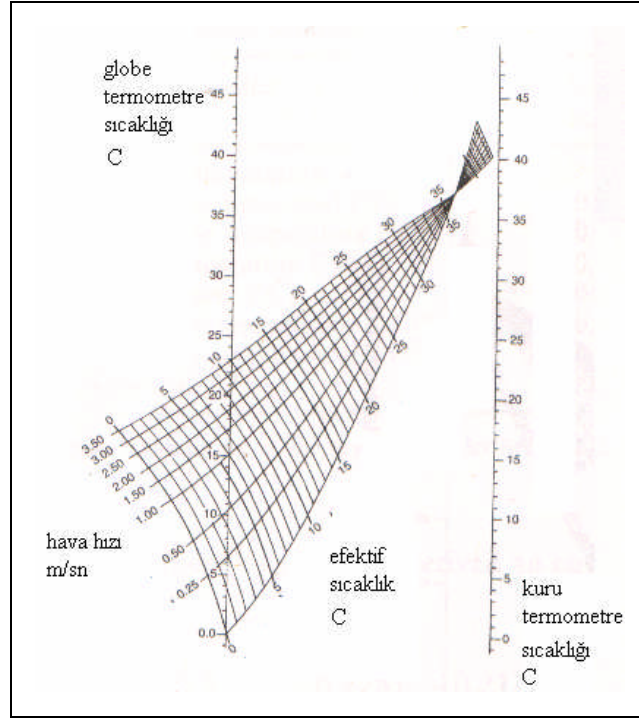
Şekil 10. Termal konfor ile efektif sıcaklık indeksi ilişkisi [17].

Böyle bir ilişki biçiminde kesin bir dönme noktası olduğundan tasarımcının amaçladığı ideal fiziksel büyüklüğü bulma olanağı olacaktır. Ancak bu dönme noktası bireye bağlı birçok özelliğe göre farklılıklar gösterir.

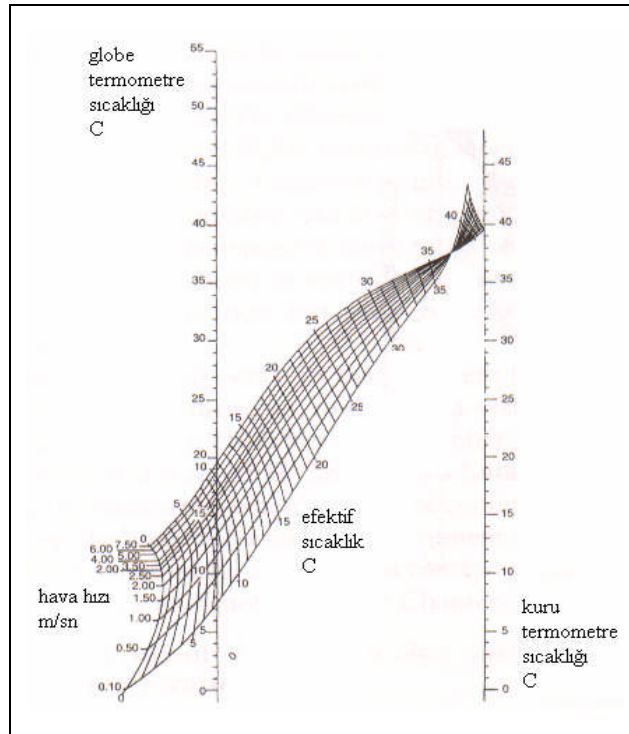
Bu farklılaşmayı doğuran değişkenler şöyle sıralanabilir[17];

- Irk
- Cinsiyet
- Yaş
- Çevrede egemen olan renkler
- Çevredeki nüfus yoğunluğu
- Beslenme ve beslenme alışkanlıkları
- Gün içindeki zaman

Efektif sıcaklık (ET*) gerçek çevreyle aynı sıcaklık duyarlılığını sağlayacak durgun havayı içeren standart bir çevrenin sıcaklığıdır. Bu standart çevredeki kişi gerçek çevredeki gibi giyinme ve aktiviteye sahiptir. ET indeksi için iki çizelge geliştirilmiştir: ilki beline kadar soyunuk bir kişi için (basit efektif sıcaklık, BET) (Şekil 11) diğeri ise normal olarak giyinik insanlar içindir (normal efektif sıcaklık, NET) (Şekil 12).



Şekil 11. Efektif sıcaklık basit ölçeğini gösteren çizelge [11]



Şekil 12. Efektif sıcaklık normal ölçeğini gösteren çizelge [11]

İndeksin doğruluğunu sınamak için radyasyonun da hesaba katılmasını sağlayan çok sayıda metod önerilmiştir. Genellikle kabul edilen yöntem 150 mm çapında bir küreyi globe termometre için kullanan yöntemdir. Bu indeks geliştirilerek düzeltilmiş efektif sıcaklık (CET) ismini almıştır. Hem ET hem de CET dünya çapında kullanılan bir konfor indeksidir [11].

1.3.5.2. Standart Efektif Sıcaklık (SET*)

Standart efektif sıcaklık (SET*) sayısal olarak standart bir çevredeki standart bir insanla ilişkili silindirin maruz kaldığı termal baskıyı elde etmede kullanılır. SET* fiziksel girdi değişkenlerinin herhangi bir kombinasyonunda çevreler arasında termal karşılaştırma avantajlarına sahiptir, ama dezavantajı ise standart insan gerektirmesidir [2,11,18,24,30,31,32].

1.3.5.3. Sonuç Sıcaklık (RT)

Fransa'da Missenand tarafından geliştirilen bir indekstir. Missenand insan vücudunun yanıtlarına karşılık verecek uygun boyuttaki ıslak ve kuru globe termometre kullanan araştırmacılardan biridir. Sonuç sıcaklığı için 100 mm çapındaki bir küre kullanılmıştır [11].

1.3.5.4. Eşdeğer Sıcaklık (EqT)

Duften insan vücudunun termal davranışını karşılamak için ısıtılmış siyah bakır bir silindiri önermektedir ve onun sıcaklığını da eşdeğer sıcaklık olarak adlandırmaktadır.

Duften kendi termal konfor ölçeğini kullanarak bir dizi termal indeks değeri ile kişisel yargıları sınamı. Bu verileri kullanarak kendi eş değer sıcaklık indeksi için aşağıdaki denklemi geliştirdi [11].

$$t_{eq} = 0.522t_a + 0.478t_r - 0.21\sqrt{V}(37.8 - t_a)$$

t_{eq} = eşdeğer sıcaklık indeksi

t_a = Çevre hava sıcaklığı, °C

t_r = Ortalama ışıınım sıcaklığı, °C

V= Hava hızı, m/sn

Bu terim daha çok araçlar için termal konfor indeksi olarak uyarlandı. Bu ısıtılmış termal mankenlerin de kullanımına ve taşıt kullanıcıları için araç termal koşullarının dağılımını incelemeye olanak sağladı.

1.3.5.5. Termal Duyarlılık Ölçeği ve PMV-PPD Göstergeleri

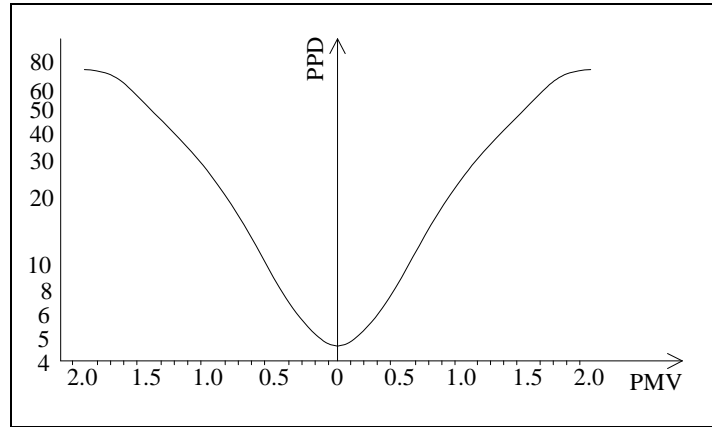
Fanger, 7-nokta termal duyarlılık ölçeği ile çok sayıda bireyden oluşan bir topluluk için en az % 80'lik memnuniyeti sağlayacak konfor sıcaklığını tahmin etmeye çalışmıştır. Konfor bölgesi için +1,0,-1 oylarını konforlu olarak nitelendirmiştir [3]. Bu değerler Tablo 4'de gösterilmiştir, [4].

Tablo 4. Bazı termal konfor duyarlılık ölçekleri

Bedford		ASHRAE	
Çok Daha Ilık	1	Soğuk	1
Çok Ilık	2	Serin	2
Konforlu Olarak Ilık	3	Biraz Serin	3
Konforlu	4	Nötr	4
Konforlu Olarak Serin	5	Biraz Ilık	5
Çok Serin	6	Ilık	6
Çok Daha Serin	7	Sıcak	7
Fanger*		Rohles ve Nevins	
		Çok Soğuk	-4
Soğuk	-3	Soğuk	-3
Serin	-2	Serin	-2
Biraz Serin	-1	Biraz Serin	-1
Nötr	0	Nötr	0
Biraz Ilık	+1	Biraz Ilık	+1
Ilık	+2	Ilık	+2
Sıcak	+3	Sıcak	+3
		Çok Sıcak	+4
		Izdırap Verici	+5

Çalışmamızda kullanmış olduğumuz termal konfor duyarlılık ölçeği Fanger 7-nokta termal konfor duyarlılık ölçeğidir.

PMV modeli öncelikle çok sayıda insandan oluşan bir grubun termal duyarlılığını tahmin etmek için tasarlanmıştır. Bu tür gruplarda bireyler arasında kişilerin o anki psikolojik halleri, kıyafet seçimleri ve diğer kişisel parametrelerinden kaynaklı yaklaşık 2°C ya da termal duyarlılık ölçeğinde bir birim kadar farklılık görülebilir. Bu yüzden mekândaki termal çevre PMV modeline göre oluşturulursa, bu mekândaki bireylerin bazılarının termal olarak memnuniyetsiz olmaları olasıdır. İnsanlar arasındaki bu fark yine Fanger tarafından geliştirilen PPD göstergesi ile ifade edilir. PMV göstergesiyle tanımlanan konfor sıcaklığında PPD göstergesi kullanıcıların %5'inin hâlâ termal çevreden memnun olmadığını gösterir (Şekil 13). Bu yüzden PMV modeli kullanıcıların çoğunluğu için memnuniyet verici sıcaklık aralığını belirlerken, tüm kullanıcıların termal olarak aynı koşullarda memnun olabileceğini düşünmek doğru değildir [2,3,11]. Buna göre derslikler gibi kullanım yoğununa sahip iç mekânlarda yapılan termal konfor çalışmaları için en uygun araştırma yöntemi PMV ve PPD modelidir.



Şekil 13. Memnun olmayanların tahmini yüzdesi (PPD) değerinin tahmini ortalama oy (PMV) değerinin fonksiyonu olarak değişimi [ISO 7730:2005(E)].

PMV modeli, ikincil olarak kullanıcıların bir iç mekânda kendilerini ne kadar sıcak ne kadar soğuk hissettiğini ölçmeye dayalıdır. Fakat içerik olarak termal duyarlılık; termal memnuniyet (termal koşullarla memnunuz/memnunuz değilim), termal kabul edilebilirlik (termal koşullar kabul edilir/ kabul edilemez), termal konfor (konforlu/konforsuz hissediyorum) ve termal tercihten (daha sıcak/daha serin olmasını isterim) farklıdır.

Termal duyarlılık basit olarak kullanıcının içinde bulunduğu ortamın sıcaklığını değerlendirmesiyle ölçülür. -1, 0, +1 değerlerinin termal duyarlılıkta memnuniyeti gösterdiği varsayılır [30,31]. Yapılan çalışmada da mekânın termal açıdan konfor düzeyinin belirlenmesinde -1, 0, +1 değerlerinin kullanıcı memnuniyetini sağladığı kabul edilmiştir.

1.3.6. Bölgesel Termal Konforsuzluklar

Bu tezde kullanılan PMV ve PPD indisleri bir bütün olarak vücut için sıcak ve soğuk konforsuzluğu anlatır. Ama termal memnuniyetsizlik ayrıca vücudun belli bir parçasının istenmeyen soğuma veya ısınmasıyla meydana gelebilir. Yerel termal konforsuzluk ayrıca akım (cereyan), ayak bileği ve boyun seviyesi arasında yüksek düzey sıcaklık farklılıkları, çok sıcak ya da çok serin döşemeler ya da çok yüksek asimetric radyant sıcaklıklardan kaynaklanabilir. Yerel konforsuzluk kaynağına bağlı olarak %5-%20'lik bir aralıktaki memnuniyetsizlik yüzdesi makul değer olarak kabul edilir. Genel termal konforsuzluk bir birey tüm vücudunu konforsuz hissettiği zaman meydana gelirken, birey vücudunun belli bir parçasını konforlu diğer bir vücut parçasını ise konforsuz hissettiği durumlarda bölgesel konforsuzluk meydana gelir. Yerel termal konforsuzluğu etkileyen parametreler aşağıda verilmiştir [2,4,18,33,34]:

- Akım (cereyan)
- Asimetric radyasyon
- Hava sıcaklığındaki düzey farklılıklar
- Döşeme sıcaklığı

Bu parametreler bireyin kendini termal açıdan daha konforlu veya konforsuz hissetmesinde önemli etkenlere sahiptir.

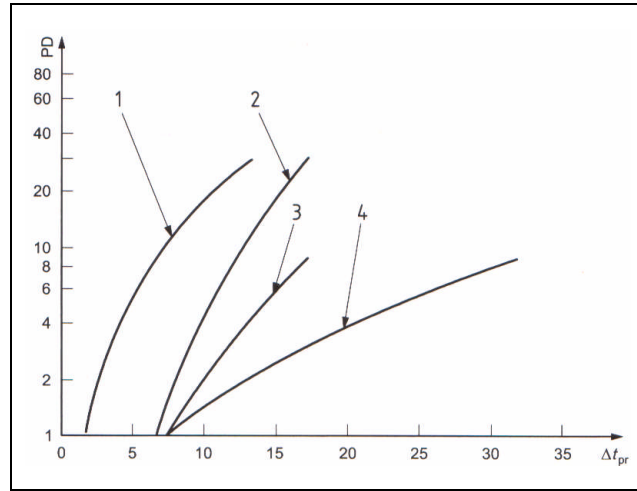
1.3.6.1. Akım (Cereyan)

İç mekân çevrelerinde en yaygın şikâyet konusudur. İnsanın mekân içerisinde hissettiği ısı kaybıdır. Bu ısı kaybı ortalama hava hızı, hava sıcaklığı ve türbülansa bağlı olarak değişir. Aynı oranda ısı kaybı olsa bile, yüksek türbülans bireyin kendini daha konforsuz hissetmesine neden olur.

Mekândaki hava hareketi sıcak koşullar altında konforu geliştirebilir, fakat daha serin koşullar için akım (cereyan) tehdidi oluştururlar. Akımın duyarlılığı ayrıca hava sıcaklığına bağlı olduğu için, daha düşük hava sıcaklığında daha çok sayıda birey mekânın termal koşulları ile memnuniyetsiz olabilir. Akım hava hareketinin neden olduğu vücudun istenmeyen yerel soğuması olarak tanımlanır. Akımın oluşturduğu rahatsızlık nedeniyle memnuniyetsiz insanların tahmini yüzdesi yerel hava sıcaklığı, hava hızı ve türbülans yoğunluğunun bir fonksiyonudur [2,32].

1.3.6.2. Asimetrik Radyasyon

Asimetrik radyasyon sıcaklığı konforsuzluğun oluşmasında önemli etkenlerden biridir. Sıcak tavanlar, soğuk duvarlar büyük oranda konforsuzluk sebebidir. Sıcak, soğuk yüzeyler ve direkt güneş ışığı nedeniyle vücut etrafındaki tekdüze olmayan termal radyasyon alanla ilgilidir (Şekil 14).



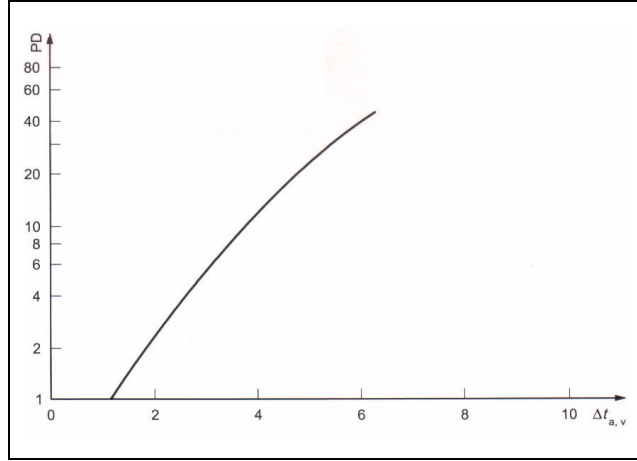
Şekil 14. Işınım sıcaklığı asimetrisiyle meydana gelen bölgesel termal konforsuzluk [2]

- PD : memnuniyetsizlerin yüzdesi (%)
 Δt_{pr} : döşeme sıcaklığı (°C)
 1 Ilık tavan
 2 Serin duvar
 3 Serin tavan
 4 Ilık duvar

%5'lik memnuniyetsizliğe izin vererek, standart bu kaynaklara ve vücudun farklı duyarlılıklarına karşı çıkarak sıcak ya da serin duvar ve sıcak ya da serin tavan için ayırıcı fiziksel sınırları sağlar. Örneğin; insanlar sıcak tavan ya da serin duvar (pencere gibi) nedeniyle oluşan asimetrik ışınlama oldukça duyarlıdırlar [2,18,32].

1.3.6.3. Hava Sıcaklığındaki Düşey Farklılıklar

Düşey hava sıcaklık farkı boyun ve ayak bileği seviyesi arasındaki hava sıcaklık farkıdır. %5'lik memnuniyetsizlik kriterine dayanarak, kabul edilebilir sıcaklık farkı 3°C 'dir [2].



Şekil 15. Düşey hava sıcaklığı farkından kaynaklanan bölgesel termal konforsuzluk [2]

PD: memnuniyetsizlerin yüzdesi (%)

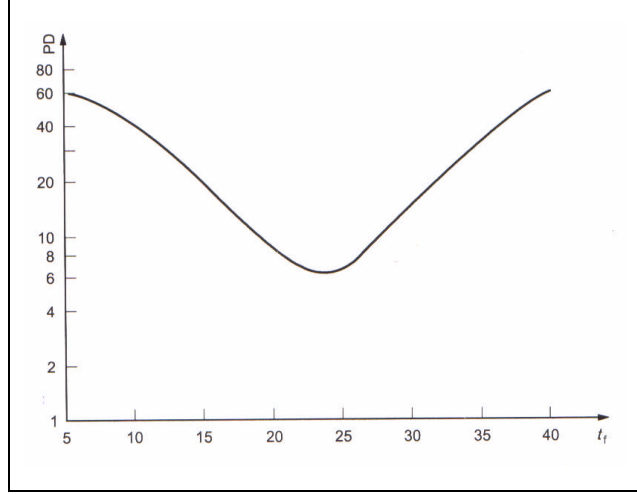
$\Delta t_{a,v}$: ayak ve boyun arasındaki hava sıcaklığı farkı ($^{\circ}\text{C}$)

Şekil 15'de ISO 7730 Standardı'na göre düzenlenen düşey hava sıcaklığı farkıyla oluşan bölgesel termal konforsuzluk oranı eğrisi yer almaktadır.

1.3.6.4. Döşeme Sıcaklığı

Eğer döşeme çok sıcak ya da çok serinse kullanıcılar sıcak ya da serin ayak nedeniyle kendilerini konforsuz hissederler. %10'luk memnuniyetsizlik kriterine

dayanarak, kabul edilir döşeme sıcaklık aralığı 19-29⁰C'dir (insanların normal iç mekan ayak giyiminde oldukları düşünülerek) (Şekil 13). Bu standart insanların yalınayak olduğu ya da döşemeye oturduğu durumlar için geçerli değildir [2,34].



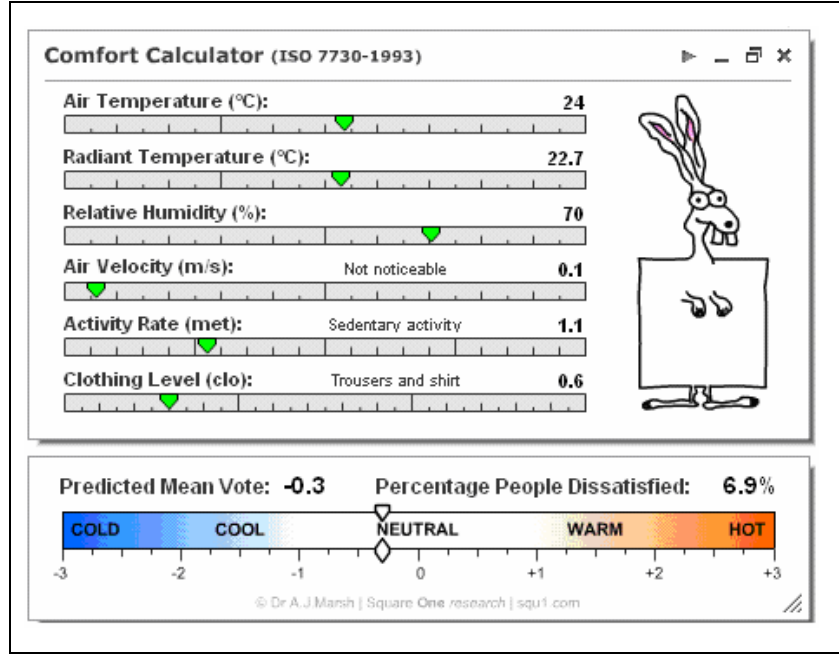
Şekil 16. Ilık ya da soğuk döşemelerle meydana gelen bölgesel termal konforsuzluk [2]

PD : memnuniyetsizlerin yüzdesi (%)

t_f : döşeme sıcaklığı (⁰C)

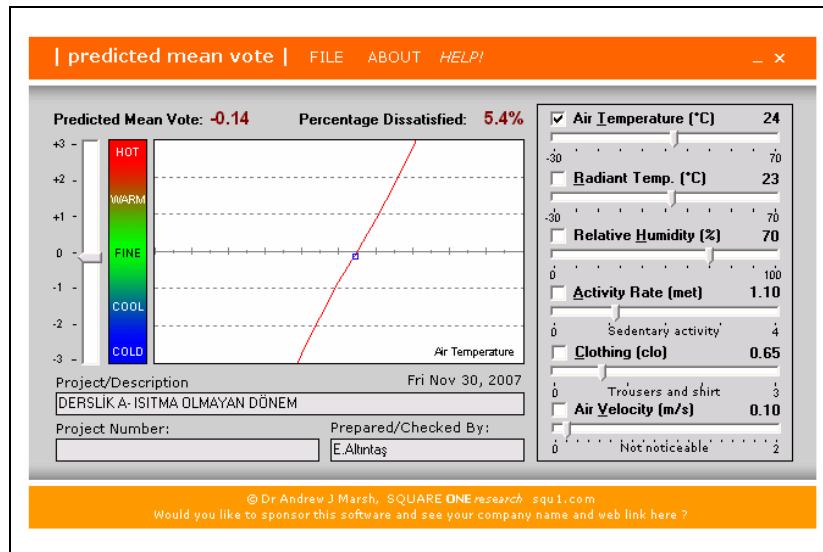
1.3.7. İç Mekân Termal Konforu Hesabında Kullanılan Bazı Mevcut Bilgisayar Programları

İç mekânlarda mevcut termal konfor düzeyinin hesaplanması için iki kişisel ve dört çevresel parametrenin veri girdisi olarak kullanıldığı ve sonuç olarak standartlara dayılı Tahmini Ortalama Oy ve Memnuniyetsizlerin Tahmini Yüzdesi değerlerinin elde edildiği çok sayıda bilgisayar programı vardır. Bunlardan bazıları aşağıda gösterilmiştir.



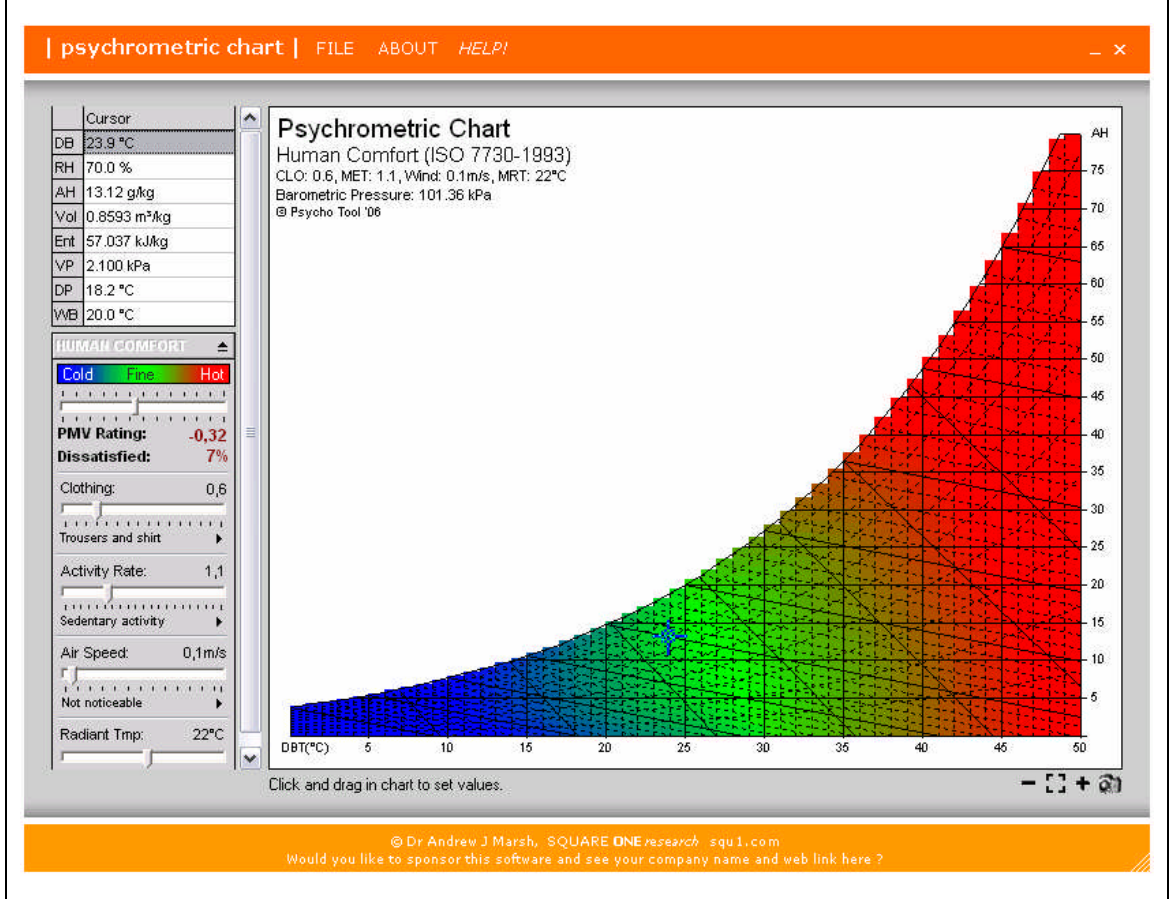
Şekil 17. Comfort Calculator [35]

Comfort Calculator adlı program ISO 7730 Standardı'na bağlı kalınarak düzenlenmiş ve Dr. Marsh tarafından geliştirilmiştir [35]. Bir mekândaki iç iklimsel değişkenlerinin değerleri ve kullanıcı aktivite seviyesi ve kıyafet termal direncinin veri girdisi olarak kullanıldığı bir termal konfor hesaplama programıdır.



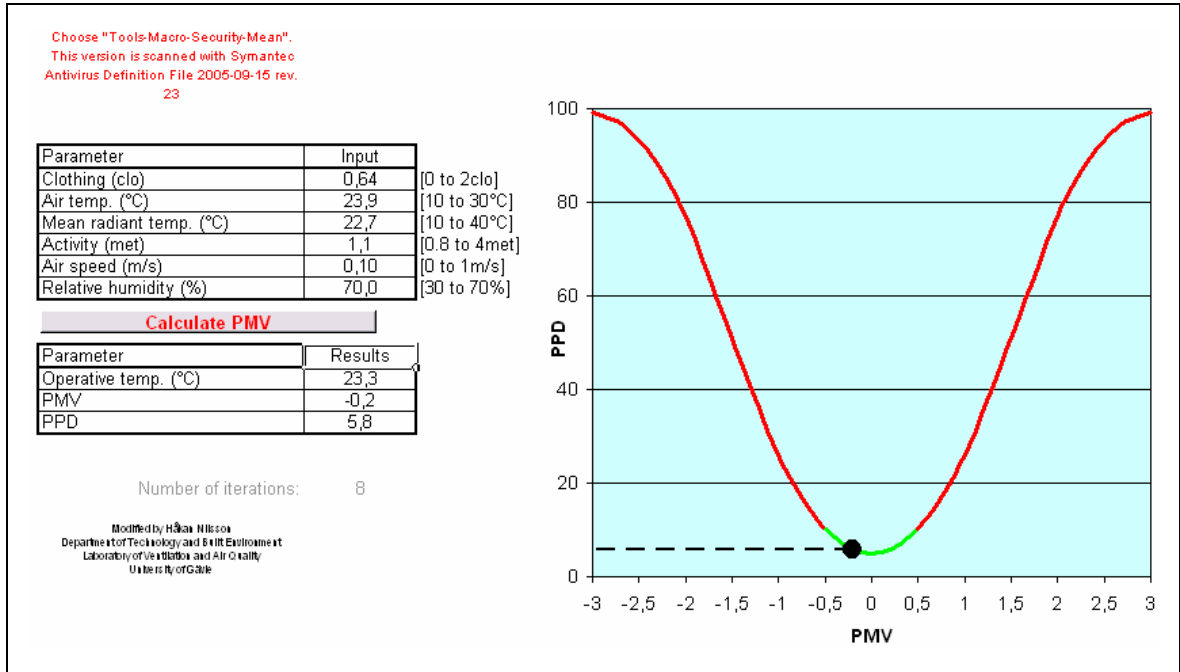
Şekil 18. Predicted Mean Vote [35]

Predicted Mean Vote ISO 7730 Standardı'na bağlı kalınarak dzenlenen, bir i mekandaki iklim değişkenlerinin değerlerinin ve kullanıcı aktivite seviyesi ve kıyafet termal direncinin veri girdisi olarak kullanıldığı bir termal konfor hesaplama programıdır.



Şekil 19. Psychrometric Chart [35]

Psychrometric Chart ISO 7730 Standardı'na bağlı kalınarak dzenlenen, bir i mekandaki iklim değişkenlerinin değerlerinin ve kullanıcıların aktivite seviyesi ve kıyafet termal direncinin veri girdisi olarak kullanıldığı bir termal konfor hesaplama programıdır.



Şekil 20. PMVcalc_v2_English [36]

PMVcalc_v2_English yine aynı altı ana değişken değerinin veri girdisi olarak girilmesiyle mekândaki mevcut termal konfor durumunu sunmak için kullanılan bir programdır. Programda bulunan sonuç PMV-PPD çizelgesi üzerindeki eğride yer alır.

Şekil 21. ET_AEE Version 1.1.12, [37]

Thermal Comfort, Educational Tools for Architectural Environment Engineering, architectural Institute of Japan (AIJ)'in geliştirdiği bir programdır. Altı ana değişken değerinin veri girdisi olarak kullanıldığı bu program da mevcut termal konfor değeri için PMV ve PPD değerlerinin elde edilmesi için kullanılabilir.

The image displays two screenshots of the myFacilities.com™ Comfort Calculator interface. The top screenshot shows the input fields for Indoor Air Temperature (24°C), Indoor Relative Humidity (50%), Typical Occupant Attire (Long-sleeve shirt, sweater, pants), and Typical Occupant Activity Level (Sedentary activity sitting, standing (office, home, school)). The bottom screenshot shows the same interface with the 'Calculate Thermal Comfort Level' button clicked, resulting in a vertical bar chart showing the thermal comfort levels: Hot, Warm, Slightly Warm, Neutral, Slightly Cool, Cool, and Cold. The 'Slightly Warm' level is highlighted, and a box indicates the 'Estimated Optimal Temperature for Comfort' is 21.4°C.

şekil 22. ComfortCalculator [38]

Comfort Calculator ASHRAE Standard 55'i referans alarak hazırlanmış bir termal konfor değerlendirme programıdır. İki ara yüzden oluşmaktadır. Birinci ara yüzde iki tane iç mekân iklimsel değerken değeri (iç mekân hava sıcaklığı ve iç mekân bağıl nemi) ve

kullanıcı aktivite seviyesi ve kıyafet yalıtım değeri veri girdisi olarak istenmektedir. İkinci ara yüzde ise girilen veriler doğrultusunda ortaya çıkan termal konfor mevcut durumu yedi nokta termal duyarlılık ölçeğinde işaretlenir ve termal konfor olması için gerekli iç mekân hava sıcaklığının yaklaşık değeri sunulmaktadır.

1.3.8. Termal Konforla İlgili Uluslararası Standartlar

- Direkt olarak termal konfor ve termal çevreyle ilişkili standartlar:

ASHRAE 55: İnsan kullanımı için termal çevre koşulları

ISO 7730: Ilımlı termal çevreler-PMV ve PPD indislerinin ve termal konfor koşullarının belirlenmesi (EN ISO 7730)

ISO 7993: Sıcak çevreler- gerekli ter oranı hesabı kullanılarak termal baskının analitiksel açıklanması ve belirlenmesi

ISO 10551: Termal çevre ergonomisi-kişisel yargı ölçeklerinin kullanılmasıyla termal çevre etkisinin değerlendirilmesi

- İç mekân çevresinin tasarımını ele alan standartlar

ASHRAE 62: Kabul edilir iç mekân hava kalitesi için havalandırma

CR 1752: Yapılar için havalandırma-İç mekân çevresi için tasarım kriteri

- İç mekân termal çevre parametrelerinin ölçümünü kapsayan standartlar

ASHRAE 55: İnsan kullanımı için termal çevre koşulları

ASHRAE 113: Oda hava difüzyonu için test metodu

ISO 7726: Termal çevre ergonomisi-Fiziksel niceliklerin ölçümü için aletler

- Kişisel faktörleri belirleyen standartlar

ISO 8996: Ergonomi-Metabolik ısı üretiminin belirlenmesi

ISO 9920: Termal yalıtım ve bir kıyafet grubunun buharlaşma direnci tahmini

Yapılan çalışmada dersliklerin mevcut termal konfor düzeyinin hesaplanmasında ve değerlerin yorumlanmasında ISO 7730 ve ISO 10551 Standartları referans olarak kullanılmıştır.

1.3.8.1. ASHRAE 55: İnsan Kullanımı İçin Termal Çevre Koşulları

Standardın amacı; alandaki kullanıcıların %80'i ya da daha fazlası için kabul edilir çevre koşullarını üretecek iç mekânın kişisel ve çevresel faktörlerinin kombinasyonlarını belirlemektir.

Standardın kapsamı aşağıdaki gibidir:

Belirtilen çevresel faktörler sıcaklık termal radyasyon, nem ve hava hızıdır; kişisel faktörler ise aktivite ve giyinmedir.

Mekan konforunun kompleks olduğu ve konfor ifade edilen faktörlerin tümünün etkileşimine yanıt verdiği için, standarttaki kriterlerin tümünün birlikte kullanılacağını ifade eder.

Standard 15 dakikadan az olmayan periyotlarda insan kullanımına açık iç mekânlarda 3000 m²'ye kadar yüksekliğe eşit atmosferik basınçta insan sağlığı için kabul edilir termal çevresel koşulları belirler.

Standard, hava kalitesi, akustik ve konfor ya da sağlığı etkileyebilecek ya fiziksel, kimyasal ya da biyolojik alan kirleticileri ve aydınlatma gibi termal olmayan çevresel faktörlerle ilgilenmez.

1.3.8.2. ASHRAE 62: Kabul Edilir İç Mekân Hava Kalitesi İçin Havalandırma

Standardın amacı; insan kullanımını için kabul edilecek ve sağlık karşıtı etkilerden sakınmak için tasarlanan iç mekân hava kalitesini ve minimum havalandırma oranlarını belirler.

Standardın kapsamı aşağıdaki gibidir:

Standard insanların kullandıkları tüm iç mekânlara uygulanır ve gereksinimler ASHRAE 62 Standardından daha büyük havalandırma miktarını ifade eder.

Standard konut banyo ve mutfak, malzeme odaları ve yüzme havuzları gibi nemin ortaya çıktığı büyük alanlarda da uygulanır.

Standard havalandırma ve iklimlendirme sistemi için gereksinimleri tarif eder ve böyle sistemlerin tasarımına yol gösterir.

Havalandırma oranı prosedürü: Kabul edilir hava kalitesi, kalite ve niceliklerin belirlendiği alanın havalandırması ile başarılıdır.

İç mekân hava kalitesi prosedürü: Kabul edilir hava kalitesi alan içinde bilinen kirletici kontrolüyle başarılıdır.

1.3.8.3. ASHRAE 113: Oda Hava Difüzyonu İçin Test Metodu

Standardın amacı; ofis gibi mekânlarda hava çıkışı sisteminin durgun-durum hava difüzyon performansını test eden tekrarlanabilir bir metot belirlemektir.

Özel bir bölgede hava hareketi ya da hava hızı ve hava sıcaklığı dağıtımını , ısıtma ya da soğutma yüklerine bağlı olan kabul edilir termal çevreyi üretmek için hava dağıtım sisteminin yetisini belirleyecek araçları sağlamak,

Bir binada hava dağıtım performansını belirlemek için hem yapı tasarımcılarına hem de yapı sahiplerine bir araç sağlamak.

Standardın kapsamı aşağıdaki gibidir:

Ofis ya da benzer yapılar gibi kullanım alanlarında hava hızı, hava sıcaklığı ve hava sıcaklık farklılıklarını belirleyecek ölçüm tekniklerini sunar.

Hem prototip hem de alan tesisatları için kullanılabilir.

Bu metot mevcut çıkışların tüm tipleri için kullanılabilir.

Metot bireysel hava mevcut çıkışlarının oranı için kullanılmaz.

Standard; kullanıcıların oturan ya da biraz aktif durumda olduklarını ve tipik iç mekân kıyafeti giydiklerini, bağıl nem ve ortalama ışınım sıcaklığının ASHRAE Standard 55 ve ISO 7730'da belirlenen sınırla içerisinde olduğunu kabul eder.

1.3.8.4. CR 1752: Yapılar İçin Havalandırma-İç Mekân Çevresi İçin Tasarım Kriteri

CR 1752, yapılar için havalandırma, CEN/TC 156 teknik komitesi tarafından hazırlanan teknik bir rapordur.

Bu teknik rapor havalandırılan yapılardaki insanlar için kabul edilir bir iç mekan çevresi sağlanmasında yardımcı olması için hazırlanmıştır. Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin uygulanması, kontrolü, kullanımını ve tasarımı için iç mekan çevre kalitesini sağlayan metotları belirtir.

CR 1752 aşağıdaki normatif dokümanlara bağlı olarak hazırlanmıştır:

EN ISO 7730: İlimli termal çevreler-PMV ve PPD indislerinin ve termal konfor koşullarının belirlenmesi (EN ISO 7730)

ISO 8996: Ergonomi-Metabolik ısı üretiminin belirlenmesi

ISO 9920: Termal yalıtım ve bir kıyafet grubunun buharlaşma direnci tahmini

ISO 11201: Akustik- Makine ve ekipmanlarla yayılan gürültü-. Üretici veya uygulayıcı pozisyonda mühendislik derecesinde gerekli ölçümlerin test kodunun hazırlanması için bir rehber sunar.

ISO 3744: Akustik- Gürültü kaynaklarının ses güç seviyelerinin belirlenmesi-Yansıtıcı bir düzey üzerinde serbest alan koşulları için mühendislik metotları.

1.3.8.5. ISO 7730: İlimli Termal Çevreler-PMV ve PPD İndislerinin ve Termal Konfor Koşullarının Belirlenmesi (EN ISO 7730)

Standardın amacı; termal duyarlılık tahmini ve konfor için kabul edilir termal çevre koşullarını belirlemeye ek olarak ılımlı termal çevreye maruz kalan insanların konforsuzluk derecelerini belirlemektir.

Standard, termal konforun meydana gelmesinden türeyen ılımlı iç mekan çevreleri ya da amacı termal konforu sağlamak olan iç mekan çevrelerine maruz kalan sağlıklı insanlar uygulanır. Hem yeni çevrelerin tasarımında hem de var olanların değerlendirilmesinde kullanılabilir. Orijinal olarak kuzey Amerika ve Avrupa'da yapılan çalışmalara bağlı olarak çıkarılmıştır, fakat onlara ek olarak ılımlı termal çevreye maruz kalan Japon deneklerin katıldığı çalışmaların da büyük katkıları olmuştur.

İnsan termal duyarlılığı aslında bir bütün olarak vücudun termal dengesiyle ilişkilidir. Bu denge çevresel parametrelere (hava sıcaklığı, ortalama ışıınım sıcaklığı, hava hızı ve hava nemi) ek olarak fiziksel aktivite ve giyinmeyle de etkilenir. Bu faktörler ölçüldüğü ya da tahmin edildiğinde, tüm vücudun termal duyarlılığı PMV indeksinin hesabıyla tahmin edilebilir.

PPD indeksi (memnuniyetsizlerin tahmini yüzdesi) verilen bir çevrede çok sıcak ya da çok soğuk hissetmesi olası olan insanların yüzde tahminiyle termal konforsuzluk üzerinde bilgi sağlar.

1.3.8.6. ISO 7726: Termal Çevre Ergonomisi-Fiziksel Niceliklerin Ölçümü İçin Aletler

Bu standart, bir çevreyi karakterize eden fiziksel niceliklerin ölçümü için aletlerin minimum özelliklerine ek olarak bu fiziksel niceliklerin ölçüm metotlarını belirler.

Bu standart kurulurken bir referans olarak kullanılır:

Çevrenin fiziksel niceliklerinin ölçümü için aletlerin üreticileri ve kullanıcıları için özellikler,

Bu niceliklerin ölçümleri için iki parça arasında yazılı bir ilişki.

İnsanlar üzerinde sıcak, ılımlı, konforlu ya da soğuk izlenim oluşturan çevrelere uygulanır.

1.3.8.7. ISO 7993: Sıcak Çevreler- Gerekli Ter Oranı Hesabı Kullanılarak Termal Baskının Analitiksel Açıklanması ve Belirlenmesi

Bu uluslararası standart, sıcak bir çevredeki bireyin maruz kaldığı termal baskının açıklanması ve analitik değerlendirilmesi için bir metot belirler. Isı dengesine ek olarak gerekli ter oranı olarak adlandırılan ve bu denge eşitliğini sürdürmek için insan vücudunun ürettiği ter oranının hesaplama yöntemini tarif eder.

Standardın ana amaçları;

Standard obje için aşırı iç sıcaklık artışı ya da su kaybına yol açan olası termal baskı koşullarının değerlendirilmesi,

Bu etkileri düşürecek ya da ortadan kaldıracak çalışma durumlarını gerçekleştirmek için ayarlamaların belirlenmesi,

Kabul edilir bir değer için fizyolojik baskıyı sınırlandırmak için gerekli izin verilir maksimum maruziyet süresinin belirlenmesi.

Bu standart aşağıdaki normatif dokümanlara dayalıdır:

ISO 7243: Sıcak çevreler-WGBT indeksine dayanarak çalışan bir insanın ısı baskısının tahmini

ISO 7726: Termal çevre ergonomisi-Fiziksel niceliklerin ölçümü için aletler

Bu değerlendirme yöntemi vücudun termal dengesini; termal çevre parametreleri: (ISO 7726'nin belirttiği özelliklere göre ölçülen hava sıcaklığı, ortalama ışınım sıcaklığı, kısmi buhar basıncı ve hava hızı) ve bu çalışma durumuna maruz kalan bireylerin ortak özelliklerinden (metabolik ısı üretimi ve kıyafet termal yalıtımı) hesaplar.

1.3.8.8. ISO 8996: Ergonomi-Metabolik Isı Üretiminin Belirlenmesi

Mekanik ve termal enerji içerisinde bir kimyasal dönüşüm olarak metabolik oran, kassal yükün enerji olarak miktarını ölçer ve sayısal bir aktivite indeksi verir. Metabolik oran bilgisi insan ısı ayarlama değerlendirmesi için metabolik ısı üretimini ölçmede gereklidir.

Bu standart aşağıdaki iki standarda bağlı olarak yayınlanmıştır:

ISO 7933: Sıcak çevreler- Gerekli ter oranı hesabını kullanan termal baskının açıklanması ve analitik belirlenmesi.

ISO 9886: Ergonomi- Fizyolojik ölçümlerle termal baskının değerlendirilmesi.

1.3.8.9. ISO 9920: Termal Yalıtım ve Bir Kıyafet Grubunun Buharlaştırma Direnci Tahmini

Soğuk, nötr ve sıcak çevrelerdeki insanın termal dengesi giyilen kıyafetle etkilenir. İnsan termal baskısını değerlendirmek için bireyin içinde bulunduğu çevre özelliğine ek olarak giydiği kıyafet grubunun termal özelliklerinin de bilinmesi gerekir, yani; termal yalıtım (I_{cl}) ve buharlaştırma direnci (R_T).

Soğuk-yalıtım indeksi (ISO/TR 11079)

Nötr-PMV-PPD indeksi (ISO 7730)

Sıcak-gerekli ter oranı indeksi (ISO 7933)

Bu uluslar arası standart, bilinen kıyafet ya da tekstil gruplarının değerlerine dayanarak, kıyafet grubunun durgun-durum termal özelliklerinin değerlendirilmesi için uygulanabilecek yöntemleri belirler [2,18,22,31].

1.3.9. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

İlk olarak 'konfor bölgesi' terimi 1913–1923 dönemi sırasında prof. John Sheppard tarafından kullanıldı. 1923'te Houghten ve Yaglou kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nemi tek bir indekste birleştirerek ET (etkin sıcaklık) terimini kullanmıştır. İlk konfor çizelgesi 1924'te, iklimlendirmeli konfor için ilk minimum kod ise 1938'de ASHVAE raporunda yayınlanmıştır. Konu önemli olduğu ve uzun dönem programlarının gerektirdiği için, ilk ASHRAE Araştırma laboratuvarı 1956'da Cleveland'da Koch, Jennings ve Humphreys

geliştirildi. 1958'de insan konforu üzerine ilk veri üretilmiş ve insan kullanımını için termal çevre koşulları üzerine ASHRAE Standardı ilk olarak 1966'da yayımlanmıştır [39].

Sprague ve McNall [38] tarafından gerçekleştirilen çalışma, termal konfor üzerine sıcaklıktaki dalgalanmaların etkisini inceledi. Hava hızı 0,001 m/sn ya da 0,15 m/sn'de sabit tutuldu. Ortalama radyant sıcaklık 25⁰C'de sabitlendi ve testler için ortalama kuru termometre sıcaklığı 26⁰C'ydi. Kuru termometre sıcaklığının periyodik olarak dalgalandığı koşullandırılmış alanlar için sıcaklık dalgalanması nedeniyle kullanıcıların ciddi şikâyetlerinin olmadığı sonucuna vardılar.

McIntyre [39] elektrik kurumu araştırma merkezinde (ECRC) bireysel sıcaklık tercihini belirlemek için bir deney yürüttü. ECRC'den 15 erkek memur denek olarak kullanıldı. Denekler uzaktan idare edildi ve kendi tercih ettiği sıcaklıkları seçmelerine izin verildi. İki başlangıç sıcaklığı (26⁰C ve 19⁰C) kullanıldı ve iki saatlik bir dönemin ilk bir buçuk saati için korundu. Hava hızı 0.1 m/sn'den daha azdı. McIntyre insanların tercih sıcaklıklarının odadaki ilk sıcaklıktan etkilenmediğini buldu. Bir deneğin tercih sıcaklığı deneğin direkt kontrolüne izin verilmesiyle ve Bedford sıcaklık ölçeğinin değerlendirilmesinden (Standard termal duyarlılık ölçeğinin bir benzeri) belirlendi. Aynı denekleri kullanan iki ayırıcı test sıcaklık tercihinde 1.5 ⁰C'lik bir farklılıkla sonlandı. McIntyre tarafından yürütülen çalışma deneklerin 30⁰C'de yaklaşık 2m/sn' lik bir maksimum hava sıcaklığıyla yükselen hava hızlarını seçtiğini gösterdi. Teste 11 denek katıldı. Bu çalışmadan 22⁰C'den 30⁰C'ye bir sıcaklık aralığı belirlendi ve bağıl nem %50'de sabit tutuldu. Kadın ve erkek deneklerin kıyafet yalıtımı sırasıyla 0.38 clo ve 0.48 clo'ydu. McIntyre'e göre; soğutma etkisi hızın karekökü olarak artarken, hava akımının sertliğinin hissedilişi hava hızının karesi olarak artar. Daha sıcak çevre sıcaklıkları için, fan hızının ayarlanması (hava hızının artması) konforsuzluğu düşürebilir. Ama konfor üst limiti 28⁰C 'ydi. 30⁰C'nin yukarısındaki bir sıcaklık için, arttırılan hava hareketi birçok hastalığa neden olabilir (yani; gürültü ve çevredeki hareketlilik artacak). Araştırmacı kullanıcının yerel hava hızını kontrol etmek için kapasitesinin olduğu sonucuna vardı.

Tanabe ve Kimura sıcak ve nemli koşullar altında termal konfor için hava hareketinin önemini inceledi. Çalışmaları iki bölüme ayrılabilir. İlk bölümde doğal olarak havalandırılmış alanda termal konfor üzerine hava hareketinin etkisini ele aldı ve önceki deneysel verilere dayandırdı. Çalışmanın ikinci bölümü için Tanabe ve Kimura zorlamayla havalandırılan alanlarda termal konfor üzerine hava hareketi dalgalanmasının etkisini inceledi. Her iki bölüme de katılan 64 denek (32 kadın, 32 erkek) vardı ve her bir testin

süresi 3 saatti. Kıyafet yalıtımının 0.5 clo olduğu tahmin edildi ve her iki bölümde, oturan aktivite (1 met) olarak düşünöldü. İlk bölüm için 0.13 m/sn 'den 1.63 m/sn 'ye altı hava hızı aralığı kullanıldı. Hava sıcaklığı 27.9⁰C'den 31.5⁰C'ye sınıflandırıldı ve bağıl nem ya %50 ya da %80'di. Bu bölüm için; Tanabe ve Kimura, hava hareketinin etkileri dış hava ile havalandırılan bir alanda değerlendirildiği zaman, kıyafet termal yalıtımının azaltılması ve deri difüzyonunun (deriden ısı kaybı ve kazanımı) düşünöleceğinin sonucuna vardılar. Üstelik 27⁰C ve %50 RH'da deneklerin tercih ettiğı hava hızı 1.0 m/sn, 29⁰C ve %50 RH'da 1,2 m/sn, 39⁰C ve %80 RH'da 1.4 m/sn ve 31⁰C ve %50 RH'da ise 1.6 m/sn'ydi. Bu çalışmada, eğer bağıl nem %50'de sabit tutulursa ve sıcaklık 27⁰C'den 31⁰C'ye çıkarılırsa, hava hızı kullanıcı konforunu sürdürmek için 1.0 m/sn 'den 1.6m/sn'ye arttırılmalıdır. Hava hızının 1.2 m/sn'den 1.4 m/sn'ye arttırılmasıyla 29⁰C'lik çevre hava sıcaklığında bağıl nem korunan kullanıcı konforuyla %50'den %80'e arttırılabilir. İkinci bölümde, Tanabe ve Kimura odada hava dalgalanmalarına neden olan bir rüzgâr kutusu kullanarak yedi farklı hava hızını test etti [39].

Rohles, Woods ve Nevins oturan deneklerin termal duyarlılıkları üzerine hava hareketi ve sıcaklığın etkisini inceledi. 90 denek (45 kadın ve 45 erkek) 3 saatlik deneyde yer aldı. Çalışma için seçilen hava hızları 0.2, 0.4 ve 0,8 m/sn ve sıcaklıklar 22, 26 ve 30⁰C olarak ayarlandı. Çalışma KSU-ASHRAE çevresel test odasında yürütöldü ve tüm katılımcılar 0.6 clo yalıtımlı KSU-ASHRAE çevresel test odası standart kıyafetini giydiler. Çalışma boyunca bağıl nem %50'ydi. Araştırmacılar ortalama deri sıcaklığının hava sıcaklığı ve hızından önemli şekilde etkilendiğini buldular. Üstelik deri sıcaklığının hava hareketi, sıcaklık ve uygulama süresiyle önemli etkileşimde olduğunu gösterdi. 3 saatlik testlerde yüksek hava hızlarında termal duyarlılık için cinsiyet farklılıklarının bir önemi olmadığı sonucuna varıldı [39].

McNall [39] 1967'de çok sayıda metabolik oranı test etti ve düşük metabolik oranlarda küçük nem etkilerini ve yüksek metabolik oranlarda artan nem etkisini buldu. Ayrıca, metabolizma arttığı zaman, terleme ve deri sıcaklığında bir artış meydana gelir. Konforsuzluk için başka bir hipotez metabolik seviyelerde periyodik varyasyonlarla ilişkilidir. Hafif metabolik seviyedeki (≤ 1.2 met) insanlar merdiven çıkmak ya da bir şeyler taşımakla met seviyelerini geçici olarak arttırabilirler. Arttırılan aktivite sırasında termal denge için daha yüksek ısı kaybı gereklidir. Eğer nem yüksekse, vücudun ısı dağıtım yetisi azalacak ve kuru çevrede vücudun üzerindeki ter oranı artacaktır. Sonuç deri sıcaklığı metabolik oran azaltıldıktan ve deri serinledikten sonra devam edebilir. Konforsuzluk

aralıklı egzersiz ya da egzersizden sonra ortaya çıkan artan deri sıcaklığıyla sonuçlandırılabilir.

Koch, Jennings ve Humphreys [40] konfor aralığında durgun hava koşulları altında sıcaklık ve neme duyarlılık yanıtları üzerine çalışma yaptılar. Çalışma Cleveland'da yer alan ASHRAE Çevre Laboratuvarında gerçekleştirildi. Üç farklı aralık için deneylerde toplamda üç grup vardı (her bir grup sırasıyla 6,8 ve 8 denekten oluşuyordu). Her bir denegin kıyafet yalıtımı 0,5 clo'ydu ve oturan aktivitedeki deneyler 0,1 m/sn daha az tek düze hava akımına maruz bırakıldılar.

Sprague ve Mc Nall oturan denegin termal duyarlılığı üzerine bağıl nem ve dalgalı sıcaklığın etkilerini araştırdı. Toplamda 96 denek (48 kadın, 48 erkek) dalgalı bağıl nem için bir teste tabi tutuldu ve 156 denek (78 kadın, 78 erkek) dalgalı sıcaklık için bir teste katıldı. Deney çevresel araştırma enstitüsünde KSU-ASHRAE çevresel test odasında yürütüldü. Denekler yaklaşık 0,6 clo'luk KSU Standard kıyafeti (pamuk kumaştan gömlek, pantolon ve çorap) giydiler. Bu test sırasında, bağıl nem hariç tüm diğer parametreler sabit tutuldu. Tüm testler için uygulama süresi 3 saatti. Bu çalışmadan, araştırmacılar bağıl nem dalgalanmasında kullanıcıların ciddi şikâyetlerinin olmadığını tespit ettiler [40].

Nevins, Gonzalez, Nishi ve Gagge konfor ve termal duyarlılık üstüne bağıl nem ve çevre sıcaklığındaki değişimlerin etkisini inceledi. Çalışmanın ilk parçası sabit %50'lik bir bağıl nemde kuru termometre sıcaklığında periyodik varsayımlara maruz kalırken, hafif ofis-tipi aktivite yapan deneklerin tercih ettiği çevre sıcaklığını belirledi. Test için ortalama hava hızı 0.25 m/sn. 11 kadın (ofis çalışanı) ve 7 erkek (kolej öğrencisi) programa katıldı. Çalışmanın ikinci bölümü, normal ofis-tipi aktivite sırasında nemin seviyesini termal konfor ve duyarlılığı nasıl etkilediğini araştırdı. 3 saatlik dönemler sırasında bağıl nem her saat değiştirilirken (%40, %60 ve %80), sıcaklık 27°C'ye sabitlendi. Araştırmacılar tüm gruplar için termal duyarlılık ve konforun 27 °C'lik sabit sıcaklıkta %40'lık bağıl nem seviyesiyle etkilenmediğini buldu. Erkekler 1,2 met'lik aktivite seviyesinde %60'tan %80'e bağıl nem artışı olduğunda daha büyük bir konforsuzluk algıladı. Buna ek olarak, %80'lik bağıl nemde konforsuzluk önemli bir şekilde erkeklerde kadınlardan fazla olduğu sonucuna varıldı [40].

Holmberg ve Wyon İsviçre'de gözlemlenen sınıflar ve iklim odalarında 9–11 yaş çocuklarını 8 gösterge kullanarak test etti: davranış, kıyafet, görünüş, konsantrasyon, hareketlilik, davranış, ısıya hissedilir yanıt ve sakıncalı sınıf hareketi. 20, 27 ev 30°C'lik üç sıcaklık test edildi ve 27°C'de (sonrasında 20 ya da 30°C) meydana gelen sınıf davranışı

üzerinde zararlı etkiler gözlemlendi. Performans sonuçları ve 27⁰C’de yorgun hisseden öğrencilerin kendiliğinden gelişen yorumlarının birleştirilmesiyle, Holmberg ve Wyon orta sıcaklıklarda (27⁰C) canlandırmayı düşürdüğü ve daha yüksek sıcaklıklarda arttığını ifade etti. Bu çalışmanın pratik sonucu sıcaklık ve davranış performansı arasında doğrusal bir yanıt olmadığı için, öğrenmenin sıcaklıktan iyi ya da kötü etkilendiğini varsayamadı. Wyon ayrıca 20-29⁰C’lik sıcaklık aralığıyla düzenlenen bir iklim odasında 17 yaşındaki bir grup lise öğrencisinin zihinsel performansı üzerinde ılımlı termal baskının etkilerini inceledi. Öğrenciler cümle tamamlama, çarpım ve kelime ezberleme işlerini yaptılar ama sonuçları doğru değildi. Konsantrasyon ve açık düşünme gerektiren cümle kavrama gibi iş performansları 26⁰C’de 23⁰C ya da 29⁰C’den daha kötüdür. Araştırmacılar terleme başlangıcının hemen altında genişleme kontrolünün limitine uygun ılımlı ısı stresinin seviyelerinde canlandırma düşürücü olarak öneri verisini değerlendirmelerine rağmen, diğer veriler ayrıca ısı stresi altında geliştirilen ve termal konfora ek sonuçlara yol açan belli görevlerin zihinsel performans üzerinde ısı etkisinin zayıf bir tahmincisi olduğunu gösterdi. Bunun gibi sonuçlar çok sayıda değerlendirme gerektirmesine rağmen, öğrenmeye zararlı sıcak çevrelerde hiçbir gösterge vermez [40].

Auliciems 1969’da İngiltere’de öğrencilerle yaptığı çalışmaya başlamadan önce dört hipotez ortaya sürdü. Bunlar;

1. Sübjektif termal konfor meteorolojik çevreden etkilenir.
2. Optimum termal çevrelerden maksimum iş verimliliğinden söz edilebilir.
3. Optimum termal çalışma koşulları termal nötral çevrelerde ya da soğuk veya ısıya karşı kan damarlarının büzüşme ayar bölgesinde yer alabilir.
4. İş verimliliği yakın termal çevreden başka atmosferik koşullarla da ilişkilidir.

Auliciems; dış mekan iklim koşulları ev gözlemlenen termal duyarlılık arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki olduğunu, optimum termal sıcaklıkların maksimum iş verimliliği için 15.0–16.5⁰C olduğunu (bu sıcaklık aralığı tüm işler için geçerli değildir), belirli görevlerde sürekli çalışma için optimum koşullar nötrden biraz serine doğru termal duyarlılık ölçeği üzerinde yer aldığını, çalışma etkinliğinin termal olmayan faktörlerle apaçık bir ilişki içinde olmadığını buldu [40].

1971’de Rohles ve Nevins [41] oturan insan için termal konfor doğasını inceledi. Testler çevresel araştırma enstitüsünde KSU-ASHRAE çevresel test odasında yürütüldü. Toplamda 1600 denek (800 erkek ve 800 kadın) kolej öğrencisi deneylere katıldı. Bu çalışma, 8 bağıl nem seviyesinin her birinde (%15, 25, 35, 45, 55, 65, 75 ve 85) 16⁰C’den

37⁰C'ye (yaklaşık 1⁰C'lik artışlarla) toplamda 20 kuru termometre sıcaklığını kapsayan 160 test koşulundan oluştu. Denekler 0,6 clo'luk KSU Standard kıyafetini giydi. Bu 160 testten, araştırmacılar 3 saatlik bir maruziyet için %15-%85 arasındaki bağıl nem ve 22⁰C-27⁰C arasındaki sıcaklıklar için deneklerin bazılarının konforlu oy verdiğini buldu. İnsanların termal çevrelerine kendilerini uyarlaması için yaklaşık 1,5 saat gerekmektedir. Bu yüzden, sonuçlar verilen termal koşulda ilk saat sırasında erkeklerin kadınlara göre daha ılık hissettiğini gösterir. Bir bağlanım analizinden Rohles ve Nevins sıcaklık, bağıl nem ve termal duyarlılık arasında oldukça olumlu doğrusal bir ilişki olduğunun sonucuna vardılar. Onlara göre; sıcaklık ve nemdeki değişimlerin eşit olduğu zaman (yani; sıcaklıkta 0,5⁰C'lik ve bağıl nemde %1'lik değişim), sıcaklık insanın nasıl hissettiğini etkilemesinde bağıl nemden 7 kat daha önemlidir. Bu yüzden kadınlar için sıcaklık bağıl nemden 9 kat daha önemlidir. 1 saatlik maruziyet için erkekler 25⁰C'lik çevre sıcaklığı ve %15'lik bağıl nemde konforlu hissederken, kadınlar 27⁰C'lik çevre sıcaklığı ve %15'lik bağıl nemde konforlu hisseder. Araştırmacılar erkek deneklerin termal çevreye kadın deneklerden daha hızlı uyum gösterdiğini sonucuna vardılar.

Hem kuru termometre sıcaklığı hem de ortalama ışıınım sıcaklığı termal çevre ve hava kalitesine katkıda bulunmaktadır. Berglund ve Cain kullanım alanında termal çevre ve hava kalitesi farkını belirlemek için bir test yürütmüştür. 20 denek (10 erkek ve 10 kadın) bu çalışmaya katıldı ve 3 aktivite gerçekleştirildi. Aktiviteler; oturarak yapılan (1met), 5 dakikalık yürüyüş-5 dakikalık oturma (2met) ve sürekli yürüyüş (3met). Sıcaklıklar, 2⁰C, 11⁰C ve 20⁰C'lik çiğ nokta sıcaklığıyla 21⁰C, 23⁰C ve 27⁰C'ydi ve 0,05m/sn hava hızı vardı. Bu testlerden hem sıcaklık (hava sıcaklığı yaklaşık 21⁰C'ye düşürüldü) hem de nemin (havanın bağıl nemi yaklaşık %20'ydi) düşürülmesiyle havanın daha taze ve daha az sıkıcı algılandığının sonucuna varıldı. Hissedilen hava kalitesi etkilenmesinde sıcaklık etkisinin nem etkisinden daha güçlü olduğu ortaya çıktı[41].

Gagge [42,43], insan vücudu ile çevresi arasındaki ısıl etkileşimin, ısı mühendisleri, tıp doktorları ve fizyolojistler olmak üzere 3 meslek grubunun ilgi alanına girdiği vurgulamaktadır. Bu nedenle çalışmalarında, insan ile çevresi arasındaki ısıl etkileşim için bu 3 meslek grubunun da kullanabileceği ortak bir birim sistemi tanımlamayı amaçlamışlardır. Gagge tarafından oluşturulan iki bölmeli anlık enerji dengesi modelinin detayları da verilmektedir.

Tanabe ve Stolwijk ısıl konfor modeline dayanan 65 noktalı ısıl model geliştirmiştir. Bu model her biri kor, kas, yağ ve deriden oluşan, ısıl manken yaklaşımına benzer 16 vücut

parçasını ele almaktadır. Modeldeki 65. nokta merkezi kan bölmesini temsil etmektedir ve bu merkez ile diğer bütün noktalar arasında kan dolaşımı yoluyla taşınım ile ısı değişimi meydana gelmektedir. Modelde taşınım ve ışınım ısı transfer katsayıları ile giysi yalıtımı değerleri ısıl manken deneylerinden elde edilen değerler olarak alınmıştır. Modelde kullanılan sabitler ve katsayılar çalışmada detaylı olarak sunulmuştur. Tanabe çalışmalarında, ayrıntılı simülasyon metodunu tanıtmış ve bir uygulama örneği sunmuştur. Bahsedilen çalışmada, 16 vücut parçası için nötr kor ve deri sıcaklıkları ile yine 16 vücut parçasına ait DuBois yüzey alanları ve vücut parçası ağırlıkları verilmiştir [44,45,46].

Sorensen [47], bir ısıl manken için detaylı ışınım özelliklerini nümerik olarak bir CFD program ile tespit etmeye çalışmıştır. Bu nümerik çalışmanın amacı, vücut parçalarının birbirleri arasındaki ve her bir vücut parçası ile ortamdaki yüzeyler arasındaki görüş faktörlerini tespit edebilmektir. CFD programda hazırlanan modelde, ısıl manken 16 parçaya ayrılmış ve eni, boyu ve yüksekliği sırası ile 2.95 m, 2.95 m ve 2.4 m olan odanın tam ortasında merkezlenmiştir. Yapılan nümerik çözümlene neticesinde her bir vücut parçasının çevre yüzeyler ile ayrı ayrı görüş faktörleri ve vücut parçalarının birbirleri ile olan görüş faktörleri tablolar halinde sunulmuş, ayrıca vücut parçalarının birbirlerine olan ışınım ile ısı transferinin küçümsenmeyecek ölçüde olduğu hesaplanmıştır.

Huizenga ve Stolwijk [48] ısıl denge modeline dayalı Berkeley konfor modelini oluşturmuştur. Oluşturulan model Stolwijk modeline dayanmakta fakat model üzerine çeşitli ve önemli gelişmeler eklemektedir. Kurulan yeni model Stolwijk modelinde 6 olan vücut parçası sayısını daha yukarıya çekebilmektedir. Modeldeki her bir vücut parçası yine kor, kas, yağ ve deri olmak üzere 4 tabaka ve bir giysi tabakası olarak ele alınmıştır. Vazodilasyon, vazokonstriksiyon, terleme ve metabolik ısı üretimi gibi fizyolojik mekanizmalar modelde net bir şekilde göz önünde bulundurulmuştur. Yine oluşturulan modelde vücudun herhangi bir parçasının araba koltuğu veya herhangi bir başka yüzeye temasından dolayı olan iletimle ısı geçişi ile vücut ile çevresi arasında taşınım ve ışınım ile olan ısı transferleri de ayrı ayrı ele alınmıştır. Işınım hesapları yapılırken ortamda bulunan yüzeyler ile her bir vücut parçası arasındaki görüş faktörü de hesaplanmıştır. Sunulan model üniform olmayan, geçici rejim durumları için insanın ısıl çevreye vereceği cevapları tahmin etmeye yatkındır.

Hardy ve Stolwijk [49], ani sıcaklık değişimlerine vücudun verdiği tepkiyi deneysel olarak incelemiştir. Çalışmalarında, 3 denek kullanmışlar ve deneklerin 43 °C sıcaklık %30 bağıl nem durumunda bulunan bir ortamdan, 17 °C sıcaklık %40 bağıl nemde bulunan

başka bir ortama geçişi durumunda vücudun verdiği tepkileri tayin etmeye çalışmışlardır. Denekler bir odadan diğer odaya çok hızlı bir şekilde, 1 dakikanın altında bir sürede geçmiştir. Denekler yine sadece şort giymiş durumdadır. Bahsedilen çalışmada, belirtilen ortamlarda bulunan deneklerin 10 ayrı vücut parçasının ortalaması olarak, ortalama deri sıcaklığı ile kor sıcaklığı ve buharlaşma ısı kayıpları sunulmaktadır.

Benzer deneyler Solwijk ve Hardy [50] tarafından bu sefer ortam sıcaklık artışı için yapılmıştır. Bu çalışmada da 3 denek kullanılmış ve deneklerin 20 °C sıcaklık %40 bağıl nem durumunda bir ortamdan, 48 °C sıcaklık %30 bağıl nemde bulunan başka bir ortama geçişi durumunda vücudun vermiş olduğu tepkiler tayin edilmiştir. Denekler deney esnasında sadece şort giymişlerdir. Sıcaklık artışı durumu için de 10 ayrı vücut parçasının ortalaması olarak, ortalama deri sıcaklığı ile kor sıcaklığının ve vücudun toplam buharlaşma ısı kaybının zamanla değişimi bahsedilen çalışmada sunulmaktadır.

Yi [51], deri üzerinde biriken ter miktarını da göz önünde bulunduracak şekilde Stolwijk çok noktalı modeli geliştirmiş ve modeli simüle ederek insan fizyolojik tepkilerini tahmin etmeye çalışmıştır. Modelde baş, gövde, kollar, eller, bacaklar ve ayaklar olmak üzere 6 vücut parçası kullanılmış ve yine her bir vücut parçasında, diğer Stolwijk modellerinde olduğu gibi, 4 ayrı tabaka kullanılmıştır. İnsan tepkilerini tahmin eden bu model giysi liflerinde su buharının adsorpsiyonunu da ele alan giysi malzemesinin nem ve ısı modeli ile birleştirilmiştir. Yani çok tabakalı giysi sistemi geliştirilmiş ve insan tepkilerini tahmin eden model ile birleştirilmiştir. Çalışmada, derideki ter birikimini de göz önüne alan bu yeni model için kullanılan matematiksel eşitlikler detaylı olarak sunulmuştur. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçları literatürde mevcut deneysel veriler ile karşılaştırmış ve uygun olduğunu göstermiştir ve modelden elde ettiği, çeşitli ortam koşulları için, deri sıcaklığının ve deriden olan buharlaşma ısı kaybının zaman ile değişimini, inceledikleri 6 vücut parçası için sunmuştur.

Stamou [52], çalışma ofisinde odaya verilen iklimlendirilmiş havanın hız ve sıcaklık dağılımını bulmak için farklı türbülans modelleri ile çözümler oluşturmuş ve bunların karşılaştırmasını yapmıştır.

Todde [53] hafif aktivite düzeyinde, termal konfor içindeki insanların yerel hava hareketlerine olan tepkisini deneysel olarak incelemiştir. Bahsedilen çalışmada cereyanın etkisi ele alınmış ve daha önceki çalışmalar ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Todde global termal konfor şartlarında insanın, arkasından boynuna doğru olan yatay türbülanslı hava hareketlerine algısını ve hissini incelemektir. Çalışmada, 6 bayan 6 erkek olmak üzere 12

denek üzerinde incelemeler standart test odasında yapılmış, denekler hafif aktivite düzeyinde bulunurken, 80 cm arkasındaki jet üfleyiciden tam boyun bölgesine doğru yatay olarak hava gönderilmiş ve çeşitli sorgulamalar ile boyun sıcaklığını tespit işlemine tabi tutulmuşlardır. Üflenilen hava sıcaklığı 22.2 °C ile 22.7 °C arasında değişmektedir. 3 tip sorgulama yapılmıştır. Birincisi hava hızı yoğunluğu olup, hava hareketi yok ile çok yüksek hava hareketi tercihleri 0 ile 4 arasında 5 ölçekten oluşmaktadır. İkinci soru boyuna gelen havanın sıcaklığı ile ilgilidir ve bu da nötrden çok soğuk şıkkına kadar 0 ile -4 arasında yine 5 ölçekten ibarettir. Üçüncü soru hava hareketi hissi ile ilgili olup, nötrden çok kötüye kadar 0 ile -3 arasında 4 ölçekten oluşmaktadır. Bu sorgulamanın yanı sıra başlangıçta deneklerin boyun sıcaklıkları tespit edilmiş ve bu sıcaklığa göre 2, 10 ve 20 dakika içerisinde farklı hava sıcaklıklarında boyun sıcaklıklarındaki düşüş tespit edilerek grafikler ile bahsedilen çalışmada sunulmuştur. Sonuç olarak, cereyanın özellikle yüksek hava hızlarında süreyle ilişkili olduğu, bayan ve erkek deneklerin cereyana olan tepkisinde farklılıklar olduğu ve bayanların erkeklere oranla daha çok etkilendiği, başlangıçta bayan ve erkek deneklerin deri sıcaklığındaki düşüş aynı iken zamanla bayanların deri sıcaklığındaki düşüşün daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

McCullough [54], 22 tipik giysi takımı için, dış ortam taşınım direnci dâhil ve hariç olarak ayrı ayrı ısı ve buharlaşma dirençleri ile buhar geçirgenlik verimlerini ısıl manken deneyleri ile tayin etmiştir. Bu parametreler, 39 ayrı kumaş türü için de ıslak sıcak plaka aparatı (sweating hot plate apparatus) ile ölçülmüştür. Çalışmada, herhangi bir giysi sistemi için ısı ve buharlaşma direnci ile buhar geçirgenlik verimini tahmin edebilen 2 boyutlu bir hesaplama modeli de geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde deneysel olarak elde edilen kumaş dirençlerinden, kumaş kalınlık verilerinden, farklı kumaş tabakalarının vücut yüzey alanını kaplama oranından ve kumaş tabakaları arasında kalan havanın kalınlığından yararlanılmıştır. Modelden elde edilen tahminler, ısıl manken deneylerinden elde edilen ölçümler ile karşılaştırılmış ve hatanın düşük olduğu görülmüştür.

Gennusa [55], güneş ışınımının ısıl konfor üzerinde etkilerinin incelendiği bu çalışmada pencerelerde yapılacak gölgelemenin ısıl konforu ne şekilde etkilediği bilgisayar simülasyonu ile araştırmıştır.

Toftum [56,57], deri nemliliğinin konforsuzluğa neden olabileceği hipotezini 5 ayrı deri nemliliği seviyesi için 40 insan üzerinde test etmiştir. Buna ek olarak, çalışma kapsamında, tek bir yüksek deri nemliliği seviyesinde kumaş malzemesinin, ortam sıcaklığının ve giysi yalıtımının konforsuzluk algısı üzerine etkisi de ele alınmıştır. Bütün

deneysel şartlarda deri nemliliği, ortamın ısı şartları ve giysi takımının deneysel buhar geçirgenliğinin kombinasyonu ile kontrol edilmiştir. Isıl nötr durumda, denekler artan deri nemliliği ile kendi deri şartlarını daha az kabul edilebilir olarak algılamışlardır. Çalışmada, derideki bağıl nemliliğin fonksiyonu olarak derideki ıslaklık sebebiyle oluşan memnuniyetsizliğin oranını tahmin edebilen bir model geliştirmiştir. Bu model, deri nemliliğinin sebep olduğu konforsuzluktan kaçınmak için gerekli iç ortam hava nemini belirlemede kullanılmıştır. Sonuç olarak ısı olarak nötr, sakin oturma konumunda insan için yüksek ortam bağıl neminin çok büyük konforsuzluklara yol açmadığı bu araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır. Toftum, insanın soluduğu havanın sıcaklığı ve neminin kabul edilebilirliğini incelemiştir. Çalışmada, solunum ile olan ısı transferinin yetersizliği sebebiyle meydana gelen memnuniyetsizliğin yüzdesini tahmin eden bir model geliştirilmiştir.

Toftum ve Fanger [57] konfor bölgesi için üst nemlilik sınırlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda daha önce geliştirilen modeller kullanılmıştır. Bu modellerden biri deri nemliliği sebebiyle meydana gelen konforsuzluğun tahminini yapan model, diğeri ise, solunum ile olan soğumanın yetersizliği sebebiyle meydana gelen konforsuzluğun tahminini yapan modeldir. Önerilen sınırlar ısı ortam şartları için varolan standartlarda tanımlanan maksimum izin verilen nemlilik sınırları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, %100 bağıl nem değerine yakın değerlerde bağıl deri nemliliği 0.54 civarında tespit edilmiş ve bu da yaklaşık %20 lik bir memnuniyetsizliği göstermiştir. Ortam bağıl nemi tespit edilirken solunum dolayısıyla oluşan konforsuzluğa daha fazla dikkat edilmesi gerektiği bahsedilen çalışmada belirtilmektedir. ASHRAE Standard 55 gibi standartlarda verilen değerler ile yapılan karşılaştırmalarda, standartlarda verilen maksimum nemliliklerin deri nemliliği bakımından çok bağlayıcı olmadığı, fakat solunum yoluyla olan konforsuzluğa sebep olmamak için bu üst sınırın bağlayıcı olduğu vurgulanmaktadır. Araştırmacılar çalışmalarında, 22°C, 24°C ve 26°C ortam sıcaklıklarında ısı ortam bağıl neminin izafi deri nemliliği üzerine etkisini de grafik olarak sunmuşlardır.

Olesen ve Parsons [58] çoğunlukla yerel konforsuzluğa yol açan cereyan (draught), dikey hava sıcaklığı farkı, zemin sıcaklığı ve ışınım asimetrisi gibi konuları da içerecek şekilde ısı konfor ile ilgili var olan ISO standartlarını ve devam eden çalışmalarını açıklamıştır. Çalışmada şu anda mevcut ısı konfor standardı olan EN ISO 7730' da yapılması gereken revizyonlar detaylı olarak sunulmuştur. Olesen ve Parsons var olan

standartlarda ısı konfor veya konforsuzluğun tüm vücut için değerlendirildiğini belirtmekte, standartlarda yerel konforsuzluğa yol açan sebeplerin de tartışılması gerektiğini vurgulamaktadır. Diğer yandan standartlarda ortam nemi ve hava hızı etkisinin güncellenmesi gerektiği de çalışmada belirtilmektedir.

Olesen ve ark. [58] yaptıkları deneylerde 16 erkek denek kullanmıştır. Deneylerde toplam ısı direnci 1.3 clo olmak üzere aynı olan 5 farklı elbise takımını ısı konfor açısından değerlendirmişlerdir. Elbiselerin toplam direnci aynı olmasına rağmen vücut üzerinde dağılımları asimetrik yani farklıdır. Yapılan deneylerde ortam sıcaklığı, denek ortalama deri sıcaklığı 33.3 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Sonuç olarak, denekler tarafından tercih edilen ortam sıcaklığının giysi yalıtım asimetrisinden çok fazla etkilenmediği belirtilmektedir. Bahsedilen çalışmada da insan vücudu 16 ayrı parçaya ayrılarak inceleme yapılmıştır.

Butera [59] vücut ile çevre arasındaki ısı transferi mekanizmalarını açıklamış ve hesaplamalar için gerekli denklemleri sunmuştur. Bahsedilen çalışmada, çeşitli aktivite düzeyleri için metabolik ısı üretimi değerleri, PMV ve PPD gibi önemli konfor indislerinin hesabı, insan vücudu ile çevre ortamdaki yüzeyler arasındaki görüş faktörünün hesap yöntemi detaylı olarak verilmektedir. Sonuç olarak ise, 58 W/m², 81 W/m², 116 W/m² ve 174 W/m² metabolik aktivite düzeyleri için 0 clo, 0.25 clo, 0.50 clo, 0.75 clo, 1 clo ve 1.5 clo giysi yalıtım durumlarında ve muhtelif hava hızlarında operatif sıcaklığa bağlı olarak PMV indisinin değişimi grafikler ile verilmektedir.

Havenith, giysi özellikleri ve metabolik ısı üretimi gibi ısı konforu etkileyen kişisel faktörler üzerinde durmuştur. Çalışmada, ısı konforun değerlendirilmesinde “Ortalama Tahmini Oy (PMV)” indisinin kullanımının çok yaygın olduğunu ve PMV indisinin en uygun tahmini için ise metabolik ısı üretimi ve giysi parametrelerinin en doğru şekilde bilinmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışma temelde üç soruya cevap arama şeklinde yapılmıştır. Bunlardan birincisi vücudun hareketli olmasının veya hava hızının giysi ısı direnci üzerine etkisi olup olmadığı ve eğer var ise bu parametrelerin standartlar ile verilen konfor tahminlerini nasıl etkilediği üzerinedir. Diğeri ise giysi buharlaşma direncinin konfor tahminleri üzerine etkisinin olup olmadığı ve eğer var ise buharlaşma direnci üzerine vücut hareketleri ve hava hızının etken olup olmadığı şeklindedir. Çalışmayı teşkil eden son soru, metabolik ısı üretimini tahmin metodlarının neler olduğu ve bunların doğruluk payı ile konfor değerlendirmelerinde ne kadar faydalı oldukları yönündedir. Sonuçlar şu şekilde sıralanabilir: Vücut hareketleri ve hava hızının giysi yalıtımı üzerine

etkisi oldukça büyüktür ve tam doğru konfor tahminleri için bu parametreler mutlaka dikkate alınmalıdır. Yüksek buharlaşma direncine sahip giysiler yüksek deri ıslaklığına sebep olabilir ve bu da konforu sınırlar, bu nedenle konfor hesaplarında giysi buharlaşma direnci ihmal edilmemelidir. Yine vücut hareketleri ve hava hızı, giysi buharlaşma direnci ve dolayısıyla deri ıslaklığı üzerine önemli derecede etkendir ve ihmal edilmemesi gerekli parametrelerdir. Tam doğru konfor değerlendirmeleri için tam doğru metabolik ısı üretimi değerleri gereklidir. ISO 8996 da verilen metabolik ısı üretimi değerlerini geliştirmek için 2 met değerinin altındaki metabolik oranlara sahip aktiviteler için daha fazla ve detaylı verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar kişisel parametrelerin ısı konforu nasıl etkilediğini sunması açısından oldukça önemlidir [59].

Kapalı mekân bağıl neminin konfor üzerine etkisi Fountain [60] tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada, daha çok yüksek nemin etkisi ele alınmış ve kontrollü odada yapılan deneyler sunulmuştur. Bahsedilen çalışmada, 3 saatlik deneyler sırasında toplam 411 denegın cevapları toplanmış ve seçilmiş 65 denekten de deri sıcaklığı ve ıslaklığı ölçümleri alınmıştır. İç ortam sıcaklığı 20 °C ile 26 °C, ortam bağıl nemi %60 ile %90 arasında değiştirilmiştir. 0.5 clo ve 0.9 clo olmak üzere iki farklı giyim durumu ele alınmış, 1.2 met, 1.6 met ve 4 met olmak üzere 3 farklı metabolik aktivite düzeyi göz önünde bulundurulmuştur. Yaklaşık 1.2 met metabolik aktivite seviyesine sahip sakin oturma esnasında nemin açık bir etkisi bulunamamış, 1.6 met ve 4 met metabolik aktivite seviyelerinde deneklerin cevaplarında farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Fakat bu farklılıkların sebebinin direkt olarak nemle alakalı olup olmadığı ayırt edilememiş, bu farklılıklara ısı dengenin ve sıcaklık denetim mekanizmalarının da sebep olabileceğinden bahsedilmiştir. Çalışmada ortaya çıkan diğer bir sonuç ise 1.6 met ve üzerindeki metabolik aktivite düzeyleri için, memnuniyetsizliği %25 değerinin altına çekebilecek hiçbir nemlilik sınırının olmadığıdır.

Hanging [61], yaptıkları çalışmada zaman ağırlıklı ısı konfor indeksi tanımlanmış ve bu indeksin diğer indekslerle karşılaştırılması yapılmıştır. CFD çözümleri yapılarak dinamik ısı konfor çalışmalarında bu indeksin kullanılmasının doğru olacağı ortaya konulmuştur.

Holz [62], çalışmalarında, bina enerji performans simülasyon programlarının ısı konforu ihmal ettiğinden bahsetmiş, bu programların temel anlamda ortam sıcaklığını kontrol etmenin ısı konforu sağlama anlamına geleceğini varsaydığını vurgulamışlardır. Bu nedenle araştırmacılar, hava hızı, ortalama ışınım sıcaklığı gibi ısı konfora etki eden

diğer parametreleri de çalışmalarında dikkate almıştır. Çalışmada, iki farklı bölgedeki 31 katlı bir ofis binası incelemeye alınmıştır. Binanın enerji performansı DOE-2 isimli bir bina enerji performans simülasyon programı ile incelenmiştir. Daha sonra, DOE – 2 adlı programdan alınan ortam ile ilgili saatlik çıktı değerlerinin ısı konfor üzerine etkileri araştırılmıştır. Konfor araştırması, Fanger tarafından verilen tahmini ortalama oy (PMV) indisi ve buna bağlı olan ortamdaki memnun olmayanların yüzdesi (PPD) üzerinden ele alınmıştır. Sonuçta, ortam nemi ve hava hızının diğerleri ile karşılaştırıldığında konfor üzerine daha az etken olduğu gösterilmektedir. Fakat, nem ve hava hızının kalan 4 parametrenin etkisi incelenirken etken olduğu da çalışmada belirtilmektedir

Arens [63], üniform ısı şartlarına maruz bıraktığı deneklerin, tüm vücut ve yerel vücut parçaları bazında ısı duyularını ve konfor algılarını sorgulamıştır. Çalışmada, yerel vücut parçaları için ısı duyumu ve konforun büyük değişiklikler gösterdiği belirtilmektedir. Soğuk şartlarda, ellerin ve ayakların diğer vücut parçalarına göre daha soğuk hissedildiği, baş vücut parçasının ise soğuğa duyarsız fakat ılığa duyarlı olduğu ve ılık şartlarda vücudun geri kalan kısmına göre baş vücut parçasının daha ılık hissedildiği de ifade edilmektedir. Kişilerin tüm vücut için ısı duyumu ve konfor algılarının ise, ılık şartlarda en ılık hissedilen baş vücut parçası algısı ve soğuk şartlarda ise en soğuk hissedilen el ve ayakların algısı ile paralellik gösterdiği bahsedilen çalışmada belirtilmektedir. Bunların yanı sıra, deneklerin nötr şartları çok konforlu değil konforlu olarak değerlendirdikleri de elde edilen sonuçlardan biridir.

Fanger [64] çalışmasında, mevcut standart ve yönetmeliklere uyulmasına rağmen pek çok binada da iklimlendirmeden memnun olmayan insan sayısının oldukça fazla olduğunu belirtmektedir. Fanger çalışmada, mükemmel seviyede iç ortam koşullarının oluşması için beş adet ilke ileri sürmektedir. Bunlar; daha iyi iç hava kalitesi verimliliği artırır ve gereksiz iç hava kirlilik kaynaklarından kaçınılmalıdır; havanın ortamdakilere serin ve kuru olarak verilmesi gerekir; düşük miktarlarda serin hava nazik şekilde bir bireyin soluma bölgesine yakın olarak verilmelidir; ısı ortamının bireysel bazda kontrolü sağlanmalıdır, şeklinde sıralanmaktadır.

Huizenga [65] binalarda ve otomobillerde sıkça karşılaşılan, üniform olmayan geçici rejim ısı şartlarında insanların fizyolojik ve sübjektif cevaplarını tayin edebilmek için, kontrollü bir çevrede insanları parçalı ve tüm vücut olarak ısıtma ve soğutma işlemine maruz bırakmışlardır. Çalışmada 109 denek kullanılmış, 19 yerel vücut parçası ve tüm vücut için deri sıcaklıkları, kor sıcaklıkları, ısı duyumu ve konfor cevapları toplanmıştır.

Kor sıcaklığının derinin soğumasına karşılık yükseldiği ve derinin ısınması ile ise düştüğü görülmüştür. Vücut nötr ısı şartlara yakın olduğunda, el ve parmak sıcaklıklarında önemli dalgalanmalar tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra, soğuk çevrede bilgisayar kullanımı durumunda, bilgisayarda kullanılan elin deri sıcaklığının boş elin deri sıcaklığına göre 2-3 °C daha düşük olduğu, sıcak veya nötr şartlarda ise önemli değişikliklerin olmadığı çalışmada elde edilen bir başka sonuçtur.

Corgnati ve ark. [66] yaptıkları çalışmada, İtalya'nın Torino kentinde 4 farklı okulda 13 sınıfta yapılan bir ısı konfor çalışmasıdır. Bir alan çalışması olarak PPD ve PMV indekslerinin değişimi incelenmiştir.

Yürüttüğümüz çalışmada ise çoğu araştırmacının benimsediği ve uluslararası standartlardan olan ISO 7730 ve ASHRAE Standard 55'de yer alan PMV ve PPD göstergelerini kullanarak seçilen bir ilköğretim okulunun mevcut termal konfor seviyesinin öğrencilerin kişisel oylarının sonucunda elde ettiğimiz konfor seviyesiyle karşılaştırılmıştır. Okul yapısının, öğrencilerin termal konfor beklentilerine ne denli cevap verdiğini ve uluslararası standartların ülkemiz koşullarına göre uygunluk derecesi elde edilmeye çalışılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMA

2.1. Giriş

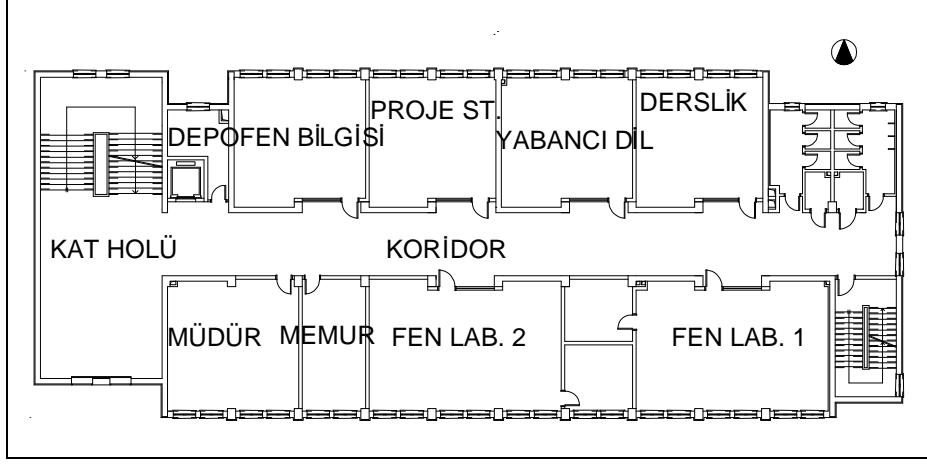
Seçilen ilköğretim okulunda yapılan çalışmada termal konfor düzeyinin belirlenmesi için kuzey ve güney yönlerine konumlanmış toplamda dört derslik seçilmiştir. Dersliklere ilişkin termal veriler, yıl içinde biri ısıtma olan dönemde (kış) diğeri de ısıtma olmayan dönemde (yaz) olmak üzere iki aşamada elde edildi. Bu ölçümlerle eş zamanlı olarak 108 öğrenci (48 kız, 60 erkek) ile gerçekleştirilen yaz ve kış mevsimleri için içeriği aynı olarak düzenlenen bir anket çalışması yapıldı. Uygulanan anketlerde öğrencilerin kişisel bilgilerinin yanı sıra, buldukları sınıfın termal koşullarını değerlendirebilecekleri Fanger'in 7-nokta termal duyarlılık ölçeğini kapsayan sorulara yer verildi. Bu ölçeğin daha iyi kavranabilmesi ve akıllarda anlam kargaşası oluşmaması için anket çalışması karikatürlü anlatımlarla desteklendi.

2.2. Okul Yapısı ve Dersliklerin Özellikleri

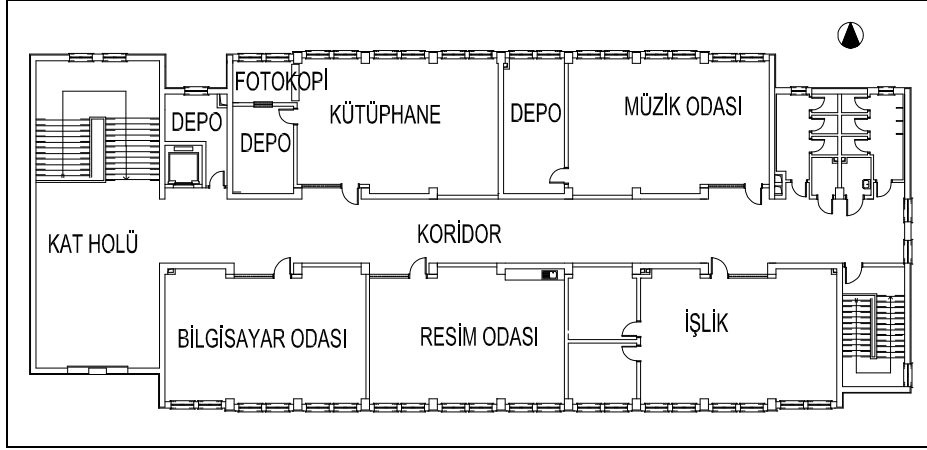
Yapı, Trabzon İli sınırları içerisinde yer alan 3 katlı (zemin+2kat) bir ilköğretim okuludur. İnceleme yaptığımız 6., 7. ve 8. sınıflar 1. ve 2. katta konumlanmaktadır. Bu çalışma için 2 tane 8. sınıf ve birer tane 6 ve 7. sınıf seçilmiştir, (Tablo 5) (Şekil 23, 24,25,26).

Tablo 5. Çalışma için seçilen dersliklerin özellikleri

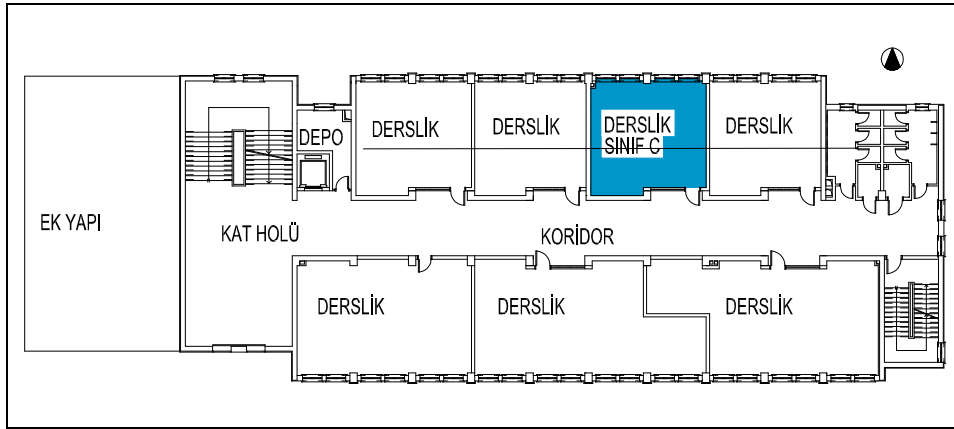
Sınıf	Yönlenme	Öğrenci yaş ortalaması	Konumu	Şube
A	Kuzey	14,15	2.kat	8
B	Güney	14,26	2.kat	8
C	Kuzey	13,12	1.kat	7
D	Kuzey	12.46	2.kat	6



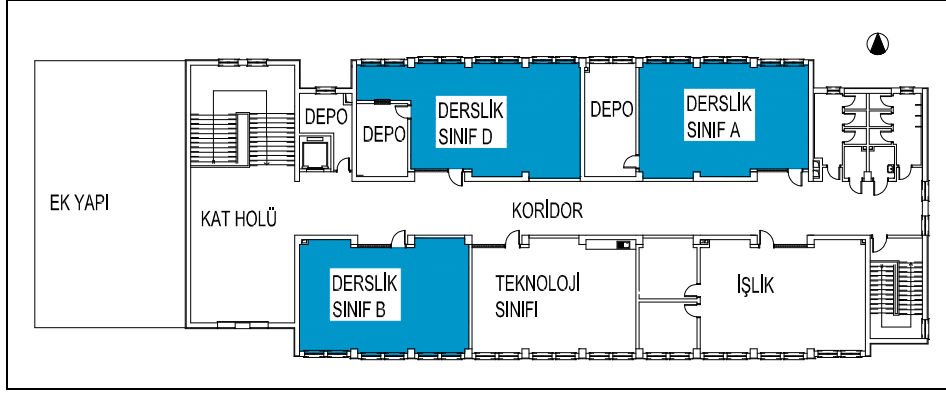
Şekil 23. Seçilen ilköğretim okulu -1. Kat Planı (Tasarlanan Proje)



Şekil 24. Seçilen ilköğretim okulu -2. Kat Planı (Tasarlanan Proje)



Şekil 25. Seçilen ilköğretim okulu -1. Kat Planı (Mevcut Proje)



Şekil 26. Seçilen ilköğretim okulu -2. Kat Planı (Mevcut Proje)

Hazırlanan mimari projeye ek olarak zemin ve 1. katta devam eden ve idari personele hizmet veren bir ek yapı mevcuttur. Mimari projede idari personel için hazırlanan mekânların işlevi değiştirilerek derslik haline getirilmiştir.

Mimari proje incelendiğinde okulun, mevcut öğrenci potansiyeli için derslik sayısında yetersiz kaldığı ve projelendirmede laboratuvar ya da diğer çalışma mekânları olarak düzenlenen alanların dersliğe çevrilerek bu yetersizliğin karşılanmaya çalışıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca mimari projede idari personel için hazırlanan mekânların da işlevi değiştirilerek derslik haline getirilmiştir. Bu mekânların sıhhi tesisat projelendirilmesi işlev değişikliği oluşturulurken dikkate alınmamış, bu nedenle dersliklerde sıcaklık farklılıkları ortaya çıkmıştır. Örneğin; Sınıf D'nin kullandığı mekân tasarım aşamasında kütüphane olarak düşünüldüğü için iç mekân sıcaklığı 20°C ve aynı mekân içindeki fotokopi alanı ise 22°C olarak düzenlenmiştir. Oysaki derslik olarak tasarlanan mekânlarda iç ortam sıcaklığı 22°C olarak düzenlenmektedir.

2.3. Eş Zamanlı Gerçekleştirilen İç Mekân ve Dış Mekân İklim Ölçümleri

Yıl içinde biri ısıtma olan dönemde (kış) diğeri de ısıtma olmayan dönemde (yaz) gerçekleştirilen mekân ölçümlerinden elde edilen veriler her bir sınıf için aşağıdaki tablolarda sunulmuştur. Tablolarda dersliklerin iç mekân iklim ölçümlerinin yanı sıra dış mekân ölçümlerine ait verilerle birlikte öğrencilerin sahip oldukları clo değerleri hakkında da bilgiler bulunmaktadır (Tablo 6,7,8,9).

Tablo 6. A Sınıfı ölçüm sonuçları

Dönem	Yaz	Kış	Dönem	Yaz	Kış		
Kuru ter. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	23,9	17,5	$t_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	22,0	13,5		
Ort.ışınım sic. ($^{\circ}\text{C}$)	22,8	16,9	$V_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	1,3	2,1		
Döş. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	21,9	17,1	$\text{RH}_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	71	57,5		
$t_{0,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	22,3	17,8	Clo değ.	Kız	Erkek	Kız	Erkek
$t_{1,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	22,7	19,0		0,76	0,53	1,09	1,29
$t_{1,7}$ ($^{\circ}\text{C}$)	24,6	19,6	Ort. clo değeri	0,64	1,19		
RH(%)	70	60,5	PMV	-0,45	-1,13		
V (m/sn)	0,1	0,1	PPD	9,3	31,8		

Tablo 7. B Sınıfı ölçüm sonuçları

Dönem	Yaz	Kış	Dönem	Yaz	Kış		
Kuru ter. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	25,7	17,9	$t_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	22,0	13,5		
Ort.ışınım sic. ($^{\circ}\text{C}$)	23,8	18,5	$V_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	1,3	2,1		
Döş. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	23,9	17,7	$\text{RH}_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	71	57,5		
$t_{0,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	24,1	19,0	Clo değ.	Kız	Erkek	Kız	Erkek
$t_{1,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	24,3	20,5		0,75	0,67	0,9	1,2
$t_{1,7}$ ($^{\circ}\text{C}$)	24,4	20,8	Ort. Clo değeri	0,71	1,05		
RH(%)	65,7	59,6	PMV	0,36	-1,32		
V (m/sn)	0,1	0,1	PPD	7,7	41,2		

Tablo 8. C Sınıfı ölçüm sonuçları

Dönem	Yaz	Kış	Dönem	Yaz	Kış		
Kuru ter. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	25,4	18,2	$t_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	22,0	13,5		
Ort.ışınım sic. ($^{\circ}\text{C}$)	24,4	17,2	$V_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	1,3	2,1		
Döş. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	24,0	16,8	$\text{RH}_{\text{dış mekan}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	71	57,5		
$t_{0,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	25,0	18,1	Clo değ.	Kız	Erkek	Kız	Erkek
$t_{1,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	25,2	18,4		0,72	0,45	1,03	1,24
$t_{1,7}$ ($^{\circ}\text{C}$)	25,4	19,7	Ort. clo değeri	0,58	1,13		
RH(%)	73,2	53,5	PMV	0,50	-1,24		
V (m/sn)	0,1	0,1	PPD	10,2	37,2		

Tablo 9. D Sınıfı ölçüm sonuçları

Dönem	Yaz	Kış	Dönem	Yaz	Kış		
Kuru ter. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	25,0	17,5	$t_{dış\ mekan}$ ($^{\circ}\text{C}$)	22,0	13,5		
Ort.ışınım sic. ($^{\circ}\text{C}$)	23,8	16,6	$V_{dış\ mekan}$ ($^{\circ}\text{C}$)	1,3	2,1		
Döş. Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	24,0	16,0	$RH_{dış\ mekan}$ ($^{\circ}\text{C}$)	71	57,5		
$t_{0,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	24,2	17,9	Clo değ.	Kız	Erkek	Kız	Erkek
$t_{1,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	24,4	18,5		0,71	0,59	1,07	1,36
$t_{1,7}$ ($^{\circ}\text{C}$)	23,8	19,2	Ort. clo değeri	0,65		1,21	
RH(%)	71	58,6	PMV	0,41		-1,17	
V (m/sn)	0,1	0,1	PPD	8,6		33,7	

2.4. Anket Çalışması

2.4.1. Sınıfların Termal Konfor Açısından Değerlendirilmesi

Sınıf A

15 kız ve 10 erkek öğrencinin bulunduğu, kuzeye yönelmesi olan bu sınıfta ısıtma olan dönemde (kış) ölçülen hava sıcaklığı 17,5 olarak kaydedilmiştir. Bu sıcaklık öğrencilerin mevcut okul kıyafetlerini giydikleri ve okul aktivitesi içinde oldukları süre içerisinde ve sınıf içerisindeki bağıl nem %60,4'ü gösterdiğinde PMV' yi (ortalama tahmini oy) -1,13 olarak göstermiş ve sınıf içerisinde %31,8'lik bir memnuniyetsizlik oluşturmuştur. Bu veriler için sınıf içi hava sıcaklığı 20°C 'ye çıkarıldığında - 0.48'lik PMV değeri ile sonuçlanan %80.3'lük kullanıcı memnuniyeti sağlamak mümkündür.

Isıtma olmayan dönemde (yaz) ise yine ISO Standard 7730 ('Ergonomics of the thermal environment-Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales')'a göre -0,45 PMV değeri ile %80,7'lik kullanıcı memnuniyeti sağlanmıştır. Elde edilen PMV ve PPD değerleri ISO 7730 standardına bağlı kalınarak oluşturulmuş Ek 4' de sunulan program ile elde edilmiştir.

Sınıf B

8 kız ve 18 erkek öğrencinin bulunduğu, güneye yönelmesi olan bu sınıf için ısıtma olan dönemde (kış) ölçülen ortalama hava sıcaklığı 17,9 olarak kaydedilmiştir. Sınıf içerisindeki bağıl nem %59,6'yı gösterdiğinde bu ISO Standard 7730'a göre -1,13'lk bir PMV oyuna denk gelip sınıf içerisinde %41,2'lik bir memnuniyetsizlik oluşturmaktadır.

Bu veriler için sınıf içi hava sıcaklığı 20°C 'ye çıkarıldığında -0.66 'lık PMV değeri ile % 85.8 'lik kullanıcı memnuniyeti sağlamak mümkündür.

Isıtma olmayan dönemde (yaz) ise $+0,36$ PMV değeri ile %82,3'lük kullanıcı memnuniyeti sağlanmıştır. Elde edilen PMV ve PPD değerleri ISO 7730 standardına bağlı kalınarak oluşturulmuş Ek 4'de sunulan program ile elde edilmiştir.

Sınıf C

15 kız ve 14 erkek öğrencinin bulunduğu kuzeye cephesi olan bu sınıf için ısıtma olan dönemde (kış) ölçülen hava sıcaklığı $18,2^{\circ}\text{C}$ olarak kaydedilmiştir. Sınıf içerisindeki bağıl nem %53,5'i gösterdiğinde, bu $-1,24$ 'lük bir PMV oyuna denk gelip sınıf içerisinde %37,2'lik bir memnuniyetsizlik oluşturmuştur. Bu veriler için sınıf içi hava sıcaklığı 20°C 'ye çıkarıldığında ISO 7730 Standardına göre -0.48 'lik PMV değeri ile % 90.3 'lük kullanıcı memnuniyeti sağlamak mümkündür.

Isıtma olmayan dönemde (yaz) ise $+0,5$ PMV değeri ile %89,8'lik kullanıcı memnuniyeti sağlanmıştır. Elde edilen PMV ve PPD değerleri ISO 7730 standardına bağlı kalınarak oluşturulmuş Ek 4'de sunulan program ile elde edilmiştir.

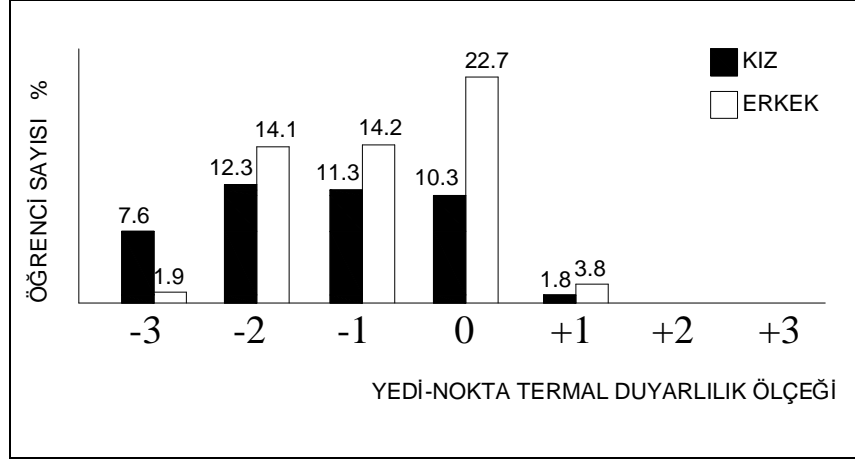
Sınıf D

10 kız ve 18 erkek öğrencinin bulunduğu kuzeye cephesi olan bu sınıf için ısıtma olan dönemde (kış) ölçülen hava sıcaklığı 17.5°C olarak kaydedilmiştir. Sınıf içerisindeki bağıl nem %58,6'i gösterdiğinde Standarda göre $-1,17$ 'lik bir PMV oyu elde edilmiş olup sınıf içerisinde %33,7'lik bir memnuniyetsizlik oluşturmuştur. Bu veriler için sınıf içi hava sıcaklığı 20°C 'ye çıkarıldığında -0.51 'lik PMV değeri ile % 89.5 'lik kullanıcı memnuniyeti sağlamak mümkündür.

Isıtma olmayan dönemde (yaz) ise $+0,4$ PMV değeri ile %91.4'lük kullanıcı memnuniyeti sağlanmıştır. Elde edilen PMV ve PPD değerleri ISO 7730 standardına bağlı kalınarak oluşturulmuş Ek 4'de sunulan program ile elde edilmiştir.

2.4.2. Öğrenci Sayısı- Termal Duyarlılık İlişkisi

Isıtma olan dönem (kış) için öğrencilerin yaklaşık %35.9'u bu mekanları konforsuz olarak bulmuştur, %64.1'i ise $-1,0,+1$ aralığı dikkate alındığında aynı mekanları konforlu olarak nitelendirmişlerdir. Memnuniyetsizlik düzeyinde %19.9'luk oranı kızlar oluştururken, %16'lık oranı ise erkeklerin oluşturduğu görülmüştür (Şekil 27).



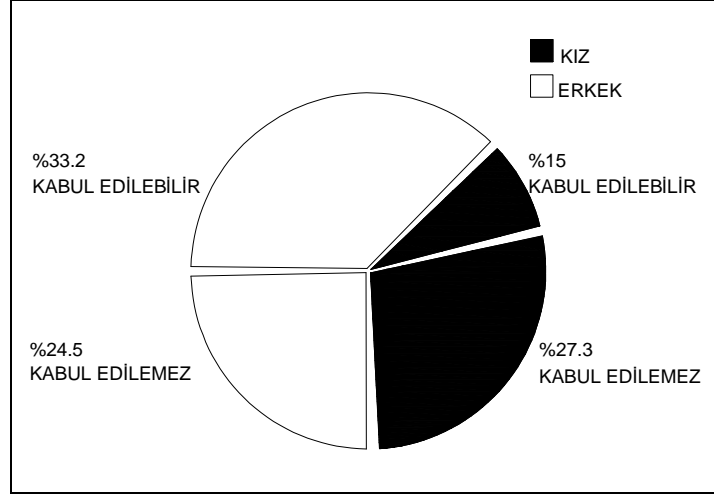
Şekil 27. İncelenen dersliklerin ısıtma döneminde öğrenci sayısı (%) -termal duyarlılık ilişkisi

Öğrenci kıyafet yalıtımlarının genel ortalamasına bakıldığında, kız ve erkek öğrenciler arasında erkek öğrenci kıyafetlerinin genelde kızlara göre daha yüksek bir clo değeri taşıdığı görülür (Tablo 10).

Tablo 10. Isıtma dönemi için öğrenci kıyafetlerinin ısı geçirim dirençleri (clo)

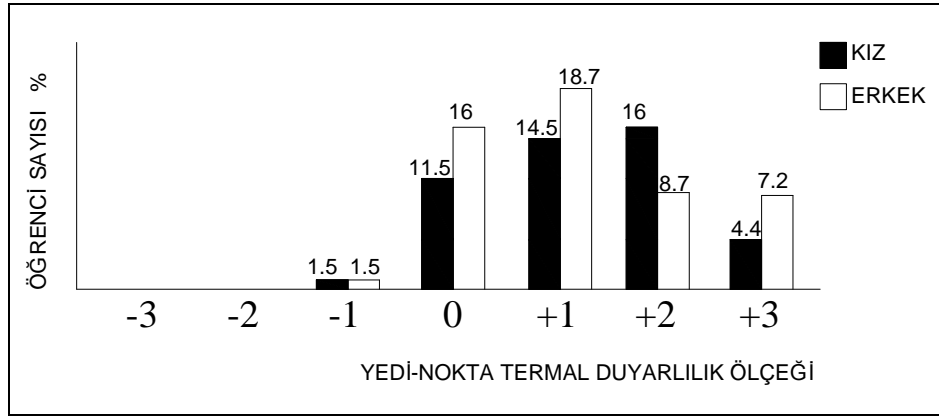
Sınıf	Kızların ortalama clo değeri	Erkeklerin ortalama clo değeri	Sınıfın ortalama clo değeri
A	1.09	1.29	1.19
B	0.9	1.2	1.05
C	1.03	1.24	1.13
D	1.07	1.36	1.21
Genel ortalama	1.02	1.27	1.14

Öğrencilerin öğrenim gördükleri sınıfların termal koşullarını değerlendirmesinde psikolojik ve kişisel parametrelerin (bu araştırma için özellikle kıyafet yalıtım değerleri) önemli etkisi olduğu görülmektedir (Şekil 28).



Şekil 28. Isıtma dönemi (kış) için dersliklerin termal koşullarının öğrencilerce değerlendirilmesi

Isıtma olmayan dönem için öğrencilerin yaklaşık %36.3'ü bu mekanları konforsuz olarak bulmuştur, %53.7'si ise -1,0,+1 aralığı dikkate alındığında aynı mekanları konforlu olarak nitelendirmişlerdir. Memnuniyetsizlik düzeyinde %20.4'lük oranı kızlar oluştururken, %15.9'lük oranı ise erkeklerin oluşturduğu görülmüştür (Şekil 29).

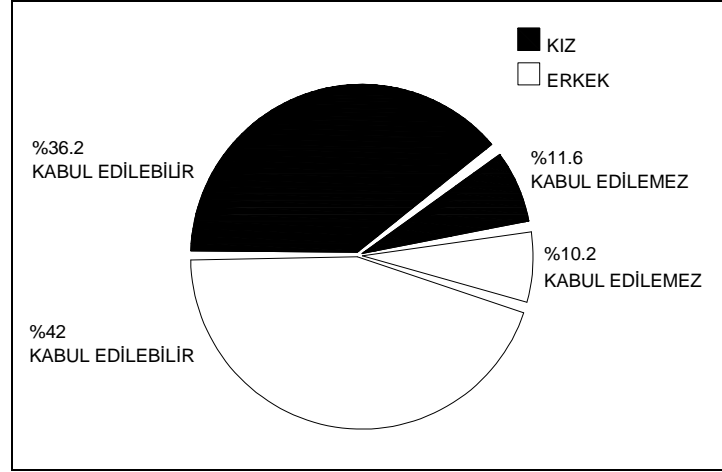


Şekil 29. İncelenen dersliklerde ısıtma olmayan dönemde(yaz) öğrenci sayısı (%) - termal duyarlılık ilişkisi

Isıtma olan dönemin aksine, ısıtma olmayan dönemde öğrenci kıyafet yalıtımlarının genel ortalamasına bakıldığında, kız ve erkek öğrencilerin arasında kız öğrenci kıyafetlerinin erkek öğrencilere göre daha yüksek bir clo değeri taşıdığı görülmektedir, (Tablo 10).

Tablo 11. Isıtma olmayan dönem için öğrenci kıyafetlerinin ısı geçirim dirençleri (clo)

Sınıf	Kızların ortalama clo değeri	Erkeklerin ortalama clo değeri	Sınıfın ortalama clo değeri
A	0.76	0.53	0.64
B	0.75	0.67	0.71
C	0.72	0.45	0.58
D	0.71	0.59	0.65
Genel ortalama	0.73	0.56	0.64

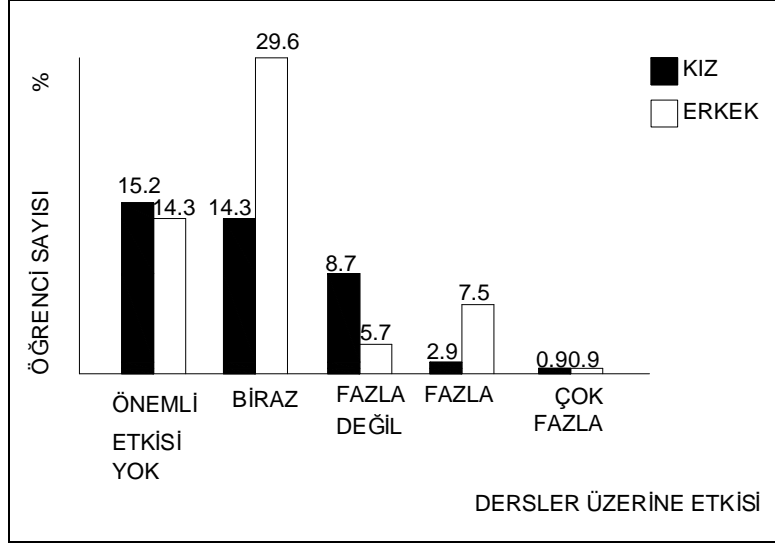


Şekil 30. Isıtma olmayan dönem (yaz) için dersliklerin termal koşullarının öğrencilerce değerlendirilmesi

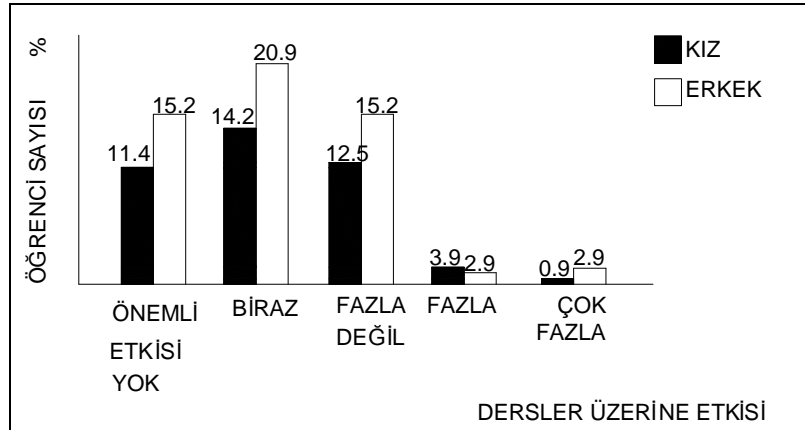
Şekil 30'da ısıtma dönemdeki gibi ısıtma olmayan dönemde de kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre sınıfın termal koşullarından memnuniyetsizlik oranı yüksektir.

2.4.3. Başarı-Termal Konfor İlişkisi

Öğrencilerin çoğunluğu buldukları dersliklerde hissettikleri sıcaklık derecesinin başarıları üzerine etkisini yorumlarken yıl içindeki psikolojilerini de dikkate aldılar. Genelde hiçbir zaman çok soğuk ya da çok sıcak hissetmediklerini düşündüklerinde mevcut sıcaklık derecesinin başarıları üzerinde önemli bir etki yapmayacağını, ancak biraz da olsa bir etkinin olabileceğini savundular. Öğrencilerin %10.6'lık oranı ise fazla ya da çok fazla bir etkiye maruz kalacaklarını belirttiler, (Şekil 31,32).



Şekil 31. Öğrencilerin buldukları dersliklerde kendilerini çok sıcak hissetmesinin dersleri üzerine etkisi



Şekil 32. Öğrencilerin buldukları dersliklerde kendilerini çok soğuk hissetmesinin derslerine etkisi

3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu bölümde yapılan çalışmadan elde edilen bulgular ve bu bulguların irdelenmesi yer almıştır.

3.1. Termal Konfor Üzerine Kuru Termometre ve Ortalama Işınım Sıcaklıklarının Etkisinin İrdelenmesi

Hem kuru termometre sıcaklığı hem de ortalama ışınım sıcaklığı termal konfor üzerine önemli etkiye sahiptir. Kuru termometre sıcaklığı çevre hava sıcaklığı, ışınım sıcaklığı ise çevrede maruz kalınan yüzeylerin neden olduğu sıcaklıktır. Bireysel yüzeylerin sıcaklıkları genellikle ortalama ışınım sıcaklığında birleştirilir.

Yapılan çalışmada dersliklerin iç hava sıcaklıkları ısıtma olmayan dönemde ISO 7730 Standardına göre olması gereken konfor sıcaklığından oldukça düşüktür. Bunun nedenleri arasında okul yapısındaki yetersiz ısı yalıtımı, derslik pencerelerindeki normal cam kullanımı ve tasarlanan okul projesine bağlı kalınmayarak mekân işlevlerinin değiştirilmesiyle mevcut ısıtma tesisatının derslik termal konfor düzeyinin sağlamasındaki yetersizliğidir.

3.2. Termal Konfor Üzerine Bağlı Nem Etkisinin İrdelenmesi

Bağlı nem aralığı sadece konfor için önemli değil, aynı zamanda sağlık sorunları için de önemlidir. Bağlı nemdeki bir artış küf oluşumuna neden olur, ama düşük bağlı nem kuruluk nedeniyle solun problemleriyle sonuçlanabilir.

Seçilen dersliklerde hem ısıtma olan dönem hem de ısıtma olmayan dönemde gerçekleştirilen mekân ölçümlerinde elde edilen bağlı nemler termal konfor için gerekli olan aralıktadır.

3.3. Termal Konfor Üzerine Hava Hareketinin Etkisi İrdelenmesi

Hava hızı termal konfor üzerinde derin etkilere sahiptir. İç mekân termal konforu oluşturulurken ikincil derece öneme sahip bir unsurdur. Dersliklerde gerçekleştirilen

mekân ölçümlerinde her iki dönem için de 0,1 m/sn'lik durgun hava hızı elde edilmiştir. Bu da dersliklerin termal konforunun sağlanmasında gerekli hava hızı değerini sağlamaktadır.

3.4. Termal Konfor Üzerine Aktivite Seviyesi Etkisinin İrdelenmesi

Aktivite seviyesi termal konfor üzerindeki en büyük etkiye sahiptir. Farklı aktivite seviyeleri için vücut tarafından ne kadar ısı üretildiğini ölçmek için metabolik oran ölçümleri gerçekleştirilir. Dersliklerde yapılan termal konfor çalışmaları için de ISO 7730'da verilen 1,2 met'lik bir aktivite düzeyi belirlenmiştir.

3.5. Termal Konfor Üzerine Kıyafet Yalıtımının Etkisinin İrdelenmesi

Kıyafet yalıtım değeri vücutta meydana gelen ısı alışveriş sistemlerinin gerçekleşmesinde etkin rol oynadığı için termal konfor üzerine olan etkisi oldukça büyüktür. Aynı derslik içerisinde bulunan kız ve erkek öğrencilerinin hem ısıtma olan hem de ısıtma olmayan dönemde de kıyafet yalıtım değerlerinde gözle görülür bir fark gözlenmiştir, yaklaşık 0,2–0,4 clo' luk bu fark aynı sınıf içerisinde farklı termal koşulların istenilmesine yol açmıştır.

Kız ve erkek öğrencilerinin okul kıyafetlerinin farklı yalıtım değeri oluşturması bu iki cinsiyet arasında farklı termal konfor sıcaklığı beklentisi oluştururken, okullarda kıyafetin serbest bırakılmasıyla bu farklılık sadece iki cinsiyet arasında değil dersliklerdeki tüm öğrenciler arasında ortaya çıkacaktır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada uluslararası termal konfor standartlarından ISO 7730 ve ISO 10551 kullanılarak Trabzon ili sınırları içerisinde yer alan bir ilköğretim okulu termal konfor açısından incelenerek dersliklerin öğrencilere sağladığı mevcut termal konfor düzeyi belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır:

- İç mekân termal konfor düzeyinin hesaplanması için termal konforu etkileyen altı ana değişkenin veri girdisi olarak kullanıldığı pratik bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.
- Hazırlanan programla her sınıf için PMV ve PPD değerleri hesaplanmış, seçilen dersliklerde hem yaz hem de kış koşulları için ISO 7730 Standardı'na göre mevcut termal konfor memnuniyetsizlik düzeyi belirlenmiştir.
- İnsanlar tarafından herhangi bir amaçla kullanılan bir hacimde yaşayanların sağlıklı bir ortam içinde yaşamlarını sürdürebilmeleri için o hacmin termal çevre parametreleri olarak tanımlanan özelliklerinin belirli sınırlar içinde olması gerekir. Bu özelliklerin en önemli olanları; hava sıcaklığı, hava nemi, hava hızı, ortalama ışınım sıcaklığıdır. Bu parametrelerin değerlerinin belli limitler içinde olması gerekmektedir, parametrelerin uygun sayılan aralıklarından uzaklaştıkça insan üzerindeki etkilerinin de büyüdüğü sonucuna varılmıştır.
- Araştırma sonucu elde edinilen verilerle ISO 7730 Standart değerleri karşılaştırıldığında ısıtma döneminde öğrenciler için konforsuz alan oluşturan derslikler, ısıtma olmayan dönemde +1, 0, -1 oy aralığında kullanıcılara konforlu bir ortam oluşturmuştur. Diğer taraftan ısıtma olan dönem için öğrencilerin %36.3'ü, ısıtma olmayan dönem için ise %35.9'u buldukları derslikleri konforsuz olarak nitelendirmişlerdir. Isıtma olan dönem için bu memnuniyetsizlik oranı ISO 7730 Standardı'ı değerlendirmesi ile hemen hemen birbirini doğrularken, ısıtma olmayan dönemde ise yaklaşık %20'lik memnuniyetsizlik oranı farkı meydana gelmiştir.
- İncelenen ilköğretim okulunda sınıflar kuzey ve güney yönünde düzenlenmiştir. Güneye cephesi olan sınıflar kuzeye olanlara göre daha yüksek iç yüzey

sıcaklıklarına sahiptir. Bu da ısıtma olan dönem için iç mekân hava sıcaklığı üzerinde olumlu bir etki oluşturmuştur. Kuzeye cephesi olan sınıflarda da duvarların iç yüzey sıcaklıkları ek önlemler alınarak bu duvarların ısı geçirgenlik dirençlerinin iyileştirilmesiyle uygun hale getirilebilir.

- Dersliklerin ısıtma olan dönemde öğrencilere termal açıdan konforlu birer mekân haline gelebilmesi için bu dersliklerde mevcut ısıtma tesisatın gözden geçirilmesi ve eksikliklerinin giderilmesi gerekmektedir.
- Bu çalışma, termal konfor tercih sınırlarının ve duyarlılığının taşıdıkları kıyafet yalıtım değerlerinden kaynaklı olarak, kız ve erkek öğrencilerde farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar dersliklerdeki termal konfor algısının öneminin anlaşılmasına ışık tutacak ve ilköğretim okullarında öğrenciler için belirlenen okul kıyafetlerinin önemine katkıda bulunacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Xu T., Evaporative Cooling: Thermal Comfort and Its Energy Implications in California climates, A Dissertation in the Architectural Department, California University, Berkeley, 1998.
2. ISO 7730:2005, 'Ergonomics of the thermal environment-Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales', Switzerland, 2005.
3. Fanger, P.O., Thermal Comfort- Analysis and Applications in Environmental Engineering, McGraw-Hill, 1970.
4. Fanger, P.O., Conditions for Thermal Comfort, Thermal Comfort and Moderate Heat Stress, Proceedings of the CIB Commission W45 (human requirements) Symposium, England, 1972.
5. Yaşar, Y., Pehlevan, A. ve Altıntaş, E., İlköğretim Dersliklerinde Termal Konfor Araştırması, VIII. Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2007.
6. Zorer G., Dersliklerde Edilgen Sistemle Isıl Konforun Sağlanmasında Tasar Ölçütü Olarak Bir Değerlendirme Yönteminin Oluşturulması, Doktora Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul, 1995.
7. www.isguvenligi.net., TAŞYÜREK M., Termal Konfor-İşyeri Çalışma Ortamında Olağanüstü Sıcaklıklar-I, 5 Mayıs 2007.
8. Szokolay, S. V., Introduction to Architectural Science, Elsevier, Great Britain, 2004.
9. www.ergonomics4schools.com, Learning About Ergonomics Among Secondary School Students And Their Teachers by. UK Ergonomics Society, 29 Ağustos 2007.
10. www.enviro-analytical.com, Environmental Analytical Systems, 20 Ekim 2007.
11. www.kent.ac.uk, Thermal Comfort in the Workplace, Guidance for Employers, HSE Health& Safety Executive, 3 Nisan 2007.
12. Parsons K., Human Thermal Environments-Effects of Hot, Moderate and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance, Taylor & Francis Group, 2003.
13. www.novalynx.com, NovaLynx Corporation, Weather Monitoring Instruments and Systems, 13 Nisan 2007.
14. Alfahaid A.F., Effects of Ventilation on Human Thermal Comfort In Rooms, A Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, Old Dominion University, 2000.
15. www.digital-meters.com, 8 Şubat 2007.

16. www.omega.com, Your One-Stop Source for Process Measurement and Control, 2 Mayıs 2007,
17. www.aseanenvironment.info, Zhang G., Zheng C., Yang W., Zhang Q., Moschandreas D.J., Thermal Comfort Investigation of Naturally Ventilated Classrooms in a Subtropical Region, 5 Mayıs 2007.
18. Ertürk Z., Kullanıcı Konforu Açısından Boyutsal Gereksinmelerin Saptanması İçin Bir Yöntem, Doktora Tezi, İTÜ, FBE, İstanbul, 1976.
19. ASHRAE Temel El Kitabı, Bölüm 8, Fizyolojik İlkeler ve Isıl Konfor, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınları;2, 1997.
20. www.wokingham.gov.uk, Keeping Cool, Thermal Comfort Guidance for Schools, Wokingham Borough Council, 4 Mart 2007.
21. Koch H. ve Nielsen, Stay Cool, A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates, James&James, London, 2002.
22. Olese B.W. ve Parsons K.C., Introduction to Thermal Comfort Standards and to the Proposed New Version of EN ISO 7730, Energy and Building 34(2002) 537-548.
23. Toksoy M., Isıl Konfor, 93-Teskon MMO Yayınları, İstanbul, 1993, 591-640.
24. www.esru.strath.ac.uk, 16293: Environmental Engineering Science 1, 15 Kasım 2007.
25. ergo.human.cornell.edu, CUErgo Cornell University Ergonomics Web, Thermal Comfort Lecture, 31 Mart 2006.
26. www.kent.ac.uk, Thermal Comfort in the Workplace, Guidance for Employers, HSE Health& Safety Executive, 1 Ağustos 2006.
27. www.pp.bme.hu, Herczeg L., Hrustinszky T., Kajtár L., Comfort in Closed Spaces According to Thermal Comfort and Indoor Air Quality, Budapest University of Technology and Economics, 5 Eylül 2006.
28. Shim H., The Use of Phase Change Materials In Clothing, A Dissertation for the Degree of the Doctor of Philosophy, Department of Apanel, Textiles And Interior Design College of Human Ecology, Kansas State University, Manhattan, Kansas, 1999.
29. Aydın O., Taşınım İle Isı Geçişi, KTÜ, Makine Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Ders Notları, Trabzon, 2006.
30. Kwok A.G., Thermal Comfort In Naturally-Ventilated and Air-Conditioned Classrooms in Tropics, A Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy in Architecture, University of California at Berkeley, 1997.
31. ISO Standard 10551:1995, Ergonomics of the Thermal Environment -- Assessment of the Influence of the Thermal Environment Using Subjective Judgment Scales, Switzerland, 1995.

32. Campbell A.B., Thermal Modeling, Analysis and Control of a Space Suit, A Dissertation for the Degree of the Doctor of Philosophy, University of Missouri-Columbia, 1999.
33. Toftum J., Jorgensen A.S. ve Fanger, P.O., Upper Limits for Indoor Air Humidity to Avoid Uncomfortably Humid Skin, Energy and Buildings, 28(1998), 1 – 13.
34. Srinavin, K., ve Mohamed., S., Thermal Environment and Construction Workers' Productivity: Some Evidence From Thailand. Building and Environment, 38 (2003), 339 – 345.
35. www.sql.com, Comfort Calculator, Predicted Mean Vote, Psychrometric Chart Programmes, 1 Aralık 2006.
36. www.innova.dk, PMVcalc_v2_English, 13 Aralık 2006.
37. www.ktblabo.cm.kyushu_u.ac.jp, ET_AEE Version 1.1.12, 15 Aralık 2006.
38. www.automationcollege.com, ComfortCalculator, 1 Aralık 2006.
39. Ng W.S., Literature Survey and Modelling Of Thermal Comfort, A Thesis for the Degree of Master in Mechanical Engineering, Mississippi State University, 1999.
40. Huynh K.K., Human Thermal Comfort, A Thesis for the Degree of Master in Mechanical Engineering, Mississippi State University, Mississippi, 2001.
41. Nyberg K.L., Design and Evaluation of Automatic Control for Human/Liquid Cooling Garment Thermal Interaction, A Thesis for the Degree of the Doctor of Philosophy, The University of Texas at Austin, 1998.
42. Gagge, A.P., Burton, A.C. ve Bazett H.C., A Practical System of Units for the Description of the Heat Exchange of Man With His Environment, Science New Series, 94 (1971), 428 – 430.
43. Gagge, A.P., Stolwijk, J.A.J. ve Nishi, Y., An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response. ASHRAE Transactions, 77 (1971), 247 – 257.
44. Tanabe, S., Kobayashi, K., Nakano, J., Ozeki, Y. ve Konishi, M., Evaluation of Thermal Comfort Using Combined Multi – Node Thermoregulation (65 MN) and Radiation Models and Computational Fluid Dynamics (CFD). Energy and Buildings, 34 (2002), 637 – 646.
45. Stolwijk J.A.J., Mathematical Model of Thermoregulation, Physiological and Behavioral Regulation, Energy and Buildings, 38(2002), 703 – 721.
46. Stolwijk J.A.J., A Mathematical Model of Physiological Temperature Regulation in Man. NASA, CR – 1855, 1971.

47. Sorensen, D.N., Radiation Between Segments of the Seated Human Body. 8th International Conference on Air Distribution in Rooms 2002, Copenhagen, Denmark, 2002.
48. Huizenga, C., Hui, Z. ve Arens., E. A Model of Human Physiology and Comfort for Assessing Complex Thermal Environments, Building and Environment, 36(2001), 691-699.
49. Hardy, J.D. ve Stolwijk., J.A.J., Partitional Calorimetric Studies of Man During Exposures to Thermal Transients, Journal of Applied Physiology, 21(1966), 1799 - 1806.
50. Stolwijk J.A.J. ve Hardy., J.D., Partitional Calorimetric Studies of Responses of Man to Thermal Transients, Journal of Applied Physiology, 21 (1966), 967 - 977.
51. Yi, L., Fengzhi, L., Yingxi, L. ve Zhongxuan., L., An Integrated Model for Simulating Interactive Thermal Processes Human – Clothing System, Journal of Thermal Biology, 29(2004), 567 - 575.
52. Stamou, A. ve Katsiris, I. Verification of a CFD Model for Indoor Airflow and Heat Transfer, Building and Environment, 41(2006), 1171-1181.
53. Todde, V., Perception and Sensitivity to Horizontal Turbulent Air Flows at the Head Region. Indoor Air, 10 (2000), 297 - 3005.
54. McCullough, E.A., Jones, B.W. ve Tamura., T., A Database for Determining the Evaporative Resistance of Clothing, ASHRAE Transactions, 95(1989), 316 - 328.
55. Gennusa, M., Nucara, A., Pietrafesa, M. ve Rizzo G., A Model for Managing and Evaluating Solar Radiation for Indoor Thermal Comfort, Solar Energy, 81 (2007), 594-606.
56. Toftum J., Jorgensen, A.S., ve Fanger, P.O., Upper Limits for Air Humidity to Preventing Warm Respiratory Discomfort, Energy and Buildings, 28 (1998), 15 - 23.
57. Toftum J., ve FANGER., P.O., Air Humidity Requirements for Human Comfort, ASHRAE Transactions, 99(1999), 641-647.
58. Olesen, B.W., Hasebe, Y. R., ve Dear, J., Clothing Insulation Asymmetry and Thermal Comfort, ASHRAE Transactions, 94(1988), 32 - 51.
59. Butera, F.M., Principles of Thermal Comfort, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2(1998), 39 - 66.
60. Havenith, G., Holmer, I. ve Parsons, K., Personal Factors in Thermal Comfort Assessment: Clothing Properties and Metabolic Heat Production, Energy and Buildings, 34(2002), 581 - 594.
61. Hanging, W., Chunhua, H., Zhiqiang, L., Guangfa, L.Y. ve Zhiyong,W., Dynamic Evaluation of Thermal Comfort Environment of Air-conditioned Buildings, Building and Environment, 41(2006), 1522-1529.

62. Holz, R., Hourigan, A., Sloop, R., Monkman, P., ve Krarti., M., Effects of Standard Energy Conserving Measures on Thermal Comfort, Building and Environment, 32(1997), 31-43.
63. Arens, E., Zhang, H. ve Huizenga., C., Partial and Whole – Body Thermal Sensation and Comfort –Uniform Environmental Conditions, Journal of Thermal Biology, 31(2006), 53 - 59.
64. Fanger, P.O., Human Requirements in Future Air – Conditioning Environments, International Journal of Refrigeration, 24(2001), 148 - 153.
65. Huizenga, C., Zhang, H., Arens, E., ve Wang., D., Skin and Core Temperature Response to Partial and Whole – Body Heating and Cooling, Journal of Thermal Biology, 29(2004), 549 - 558.
66. Corgnati, S.P., Filippi, M., ve Viazzi, S., ‘Perception of the Thermal Environment in High School and University Classrooms: Subjective Preferences and Thermal Comfort, Building and Environment 42(2007), 951-959.
67. Yaşar Y., Paralel Yüzeyle Isı Köprüsü İçeren Yapı Elemanında Yüzeyle Sıcaklıklarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Aralık 1989.
68. Pehlevan A., Türkiye’de Hıgro-Termik Koşullar Açısından Dış Duvarlarda Yoğuşma-Buharlaşma-Adaptasyon Sürelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Kasım 1986.
69. www.cografya.tv, 26 Eylül 2007.
70. www.cedgm.gov.tr T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğü, 23 Ekim 2007.
71. www.meteoroloji.gov.tr, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Geneli Ekstrem Meteorolojik Değerleri, 23 Ekim 2007.

6. EKLER

Ek 1. Termal Konfor Duyarlılık Ölçeği Anketi

İsim:..... Sınıf:.....

Yaş:.....

Cinsiyet: Kız Erkek

Başlama saati:.....

Bitiş saati:.....

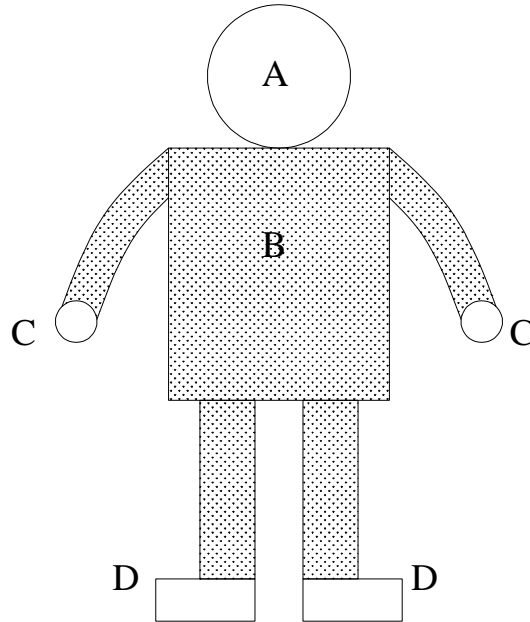
1. Herhangi bir sağlık probleminiz var mı? Evet Hayır

2. Eğer cevabınız evetse, lütfen probleminizi belirtiniz.....

3. Ne kadar zamandır Trabzon'da yaşıyorsunuz?.....

4. Yaşadığınız konutun ısınma kaynağı nedir?

Kalorifer Klima Elektrikli soba Odun/kömür sobası Diğer



Ek 1'in devamı

5. Yukarıdaki şekli referans alarak şu anda kendinizi nasıl hissettiğinizi işaretleyiniz (X).

TÜM VÜCUT				
	BAŞ	GÖVDE	ELLER	AYAKLAR
	A	B	C	D
SICAK	SICAK	SICAK	SICAK	SICAK
ILIK	ILIK	ILIK	ILIK	ILIK
BİRAZ ILIK	BİRAZ ILIK	BİRAZ ILIK	BİRAZ ILIK	BİRAZ ILIK
NÖTR	NÖTR	NÖTR	NÖTR	NÖTR
BİRAZ SERİN	BİRAZ SERİN	BİRAZ SERİN	BİRAZ SERİN	BİRAZ SERİN
SERİN	SERİN	SERİN	SERİN	SERİN
SOĞUK	SOĞUK	SOĞUK	SOĞUK	SOĞUK

6. Şu anda bulunduğunuz sınıf içerisindeki termal koşullar hakkındaki düşünceniz nedir?

Kabul edilebilir (Makul) Kabul edilemez

7. Şu anda bu sınıf içerisinde.....isterdim.

Çok daha ılık hissetmeyi Daha ılık hissetmeyi Değişiklik olmamasını

Daha serin hissetmeyi Çok daha serin hissetmeyi

8. Bu sınıfta hangi sıklıkla çok sıcak hissediyorsunuz?

Asla Nadiren Bazen Genellikle Her zaman

Ek 1'in devamı

9. Çok sıcak hissettiğinizde bu derslerinizi ne kadar etkiliyor?

Önemli bir etkisi yok Biraz Fazla değil Fazla Çok fazla

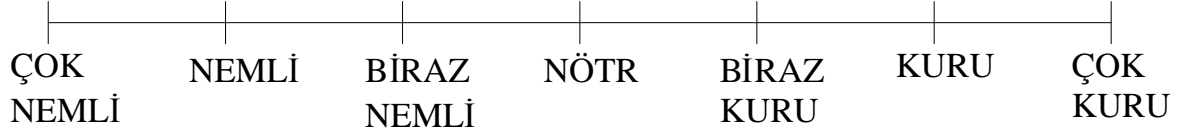
10. Bu sınıfta hangi sıklıkla çok soğuk hissediyorsunuz?

Asla Nadiren Bazen Genellikle Her zaman

11. Çok soğuk hissettiğinizde bu derslerinizi ne kadar etkiliyor?

Önemli bir etkisi yok Biraz Fazla değil Fazla Çok fazla

12. Şu anda sınıf içerisindeki hava nemine en uygun durumu işaretleyiniz (X).



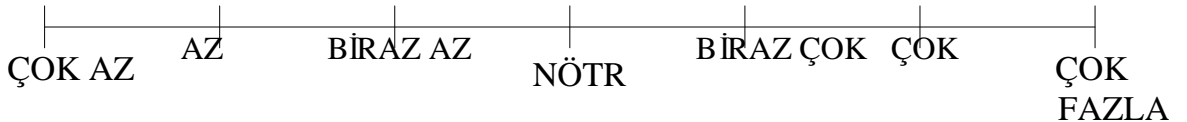
13. Şu an hissettiğiniz nem hakkındaki düşünceniz nedir?

Kabul edilebilir (Makul) Kabul edilemez

14. Şu anda bu sınıf içerisinde havanın.....isterdim.

Çok daha nemli olmasını Daha nemli olmasını Değişiklik olmamasını
Daha kuru olmasını Çok daha kuru olmasını

15. Şu anda bu sınıftaki hava hareketini en iyi anlatan durum hangisidir, işaretleyiniz (X).



Ek 1'in devamı

16. Şu an hissettiğiniz hava hareketi hakkındaki düşünceniz nedir?

Kabul edilebilir (Makul) Kabul edilemez

17. Şu anda bu sınıf içerisinde hava hareketinin.....isterdim.

Çok daha fazla olmasını Daha fazla olmasını Değişiklik olmamasını

Daha az olmasını Çok daha az olmasını

18. Şu anda hissettiğiniz deri neminizi anlatan en uygun durum hangisidir, lütfen işaretleyiniz (X).



19. Şu an hissettiğiniz deri nemi hakkındaki düşünceniz nedir?

Kabul edilebilir (Makul) Kabul edilemez

20. Lütfen sadece şu anda üzerinize giymiş olduğunuz kıyafetleri işaretleyiniz.

Dış giyim

İç giyim

Ceket

T-shirt/fanila

Yelek

Külotlu çor/tayt

Süveter

Diğer.....

Sweatshirt

Şapka

Diğer.....

Ek 1'in devamı

Orta giyim

Uzun kollu gömlek
Kısa kollu gömlek
Jean
Pantolon
Kravat
Etek
Diğer.....

Ayak giyimi

Sandalet
Ayakkabı
Çorap
Diğer.....

21. Şu anda bulunduğunuz sınıfın termal çevresinin değerlendirilmesiyle ilişkili olduğunu düşündüğünüz bilgi ve yorumlarınızı bildiriniz.

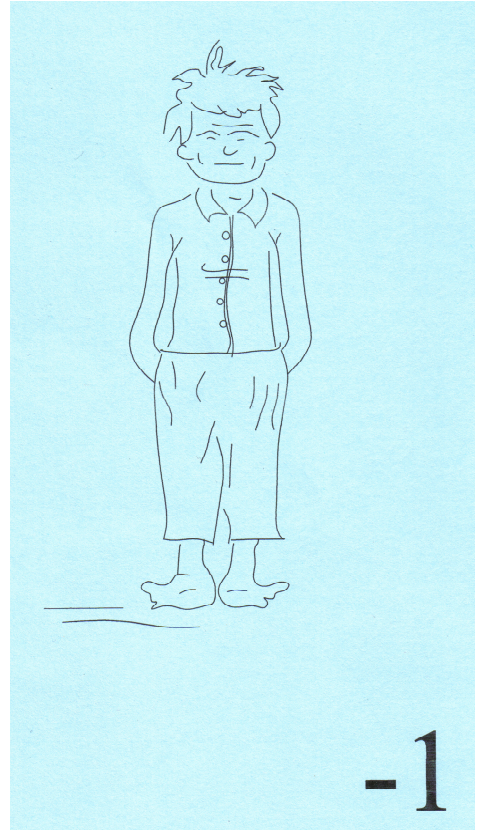
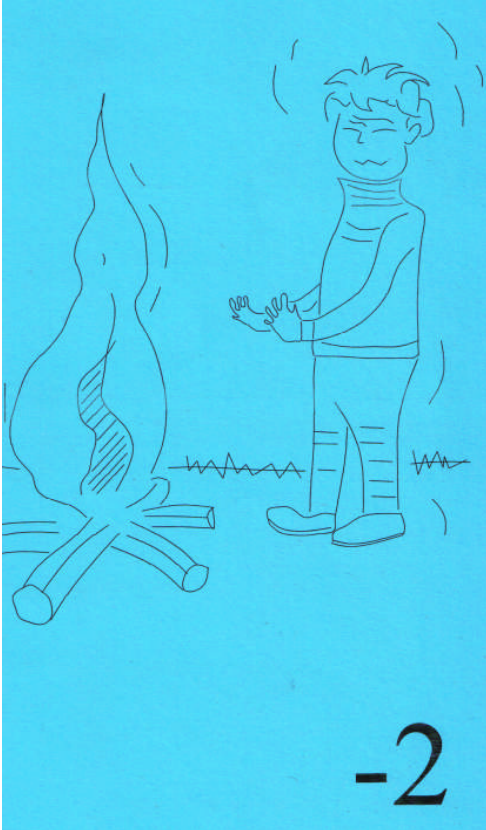
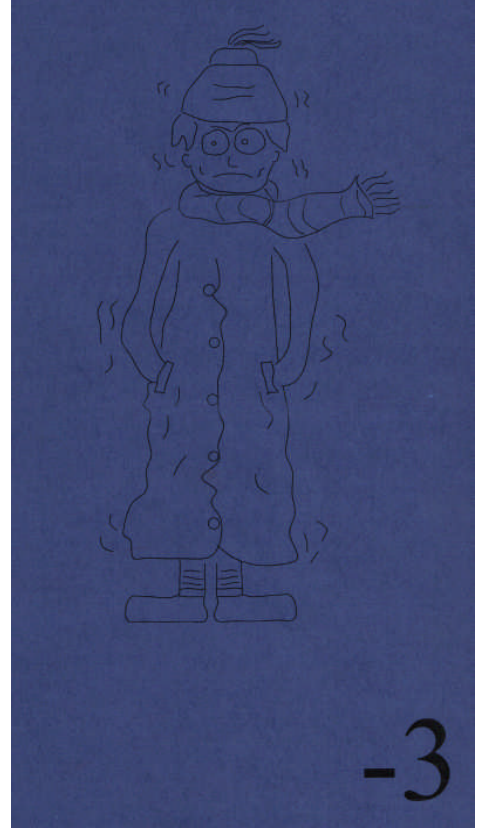
.....

.....

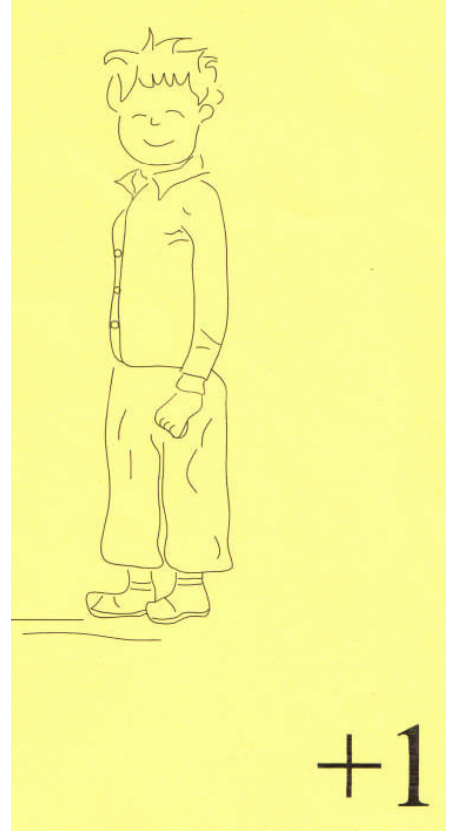
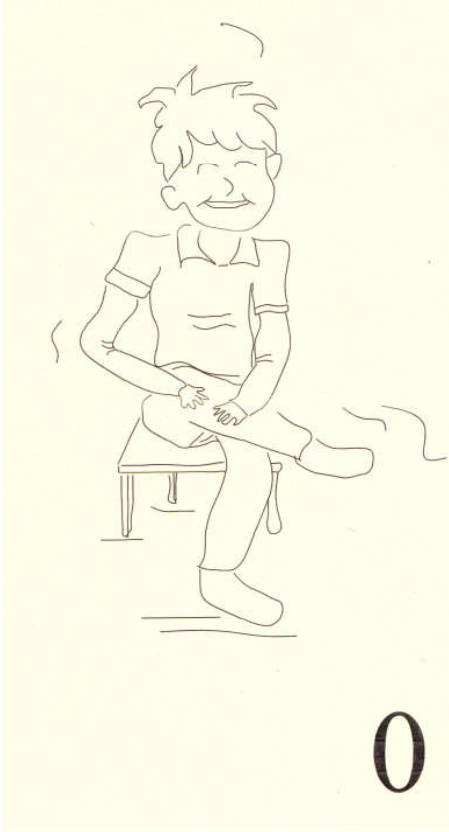
.....

Lütfen bu formu gözetmeninize teslim ediniz.

Teşekkür ederiz.

Ek 2: Termal Duyarlılık Ölçeği Birimlerini Simgeleyen Karikatürler

Ek 2'nin devamı



Ek 3. Trabzon İklimi

Trabzon, dağların kıydan hemen sonra yükselmesi, uzanış yönleri ve bunların yağış getiren rüzgârlara dönük olması gibi etkenlerden dolayı Türkiye'nin ve bölgenin en yağışlı bölümünde yer almaktadır. Bu bölgede meydana gelen yağışlar genellikle cephesel ve orografik yağışlardır. Yağışlar her mevsimde görülmekle birlikte sonbahar ve kış aylarında daha fazla, ilkbahar ve yaz aylarında ise daha azdır. Bölgenin sahil kısımlarından içerilere doğru gidildikçe belirli bir mesafeden sonra yağış karakterinin değiştiği ve miktarının da azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni bol nem taşıyan hava kütlelerinin nemini kıyıya dağların yamaçlarına bırakıp iç kesimlere daha kuru bir şekilde ulaşmasıdır. Karadeniz bölgesinde yağış miktarı batıdan doğuya doğru artmakla birlikte Orta Karadeniz'de biraz azalmaktadır. Karadeniz Bölgesi sıcaklık bakımından en mutedil bölgedir. Sıcaklık ortalamaları sonbahar ve kış aylarında sahillere iç bölgelere gidildikçe azalmakta, ilkbahar ve yaz aylarında ise artmaktadır [69,70,71].

Yıllık sıcaklık ortalaması: 14°C - 15°C

Ocak ayı sıcaklık ortalaması: 7°C

Temmuz ayı sıcaklık ortalaması: 23°C

Yıllık yağış miktarı 1500–2500 mm [69]

Ek 3'ün devamı

Trabzon İli'ne ait uzun yıllar arasında gerçekleşen en yüksek sıcaklık değerleri ve gerçekleştiği tarihler [71]

		Trabzon	
		Yıl	Değer
MAKSİMUM SICAKLIK °C	1975–2005	Yıl	1988
		Ay	5
		Gün	17
		Değer	37,8
	1976–1985	Yıl	1980
		Ay	6
		Gün	1
		Değer	34
	1986–1995	Yıl	1988
		Ay	5
		Gün	17
		Değer	37,8
	1996–2005	Yıl	2000
		Ay	7
		Gün	30
		Değer	37

Ek 3'ün devamı

Trabzon İli'ne ait uzun yıllar arasında gerçekleşen en düşük sıcaklık değerleri ve gerçekleştiği tarihler [71]

		Trabzon	
		Yıl	
MINİMUM SICAKLIK °C	1975–2005	Yıl	1985
		Ay	2
		Gün	22
		Değer	-6,1
	1976–1985	Yıl	1985
		Ay	2
		Gün	22
		Değer	-6,1
	1986–1995	Yıl	1989
		Ay	1
		Gün	4
		Değer	-3,9
	1996–2005	Yıl	1997
		Ay	3
		Gün	20
		Değer	-4

Ek 3'ün devamı

Trabzon İli'ne ait uzun yıllar arasında gerçekleşen en büyük kar yüksekliği ve gerçekleştiği tarihler [71]

		Trabzon	
		Yıl	Değer
MAKSİMUM KAR YÜKSEKLİĞİ (cm)	1975–2005	Yıl	1985
		Ay	2
		Gün	27
		Değer	41
	1976–1985	Yıl	1985
		Ay	2
		Gün	27
		Değer	41
	1986–1995	Yıl	1994
		Ay	12
		Gün	5
		Değer	33
	1996–2005	Yıl	1997
		Ay	1
		Gün	28
		Değer	36

Ek 3'ün devamı

Trabzon İli'ne ait uzun yıllar arasında gerçekleşen en yüksek yağış miktarı ve gerçekleştiği tarihler [71]

		Trabzon	
		Yıl	Değer
MAKSİMUM YAĞIŞ MİKTARI (mm)	1975–2005	Yıl	1992
		Ay	7
		Gün	10
		Değer	115,1
	1976–1985	Yıl	1997
		Ay	12
		Gün	22
		Değer	58,1
	1986–1995	Yıl	1992
		Ay	7
		Gün	10
		Değer	115,1
	1996–2005	Yıl	2000
		Ay	9
		Gün	1
		Değer	86,4

Ek 3'ün devamı

Trabzon İli'ne ait uzun yıllar arasında gerçekleşen en yüksek rüzgâr hızı değeri ve gerçekleştiği tarihler [71]

		Trabzon	
		Yıl	Değer
MAKSİMUM RÜZGÂR HIZI (m/sn)	1975–2005	Yıl	1987
		Ay	12
		Gün	29
		Değer	31,3
	1976–1985	Yıl	1983
		Ay	3
		Gün	9
		Değer	24,8
	1986–1995	Yıl	1987
		Ay	12
		Gün	29
		Değer	31,3
	1996–2005	Yıl	2003
		Ay	1
		Gün	7
		Değer	28,6

Ek 3'ün devamı

Trabzon İli'ne ait uzun yıllar arasında gerçekleşen ortalama değerler [71]

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (Saat)	Ort. Yağışlı Gün Sayısı
Ocak	7,4	10,9	4,5	2,5	13,5
Şubat	7,0	10,6	4,1	3,0	13,0
Mart	8,3	12,0	5,4	3,4	14,0
Nisan	12,0	15,9	8,8	4,2	14,6
Mayıs	15,8	19,0	12,7	5,4	13,6
Haziran	20,2	23,5	16,7	6,9	11,5
Temmuz	23,1	26,3	19,8	5,6	8,3
Ağustos	23,2	26,8	20,0	5,3	10,2
Eylül	20,1	23,9	16,9	5,0	11,6
Ekim	16,2	20,0	13,2	4,3	13,7
Kasım	12,3	16,1	9,3	3,4	12,8
Aralık	9,2	12,8	6,3	2,4	13,5

Ek 3'ün devamı

Trabzon İli'ne ait uzun yıllar içinde gerçekleşen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri (1975-2007) [71]

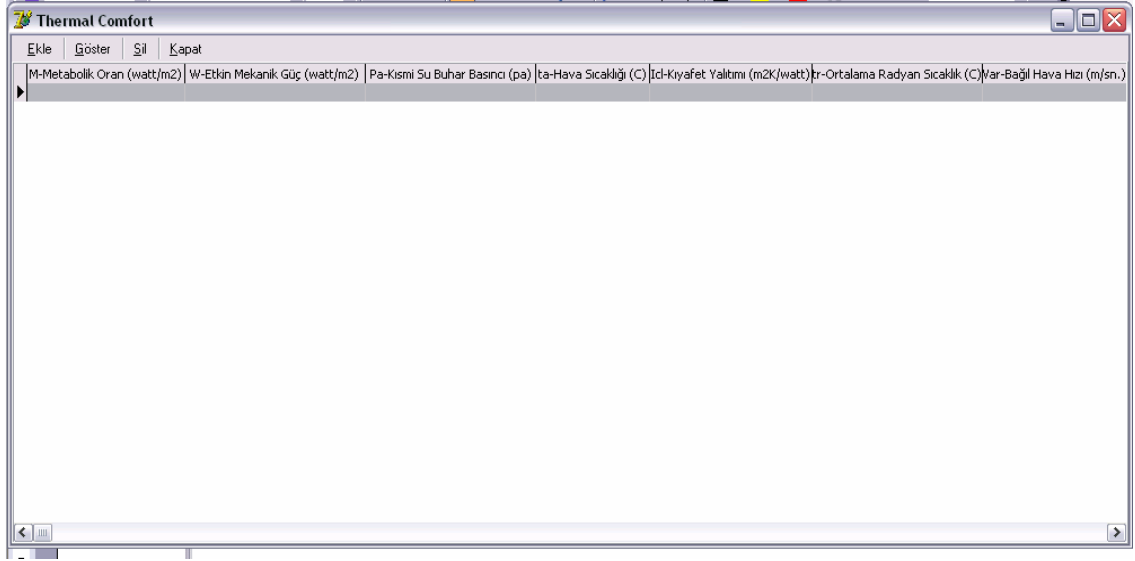
Aylar	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Gerçekleşme Tarihi	En Düşük Sıcaklık (°C)	Gerçekleşme Tarihi
Ocak	24,3	29.01.05	-4,6	30.01.80
Şubat	26,4	29.02.05	-6,1	22.02.85
Mart	32,3	28.03.01	-5,0	02.03.85
Nisan	34,6	23.04.97	-2,0	05.04.04
Mayıs	37,8	17.05.98	5,4	04.05.85
Haziran	35,9	06.06.94	10,3	12.06.04
Temmuz	37,0	30.07.00	13,5	01.07.78
Ağustos	34,8	10.08.01	13,8	17.08.75
Eylül	33,2	14.09.98	10	26.09.83
Ekim	32,7	13.10.98	3,8	24.10.77
Kasım	30,3	06.11.90	1,0	18.11.01
Aralık	26,4	05.12.80	-3,1	28.12.02

Trabzon İli'ne ait kaydedilen en yüksek değerli iklim değişkenleri ve kaydediliş tarihleri [71]

	Tarih	Miktar	Birim
En çok yağış	10.07.92	115.1	kg/m ³
En hızlı rüzgar	29.12.87	112.7	km/saat
En yüksek kar	27.02.85	41.0	cm

Ek 4: Bir Mekândaki Termal Konfor Düzeyini Hesaplamak İçin Önerilen Bilgisayar Programı

Bu program termal konfor altı ana değişkeninin veri girdisi olarak kullanıldığı ve sonuç ürün olarak o mekâna dair PMV ve PPD değerlerinin hesaplandığı bir programdır. Programın veri tabanını oluşturan denklemler 1.3.4.'de Termal Konfor Denklemi başlığı altında anlatılmıştır.



Önerilen programın ilk ara yüzü

Ek 4'ün devamı

Hesaplama

Veriler

M-Metabolik Oran (met)

W-Etkin Mekanik Güç (watt/m2)

RH-Bağıl Nem (%)

ta-Hava Sıcaklığı (C)

Icl-Kıyafet Yalıtımı (clo)

tr-Ortalama Sıcaklık (C)

Var-Bağıl Hava Hızı (m/sn.)

Sonuçlar

PMV-Tahmini Ortalama Oy

PPD-Memnuniyetsizlerin Tahmini Yüzdesi

Hesapla Kapat Tamam

Programın ekle butonundan ulaşılan hesaplama ara yüzü

Hesaplama Tamamlandı...

Veriler

M-Metabolik Oran (met)

W-Etkin Mekanik Güç (watt/m2)

RH-Bağıl Nem (%)

ta-Hava Sıcaklığı (C)

Icl-Kıyafet Yalıtımı (clo)

tr-Ortalama Sıcaklık (C)

Var-Bağıl Hava Hızı (m/sn.)

Sonuçlar

PMV-Tahmini Ortalama Oy

PPD-Memnuniyetsizlerin Tahmini Yüzdesi

Hesapla Kapat Tamam

Altı ana değişkenin veri olarak girilmesinden sonra elde edilen sonuçlar

ÖZGEÇMİŞ

1983 Tokat (Erbaa) doğumludur. 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde başladığı yüksek öğrenimini 2005 yılında 2.'lik derecesi ile bitirmiştir. Aynı üniversitenin FBE'nde 2005 yılında yüksek lisans programına başlamıştır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.