



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

BİR EĞİTİM BİNASININ ISIL KONFOR VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

**GÜLBEN ÇALIŞ
TÜRKAN GÖKSAL ÖZBALTA
MERVE KURU
BERNA ALT
EGE ÜNİVERSİTESİ**



BİR EĞİTİM BİNASININ ISIL KONFOR VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Gülben ÇALIŞ
Türkan GÖKSAL ÖZBALTA
Merve KURU
Berna ALT

ÖZET

Isıl konfor, insanların kendilerini rahat hissettikleri ortam koşullarını ifade etmekle beraber iş verimi ve üretkenliği etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Eğitim binalarında ısı konfor koşullarının sağlanması, öğrencilerin dikkat ve algılama düzeylerini artırması açısından kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu çalışmada, eğitim binalarında ısı konfor koşullarının araştırılmasına ve iyileştirilmesine yönelik öneriler getirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, Ege Üniversitesi kampüsündeki İnşaat Mühendisliği Bölümü binasında farklı katlarda yer alan iki derslikte ısı konfor koşulları ve kullanıcı memnuniyeti, deneysel ölçümler ve anket çalışması ile belirlenmiştir. Ortam koşulları yerinde yapılan ölçümler sonucu elde edilmiş ve tahmini ortalama oy (PMV) ve memnuniyetsizlerin tahmini yüzdesi (PPD) değerlerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Anket çalışması yerinde ölçümler ile eş zamanlı yürütülmüştür. Anket sonuçları, gerçek ortalama oy (AMV) değerlerinin hesaplanması yanında kullanıcı tercih ve algılarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Değerlendirmelerde ASHRAE 55-2010 standardı dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, eğitim binasının farklı katlarında yer alan iki dersliğinde, Haziran ve Kasım dönemleri için kullanıcı memnuniyetine yönelik farklılıklar ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Isıl konfor, PMV/PPD, AMV, Eğitim binaları.

ABSTRACT

Thermal comfort implies the environmental conditions that occupants feel comfortable and is one of the most important factors which effects efficiency and productivity. In order to increase attention and perception of students, providing thermal comfort conditions in educational buildings is an avoidable necessity. This study aims to investigate the thermal comfort conditions in educational buildings and provides suggestions for improvement. Within this context, thermal comfort conditions and occupants' satisfaction were investigated in two classrooms, which are located in different floors of Department of Civil Engineering's educational building at Ege University campus, via field measurements and questionnaires. Environmental conditions were determined by field measurements and the data were used to calculate the predicted mean vote (PMV) and the predicted percentage of dissatisfied (PPD) indices. Questionnaires were conducted simultaneously during field measurements. Results of the questionnaires were used to calculate the actual mean vote (AMV) as well as to assess occupants' preferences and perceptions. ASHRAE 55-2010 were taken into account for evaluation. Consequently, the differences between satisfaction of occupants in two classrooms, which are located in different floors of the educational buildings, for June and November were demonstrated.

Keywords: Thermal comfort, PMV/PPD, AMV, Educational buildings.

1.GİRİŞ

Isıl konfor, insanların zihninde ısıl çevre ile olan memnuniyet ifadesinin oluşması olarak tanımlanabilir [1]. Isıl konfor, iş verimini ve üretkenliği etkileyen önemli etkenlerden biri olup çevresel ve kişisel olmak üzere iki temel parametreye bağlıdır. Ortalama ışınım sıcaklığı, bağıl nem, hava akım hızı ve iç ortam sıcaklığı çevresel parametreleri; giysi durumu ve aktivite düzeyi ise kişisel parametreleri oluşturmaktadır. Eğitim binalarında ısıl konfor koşullarının sağlanması ise öğrencilerin dikkat, algılama ve öğrenme düzeylerini artırması açısından önemlidir.

Bir ortamın geniş bir insan topluluğu tarafından konforlu olarak algılanıp algılanmadığı, Fanger ve Toftum tarafından geliştirilmiş olan Tahmini Ortalama Oy (PMV) ısıl duyum ölçeği ile ifade edilmektedir [1]. Bu ölçek, yedi noktalı ısıl duyarlılık ölçeğinde geniş bir popülasyonun ortalama oylarının değerlerini öngören bir indekstir. Öngörülen Memnuniyetsizlik Yüzdesi İndeksi (PPD) kendini serin veya ılık ortamda rahatsız hisseden insan sayısını tahmin etmek için kullanılmaktadır. PMV ve PPD yapılan ortam ölçümlerine dayanılarak hesaplanmaktadır. Bunlara ek olarak kullanıcıların algılarını anlayabilmek için anket uygulanmakta ve böylece subjektif değerlendirmeler ile ortam ölçümleri ilişkilendirilebilmektedir.

Eğitim binalarında ısıl konfor ile ilgili yapılan çalışmalarda, PMV/PPD değerleri ile anket çalışmalarına sıkça rastlanılmaktadır. Mors ve diğerleri ilköğretim dersliklerinde ısıl konfor araştırmalarını deneysel ve anket çalışmaları ile yapmışlardır [2]. Ortam koşullarının belirlenmesi için yapılan ölçümler, PMV ve PPD değerlerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Anket sonuçlarından elde edilen gerçek ortalama oy (AMV) değerleri ile PMV değerlerinin farklılık gösterdiği ve PMV modelinin ilköğretim çağındaki öğrencilerin ısıl konfor algısını tahminlemede doğru sonuçlar vermediği sonucuna varmışlardır. İlköğretim dersliklerinde yürütülen bir başka çalışma, çocukların yetişkinlere göre yüksek sıcaklıklara daha duyarlı olduklarını ortaya koymuştur [3]. Buna karşın, Wong ve Khoo tropik bölgede bulunan bir okulda yürüttükleri çalışmalarında, öğrencilerin serin ortamlara sıcak ortamlara oranla daha hızlı adapte olabildikleri sonucuna ulaşmışlardır [4]. Yapılan bir başka çalışmada sıcak ve nemli iklim bölgesinde bulunan bir eğitim binasında ısıl konfor koşullarının ve kullanıcı algısının ASHRAE standardına göre değerlendirmesi yapılmıştır [5]. Sonuçlar, bu bölgelerde sıcaklıkların yüksek olmasına karşın kullanıcıların ortam koşullarını kabul etme oranlarının bir başka deyişle tolerans düzeylerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Hwang ve arkadaşları çalışmalarında, üniversite dersliklerinde öğrencilerin ısıl konfor algısını etkileyen parametreleri ortaya koymayı amaçlamışlardır [6]. Deneysel ve anket çalışma sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, ortam sıcaklığı, hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklıklarının algıyı önemli derecede etkilediği, ancak bağıl nem oranının istatistiksel olarak bir fark yaratmadığını ortaya koymuşlardır. Yapılan çalışmalar, eğitim binalarında ısıl konfor algısının yaş grupları ve bulunulan iklim özelliklerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu çalışmada, sıcak ve nemli iklim bölgesinde bulunan İzmir ilindeki bir üniversite eğitim binasında kullanıcıların ısıl konfor algısı ve tercihlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada öncelikle yöntem açıklanmakta ve izleyen bölümlerde incelenen eğitim binası tanıtarak, bulgular ve sonuçlar aktarılmaktadır.

2.YÖNTEM

Çalışmada, incelenen dersliklerdeki ısıl konfora etki eden çevresel etkenlere ait veriler, ortam sıcaklığı, bağıl nem, hava akım hızı deneysel ölçümler sonucu elde edilmiştir. Ölçümler, anket uygulaması ile birlikte Haziran ve Kasım aylarında yapılmıştır.

2.1. Çevresel Parametrelerin Ölçümü

İç ortam koşullarına ilişkin verilerin toplanması; iç hava sıcaklığı, bağıl nem ve hava akım hızı ölçülmesi Termo-anemometre Model 435-2 ile yapılmıştır. Ölçümler, ASHRAE55-2010 [7]



standardında belirtildiği gibi yerden 1,1 m yükseklikten alınmış ve dakikalık olarak kaydedilmiştir. Ölçüm sistemine ait özellikler Tablo 1 'de verilmektedir.

Tablo 1. Ölçüm sistemine ait özellikler

Parametreler	Çalışma Aralığı	Hata Payı
Sıcaklık	-20 to 50 °C	±0,3 C
Bağıl Nem	0-100 %	±2 %
Hava Akım Hızı	0-20 m/sn	±0,03 m/sn ölçüm, +2% okuma

Veriler, Fanger tarafından geliştirilmiş olan PMV ve PPD indeks değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Ortalama ışıınım sıcaklığı (T_r) Nagona [8] tarafından önerilen ve iç ortam hava sıcaklığına (T_a) bağlı olan Denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$T_r = 0.99 \cdot T_a - 0.01, R^2 = 0.99 \quad (1)$$

Operatif sıcaklığın (T_o) hesabı için ise ASHRAE55-2010'da yer alan; iç ortam hava sıcaklığına (T_a) ve ortalama ışıınım sıcaklığına (T_r) bağlı olan Denklem (2) kullanılmıştır.

$$T_o = A \cdot T_a + (1-A) \cdot T_r \quad (2)$$

Denklemdeki A, hava akım hızına (V) bağlı bir sabit olup standartta yer alan Tablo 2'den yararlanılarak belirlenmiştir.

Tablo 2. A değerleri

Vr değeri	A değeri
$V_r < 0.2$	A=0.5
$0.2 < V_r < 0.6$	A=0.6
$0.6 < V_r < 1.0$	A=0.7

2.2. Anket Çalışması

Subjektif değerlendirmede, kullanıcılara buldukları ortamı ısı açıdan değerlendirebilmeleri için içeriği ASHRAE55-2010 standardında belirtilen anket uygulanmıştır. Ankette kullanıcıların ortam koşullarıyla ilgili algı, tercih, kabul edilebilirlik ve toleranslarını anlamaya yönelik sorular yer almaktadır. Anket soruları Fanger'in 7 nokta ısıl duyum ölçeğine göre hazırlanmıştır. Kullanıcılardan buldukları ortamı nasıl hissettiklerini Tablo 3'de görülen (-3)den (+3)e kadar seçim yaparak değerlendirmeleri istenmiştir. Buna ek olarak, kullanıcılara, metabolik aktivite hızlarını ve kıyafet ısıl dirençlerini öğrenmek için de sorular sorulmuştur.

Tablo 3. Isıl Duyum Ölçeği

Ölçek	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Isıl duyum	Soğuk	Serin	Hafif serin	Konforlu (Nötr)	Hafif ılık	Ilık	Sıcak

Kullanıcılardan anketteki her soru için tek bir cevap seçmeleri istenmiştir. Toplamda 153 adet anket uygulanmış, 3 anketin geçersiz sayılması nedeniyle 150 adet değerlendirmeye alınmıştır. Haziran ve Kasım aylarında sırasıyla 38 ve 37 öğrenci çalışmaya katılmıştır. Öğrencilerin yaş aralıkları 18-25 olup büyük çoğunluğunu erkek öğrenciler oluşturmaktadır.

Ölçümler ders sırasında alındığından dolayı tüm öğrencilerin oturur vaziyette olduğu gözlemlenmiş ve aktivite düzeyleri ASHRAE55-2010 standardına göre 1.0 met olarak alınmıştır. Ayrıca, ölçüm

dönemine bağlı olarak öğrencilerin birbirlerine oldukça benzer giyindikleri gözlemlenmiş ve standarda göre kıyafet ısı dirençleri Haziran ayı için 0,35 clo ve Kasım ayı için 0,70 clo olarak hesaplanmıştır.

3. EĞİTİM BİNASININ TANITIMI

Çalışma, Ege Üniversitesi Kampüsü'nde 2002-2003 yılları arasında inşa edilmiş olan Şekil 1'de konum planı verilen İnşaat Mühendisliği Bölümü binasında gerçekleştirilmiştir. Bina, iklimsel özellikler açısından 1. derece-gün bölgesinde (İzmir, 38°25' K-Enlemi, 27°09' Doğu-Boylam) yer almaktadır. Bunun yanında, yapısal ve bina kabuğuna ilişkin termofiziksel özellikler, konum ve yön dikkate alındığında ısı konfor koşullarının sağlanması özellikle soğutma döneminde büyük önem taşımaktadır. Çalışma için farklı katlarda, güney cephede yer alan 136,63 m² taban alanına sahip ve öğrenci kapasitesi yaklaşık 70-80 kişi olan 2 derslik seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Kampüs alanında binanın konumu



Şekil 2. İncelenen eğitim binasının 1. ve 2. kat planları

İncelenen binada ısıtma ve soğutma, merkezi sistem aracılığı ile gerçekleştirilmekte olup, ayrıca pek çok mekanda split klimalar bulunmaktadır. Binanın dış duvarlarında yalıtım yoktur, sadece teras çatıda 5 cm'lik XPS ısı yalıtımı bulunmaktadır. Binanın pencereleri yalıtımsız alüminyum doğramalardan üretilmiş ve saydam yüzeylerde çift cam kullanılmıştır. Bina kabuğuna ilişkin özellikler Tablo 4'de yer almaktadır.

Tablo 4. Bina yapı kabuğu bileşenleri ve özellikleri

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)
DIŞ DUVAR (BETONARME)	Dış Sıva	0,02	0,7
	Donatılı Beton	0,3	2,5
	İç Sıva	0,02	1,4
DIŞ DUVAR (BİMSBLOK)	Dış Sıva	0,02	0,7
	Bimsblok	0,2	0,27
	İç Sıva	0,02	1,4
TAVAN (TERAS ÇATI)	Dış Sıva	0,015	1
	Betonarme Döşeme	0,2	2,5
	Çimento harçlı şap	0,04	1,4
	Su yalıtımı	0,005	0,19
	Çimento harçlı şap	0,03	1,4
	XPS ısı yalıtımı	0,05	0,035
	Çimento harçlı şap	0,02	1,4
	Seramik kaplama	0,015	2,3
TABAN (TOPRAK TEMASLI)	Seramik kaplama	0,01	2,3
	Çimento harçlı şap	0,055	1,4
	Su yalıtımı	0,02	0,19
	Yapıştırma harcı	0,04	1,4
	Betonarme Döşeme	0,2	2,5

4.BULGULAR

4.1. İç Ortam Koşullarının Analizi

İncelenen dersliklerdeki ölçüm (iç ortam hava sıcaklığı, bağıl nem ve hava akım hızı) sonuçlarının istatistiksel analizi Tablo 5’de verilmektedir. Haziran ayında yapılan ölçümlerde farklı katlarda yer alan D104 ve D204 dersliklerinde iç hava sıcaklıklarının çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. D104 dersliğindeki ölçülen değerlerin standart sapması (STS) 0,38; D204 dersliğindeki ölçümlerin STS’sı 0,05 dir. D104 dersliğinde iç ortam hava sıcaklığı ortalama olarak 28,6°C olup 28,1 °C ile 29,1 °C arasında değişmiştir. D204 dersliğinde iç ortam hava sıcaklığı ortalama olarak 28,6 °C olarak kaydedilmiştir. D104 dersliğinde bağıl nem %40,2 ile %45,3 arasında değişirken ortalama değeri %42,2’dir. D204 dersliğinde ise bağıl nem %41,6 ile %52,9 arasında değişmiş olup ortalama değeri %47,4’tür. D104 dersliğindeki hava akım hızı, minimum 0,01 m/s ve maksimum 0,30 m/s olarak ölçülmüştür. D204 dersliğinde hava akım hızındaki değişimin yok denecek kadar az olduğu gözlemlenmiş olup STS 0,01’dir.

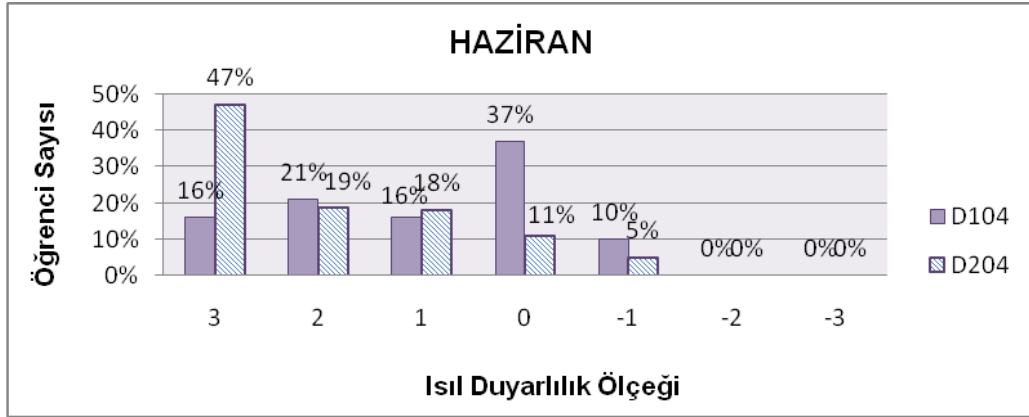
Kasım ayında yapılan ölçümlerde farklı katlarda yer alan D104 ve D204 dersliklerinde iç ortam hava sıcaklığının Haziran ayında olduğu gibi çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. D104 dersliğinde iç ortam hava sıcaklığı 24,7 °C ile 26,0 °C arasında değişmiş olup D204 dersliğinde en düşük 26,7 °C ve en yüksek 27,3 °C olarak ölçülmüştür. D104 dersliğinde bağıl nem %52,5 ile %59,7 arasında değişmiş, D204 dersliğindeki değişim ise diğer ölçümlere göre oldukça azdır. En düşük bağıl nem %40,2 ve en yüksek %42,2’dir. D104 dersliğinde hava akım hızı 0,01 m/s ile 0,10 m/s arasında değişirken D204 dersliğinde bazı dakikalarda hava akımının olmadığı, en yüksek hava akım hızının da 0.04 m/s olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 5. İç ortam koşullarına ilişkin değerlerin istatistiksel analizi

	Haziran		Kasım	
	D104	D204	D104	D204
İç Ortam Hava Sıcaklığı (°C)				
Ortalama	28,6	28,6	25,6	27,1
STS	0,38	0,05	0,53	0,23
Minimum	28,1	28,5	24,7	26,7
Maksimum	29,1	28,6	26,0	27,3
Bağıl Nem(%)				
Ortalama	42,2	47,4	55,8	41,2
STS	2,11	4,88	2,67	0,76
Minimum	40,2	41,6	52,5	40,2
Maksimum	45,3	52,9	59,7	42,2
Hava Akım Hızı (m/sn)				
Ortalama	0,06	0,02	0,03	0,01
STS	0,11	0,01	0,03	0,01
Minimum	0,01	0,01	0,01	0
Maksimum	0,30	0,02	0,10	0,04
Ortalama Işınım Sıcaklığı (°C)				
Ortalama	28,3	28,3	25,3	26,8
STS	0,37	0,05	0,51	0,23
Minimum	27,8	28,2	24,4	26,4
Maksimum	28,8	28,3	25,7	27,0
Operatif Sıcaklık (°C)				
Ortalama	28,5	28,4	25,4	26,9
STS	0,37	0,05	0,51	0,23
Minimum	27,9	28,4	24,6	26,6
Maksimum	28,9	28,5	25,9	27,2

4.2. Isıl Duyarlılık Analizi

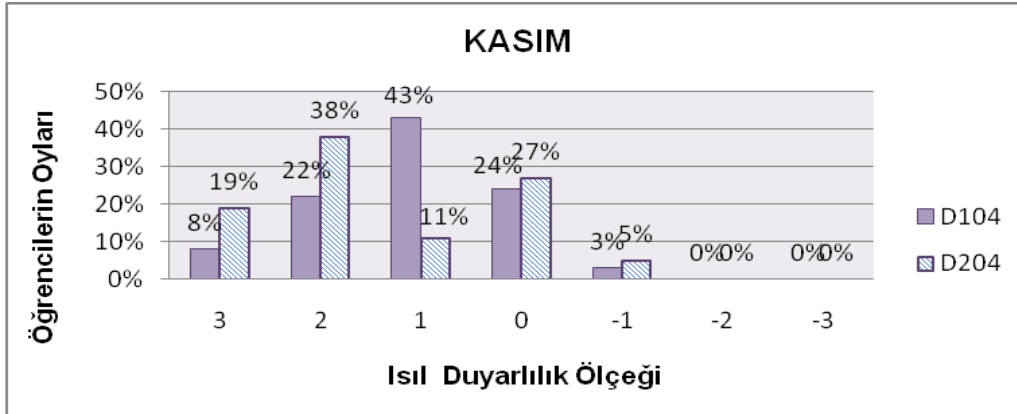
Haziran ayına ilişkin D104 ve D204 dersliklerindeki kullanıcıların ısı duyarlılıklarına ilişkin sonuçlar Şekil 3'de gösterilmektedir. Haziran ayında D104 dersliğinde öğrencilerin %16'sı ortamı sıcak (+3), %21'i ılık (+2), %16'sı da hafif ılık (+1) olarak değerlendirmiştir. Kullanıcıların büyük çoğunluğu (%37) ortamı konforlu (0) olarak tanımlamıştır. Buna karşılık, öğrencilerin %10'u ortamı hafif serin (-1) bulduklarını belirtmişlerdir. D204 dersliğinde ise öğrencilerin sadece %11'i ortamı konforlu (0) olarak tanımlarken büyük çoğunluğu (%47) ortamı sıcak (+3) olarak değerlendirmiştir. Öğrencilerin %19'u ortamı ılık (+2), %18'i de hafif ılık (+1) bulduklarını belirtmişlerdir. Ortamı hafif serin (-1) olarak değerlendiren öğrenciler ise %5'lik dilimi oluşturmaktadır. İç hava sıcaklığının ortalama değerinin her iki derslikte de 28,6 °C olmasına karşın bazı öğrencilerin ortamı hafif serin olarak değerlendirmelerinin nedeni giyim tarzı ve pencere kenarına oturmalarına bağlı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3. Haziran ayına ilişkin ısı duyarlılık sonuçları

Şekil 4 Kasım ayına ilişkin D104 ve D204 dersliklerindeki kullanıcıların ısı duyarlılıklarını göstermektedir. Kasım ayında D104 dersliğinde kullanıcıların %43'ü ortamı hafif ılık (+1) olarak değerlendirirken sadece %24'ü ortamı konforlu (0) olarak değerlendirmiştir. %8'lik kısım sıcak (+3), %22'lik kısım ise ılık (+2) olarak değerlendirmiştir. Oldukça düşük bir yüzde olmasına karşın (%3) hafif serin (-1) hisseden kullanıcılar da bulunmaktadır.

Kasım ayında D204 dersliğinde ise kullanıcıların %38'i ortamı ılık (+2) olarak değerlendirmiştir. %27'lik bir kısım konforlu (0) olarak değerlendirirken %19'luk kısım sıcak (+3), %11'lik kısım da hafif ılık (+1) olarak değerlendirmiştir. Burada da hafif serin (-1) hissedenler, kullanıcıların %5'ini oluşturmaktadır.



Şekil 4. Kasım ayına ilişkin ısı duyarlılık sonuçları

Haziran ayında D104 dersliği için gerçek ortalama oy (AMV) değeri 1,32 bulunmuş ve bu değere göre kullanıcıların dersliği hafif ılık (+1) olarak değerlendirdikleri anlaşılmaktadır. D204 dersliği için AMV değeri 1,87 bulunmuş olup derslik kullanıcılar tarafından ılık (+2) olarak değerlendirilmiştir.

Kasım ayında D104 dersliği için AMV değeri 1,08 bulunmuş olup derslik kullanıcılar tarafından, Haziran ayında olduğu gibi, hafif ılık (+1) olarak değerlendirilmiştir. D204 dersliği için AMV değeri 1,31 bulunmuş ve derslik kullanıcılar tarafından hafif ılık (+1) olarak değerlendirilmiştir. Kasım ayında dış ortam hava sıcaklığının Haziran ayına göre azalması nedeniyle derslikler için bulunan AMV değerlerinde de azalma gözlemlenmiştir. Ancak bu azalma D104 dersliğinin ısı açıdan değerlendirildiği aralığı değiştirmezken; Haziran ayında ılık olarak değerlendirilen D204 dersliğinin Kasım ayında hafif ılık olarak değerlendirilmesine neden olmuştur.

4.3. Isıl Tercih Analizi

Anket sonuçlarının ısı duyarlılık ve ısı tercih bakımından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine ait sonuçlar Haziran ayı için Tablo 6' da; Kasım ayı için Tablo 7' de görülmektedir. Haziran ayında D104 dersliğinde ortam koşullarını ASHRAE55-2010 ısı duyarlılık ölçeğine göre üç merkez kategori olan hafif serin (-1), konforlu (0) veya hafif ılık (+1) olarak tanımlayan kullanıcıların % 70,8'i daha soğuk hissetmeyi tercih edeceklerini belirtirken, %25'i ortam koşullarında değişikliğe gerek olmadığını, %4,2'si ise daha sıcak ortam koşullarını tercih edeceklerini belirtmişlerdir. D204 dersliğinde kullanıcıların %76,92'si daha soğuk ortamda olmayı tercih ettiklerini, %23,1'i ise değişikliğe gerek olmadığını belirtmişlerdir.

Kasım ayında D104 dersliğinde ortam koşullarını hafif serin (-1), konforlu (0) veya hafif ılık (+1) olarak tanımlayan kullanıcıların % 42,3'ü daha soğuk ortamda olmayı tercih ettiklerini, %42,3'ü değişikliğe gerek olmadığını, %15,4'i ise daha sıcak ortam koşullarını istediklerini belirtmişlerdir. D204 dersliğinde büyük çoğunluk (%56,3) değişiklik gerekmediğini, %31,3'ü ortamın daha soğuk, %12,5'i ise ortamın daha sıcak olmasını tercih edeceklerini belirtmişlerdir.

Tablo 6. Haziran ayı için ısı tercih analizi

Isıl Duyarlılık Ölçeği(%)	Isıl Tercih (%)					
	D104			D204		
	Daha soğuk	Değişikliğe gerek yok	Daha sıcak	Daha soğuk	Değişikliğe gerek yok	Daha sıcak
-3, -2	-	-	-	-	-	-
-1, 0, 1	70,8	25,0	4,2	76,9	23,1	-
+2, +3	92,9	7,1	-	100,0	-	-

Tablo 7. Kasım ayı için ısı tercih analizi

Isıl Duyarlılık Ölçeği(%)	Isıl Tercih (%)					
	D104			D204		
	Daha soğuk	Değişikliğe gerek yok	Daha sıcak	Daha soğuk	Değişikliğe gerek yok	Daha sıcak
-3, -2	-	-	-	-	-	-
-1, 0, 1	42,3	42,3	15,4	31,3	56,3	12,5
+2, +3	54,6	18,2	27,3	57,1	33,3	9,5

Sonuçlar değerlendirildiğinde, Haziran ayı için, kullanıcıların yaklaşık %23-25'lik bir bölümü sıcaklık değişimini gerekli görmez iken, büyük çoğunluğu (%70,8–76,9) ortamı daha soğuk hissetmek istediklerini belirtmişlerdir. Kasım ayında, kullanıcıların ortamı ısı açısından ılık veya sıcak olarak değerlendirmelerine karşın ortamın daha sıcak olmasını isteyenlerin oranı %15,4 ve %12,5 aralığında değişmektedir. Bu dönem için ortamı ısı açısından serin veya soğuk olarak değerlendiren kullanıcı yoktur; ancak D104 dersliğinde %42,3'ü, D204 dersliğinde ise %31,3'ü daha serin hissetmek istediklerini belirtmişlerdir. Değişikliğe gerek görmeyenlerin oranları da D104 ve D204 için sırası ile %42,3 ve %56,3'tür.

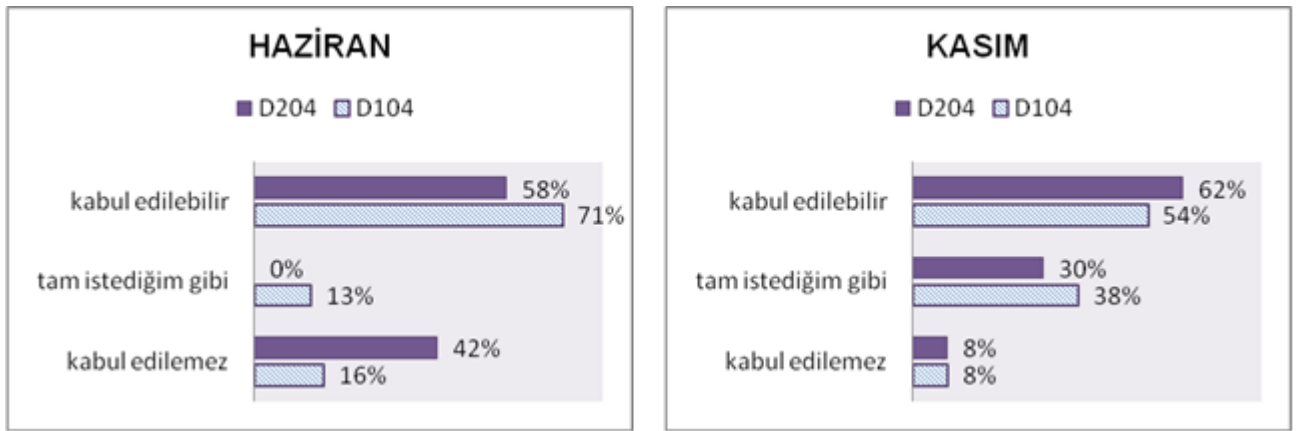
4.4. Kabul Edilebilirlik Analizi

Ortamın ısı açısından kabul edilebilirliğine ilişkin yanıtların sonuçları Haziran ve Kasım ayı için sırasıyla Şekil 5'de görülmektedir. Haziran ayında D104 dersliğindeki ortamı ısı açısından kullanıcıların %71'i kabul edilebilir bulurken; D204 dersliğinde ise %58'i kabul edilebilir bulmuştur. D204 dersliğinde ortamı tam olarak istediği gibi bulan kullanıcı yok iken, D104 kullanıcılarının %13'ü ortam sıcaklığının tam istedikleri gibi olduğunu belirtmişlerdir. D204 dersliğinde kullanıcıların %42'si ortamın ısı açısından memnuniyet verici olarak düşünmez iken; D104 dersliğinde bu oran %16'dır. Bu sonuçlara göre; Haziran ayında D204 dersliğinin kullanıcılara göre ısı açısından D104 dersliğine göre daha kabul

edilemez olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, her iki dersliğin de ara katlarda yer alması ve aynı koşullara sahip olmasından dolayı, mekanın havalandırılması ve gölgeleme elemanlarının düzenlenmesi ile ilişkilendirilebilir.

Kasım ayında D104 dersliğinde kullanıcıların % 54'ü ortamı ısı açıdan kabul edilebilir olarak değerlendirmiş olup, %38'i tam istedikleri gibi olduğunu, %8'i ise memnuniyetsizliklerini belirtmişlerdir. D204 dersliğinde de kullanıcıların büyük çoğunluğu (%62) ortamın kabul edilebilir olduğunu, %30'u tam istedikleri gibi bir ortam olduğunu ve %8'i de memnun olmadıklarını belirtmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, D204 dersliği için Kasım ayında “kabul edilebilir” ve “tam istediğim gibi” diyenlerin oranı Haziran ayına göre daha yüksektir. D104 dersliği için ortamı “tam istediğim gibi” olarak değerlendirenlerin sayısı Haziran ayı için %13 iken bu oran Kasım ayında %38'e ulaşmıştır. Ancak D104 için “kabul edilebilir” oylarının oranı Kasım ayında %62 iken Haziran ayında %58'e gerilemiştir. Ayrıca “kabul edilemez” olarak değerlendirenlerin oranı da Haziran ayında %42 değerine sahiptir. Bu sonuçlardaki en önemli etken dış hava sıcaklığı olmakla birlikte, ortamın yetersiz havalandırılması ve soğutulması olarak değerlendirilebilir. Haziran ayındaki ortalama dış hava sıcaklığı 25.6 °C iken Kasım ayında 14.1°C'dir.



Şekil 5. Haziran ve Kasım ayları için kabul edilebilirlik analizi

4.5. PMV ve PPD İndislerinin Analizi

Tablo 8 incelenen dersliklerde Haziran ve Kasım aylarına ilişkin PMV ve PPD değerlerini göstermektedir.

Tablo 8. PMV ve PPD değerlerinin istatistiksel sonuçları

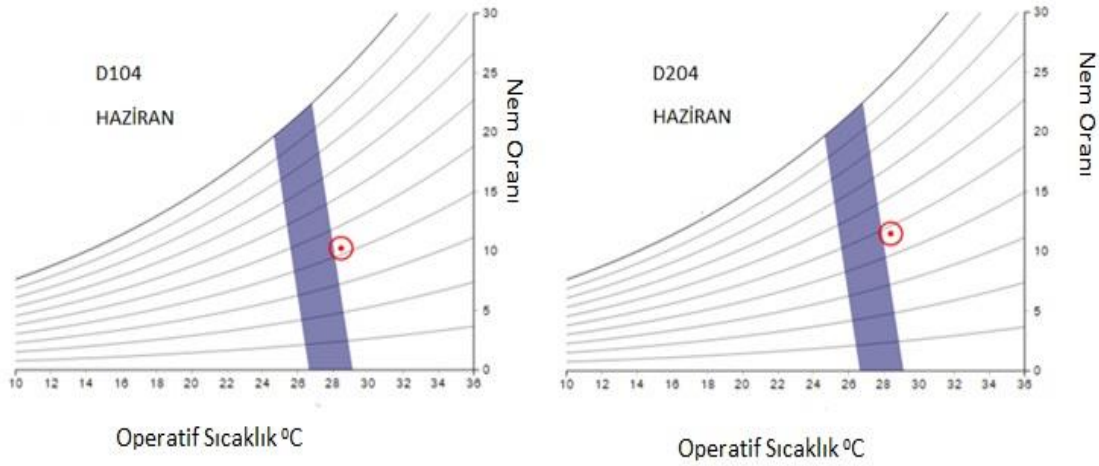
	Haziran		Kasım	
	D104	D204	D104	D204
Tahmini Ortalama Oy (PMV)				
Ortalama	0,67	0,69	0,26	0,65
STS	0,39	0,05	0,14	0,08
Minimum	-0,23	0,61	0,01	0,51
Maksimum	0,85	0,77	0,39	0,71
Memnuniyetsizlerin Yüzdesi (PPD)				
Ortalama	14	15	6	14
STS	5,35	1,41	1,03	1,94
Minimum	6	13	5	11
Maksimum	20	17	8	16

Haziran ayında D104 dersliğine ilişkin hesaplanan ortalama PMV değeri 0,67 (hafif ılık) ve buna karşılık gelen PPD değerinin %14 olduğu görülmektedir. D204 dersliği için hesaplanan ortalama PMV

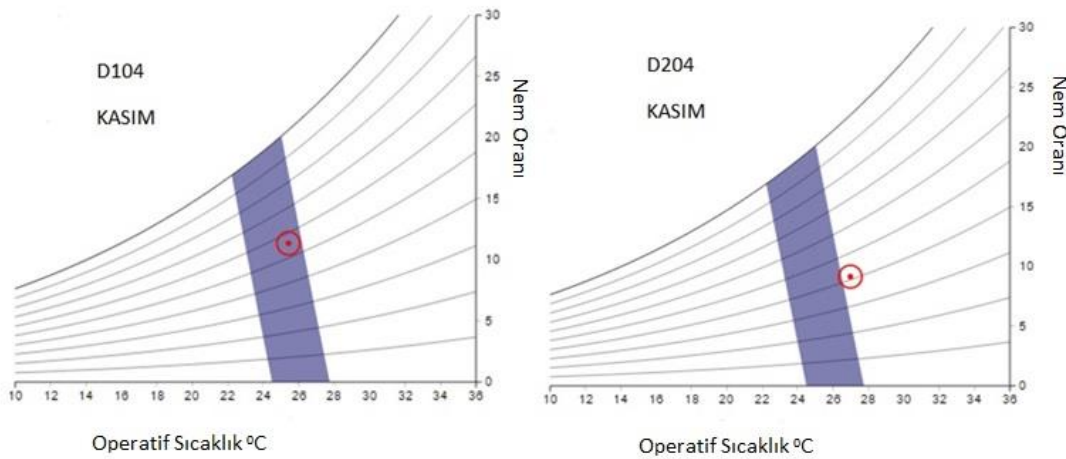
değeri 0,69 (hafif ılık) ve buna karşılık gelen PPD değeri %15'dir. Kasım ayında D104 dersliğinde hesaplanan ortalama PMV değeri 0,26 (konforlu) iken buna karşılık gelen PPD değeri %6'dır. D204 dersliği için ortalama PMV değeri 0,64 (hafif ılık) ve buna karşılık gelen PPD değeri %14'dür.

ASHRAE 55-2010 standardına göre (+0.5) ile (-0.5) aralığındaki PMV değerleri konforlu olarak tanımlanmaktadır. Buna göre, Haziran ayında her iki derslikte de konfor aralığının sağlanmadığı görülmektedir. Kasım ayında ise D104 dersliği konfor aralığında kalırken, D204 dersliğinde sınırın dışında kalındığı anlaşılmaktadır. Her iki dersliğinde ara katlarda ve aynı cephede yer almasına karşın, D204 dersliğinde her iki ayda da konfor koşullarının sağlanamamış olması bu derslikte havalandırma ve/ya ısıtma/soğutma sistemiyle ilgili bir yetersizlik olduğunu düşündürmektedir.

Operatif sıcaklık ve bağıl nem için kabul edilebilir aralıkları Haziran ve Kasım ayları için sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmektedir. Şekillerden anlaşıldığı üzere, Haziran ve Kasım aylarında konfor bölgeleri operatif sıcaklıklara göre değişmekte ve sadece Kasım ayında D104 dersliği için sağlanmaktadır. D104 ve D204 dersliklerinde konforlu bir ortam sağlanabilmesi için gerekli operatif sıcaklıkların Haziran ayında 28 ± 2 °C, Kasım ayında 26 ± 2 °C olarak kabul edilebileceği söylenebilir.



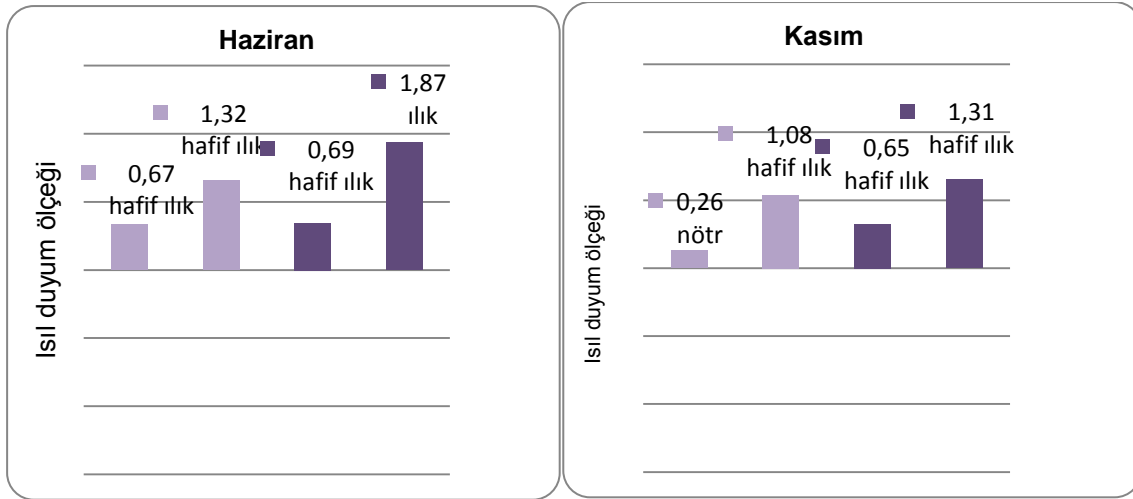
Şekil 6. Haziran ayı için psikometrik grafikler



Şekil 7. Kasım ayı için psikometrik grafikler

5. Sonuç

Bu çalışmada bir eğitim binasının farklı katlarında yer alan iki derslikte ısı konfor koşulları ve kullanıcı memnuniyetinin deneysel ölçümler ve anket çalışması ile belirlenmiştir. Çalışma Haziran ve Kasım aylarında yürütülmüş ve yapılan ölçümlerde D104 ve D204 dersliklerinde iç hava sıcaklıklarının birbirleri ile kıyaslandığında çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Her iki dersliğe ait bağıl nem ortalama değerleri ise D104 dersliğinde Haziran ayı %42,2; Kasım ayı %55,8 iken D204 dersliğinde Haziran ayı %47,4, Kasım %41,2'dir. Hava hızı değişimleri ise her iki dönem için her iki derslikte de yok denilecek düzeydedir. Bu ortam koşullarında kullanıcıların Haziran ayında D204 dersliğini ısı açısından D104 dersliğine göre daha kabul edilemez olduğu belirttikleri görülmektedir. D104 dersliği için AMV değerleri Haziran ayında 1,32; Kasım ayında 1,08 olup her iki dönem için de hafif ılık olarak değerlendirilmiştir. D204 dersliği için Haziran ayında AMV değeri 1,87 ile ılık, Kasım ayında ise 1,31 ile hafif ılık olarak değerlendirilmiştir. Dış ortam hava sıcaklığındaki düşüğe bağlı olarak AMV değerlerinde azalma görülmektedir. Bu azalma sadece D204 dersliğinde ısı açısından değerlendirme aralığının değişmesine neden olmuştur (Haziran – ılık; Kasım - hafif ılık). PMV indisi ve AMV değerlerinin karşılaştırılması Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8. PMV ve AMV değerlerinin karşılaştırılması

Sonuç olarak, üst katta yer alan D204 dersliğinde öğrencilerin % 47'si Haziran ayında mekanı sıcak bulmuşlardır; Kasım ayında da D104 dersliğinde % 54'ü, D204 dersliğinde ise büyük çoğunluğu (%62) ortamı ısı açısından kabul edilebilir olarak değerlendirmiştir. Kullanıcı tercih ve algısının değişmesinin nedenleri dersliklerin farklı katlarda yer almasına ve havalandırma koşullarına dayandırılabilir, çünkü derslikler aynı büyüklük, yön, gölgeleme ve cephe kuruluşuna sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1] FANGER, P.O., TOFTUM, J., "Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates", Energy and Buildings, 34(1), 533-536, 2002.
- [2] MORS, T.S., JAN, L.M.H, MARCEL, G.L.C.L., ATZE, C.B. "Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts", Building and Environment, 46, 2454-2461, 2011.
- [3] DESPOINA, T., MARK, F.J., PATRICK, A.B.J., "Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children", Building and Environment, 53, 166–182, 2012.



- [4] NYUK, H.W., SHAN, S.K., “Thermal comfort in classrooms in the tropics”, Energy and Buildings, 35, 337–351, 2003.
- [5] APPAH-DANKYI, J., KORANTENG, C., “An assessment of thermal comfort in a warm and humid school building at Accra, Ghana”, Advances in Applied Science Research, 3 (1), 535-547, 2012.
- [6] RUEY-LUNG, H., TZU-PING, L., NAI-JUNG, K., “Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan”, Energy and Buildings, 38, 53–62, 2006.
- [7] ANSI/ASHRAE Standard 55-2010, “Thermal environmental conditions for human occupancy”, ASHRAE, Atlanta, GA, USA, 2010
- [8] NAGANO, K., MOCHIDA, T., “Experiments on thermal design of ceiling radiant cooling for supine human subjects”, Building and Environment, 39, 267-275, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Gülben ÇALIŞ

İzmir doğumlu olan Dr. Çalış, İzmir Bornova Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra öğretimine İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünde devam etmiştir. Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalından alan Dr. Çalış, 2010-2012 yılları arasında University of Southern California, A.B.D.'de doktora sonrası araştırmalarda bulunmuştur. Dr. Çalış, 2013 yılından beri Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Türkan GÖKSAL ÖZBALTA

Eskişehir'de doğmuştur. Lisans eğitimini Mimarlık alanında FH-Hamburg, Yüksek Lisans Mimar Sinan Üniversitesi, Doktora çalışmasını Dortmund Üniversitesi'nde yapmıştır. 1985-2007 yılları arasında Anadolu Üniversitesi Mimarlık Bölümünde çalışmış ve idari görevlerde bulunmuştur. 2007 yılından bu yana Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görevini sürdürmektedir. 2007-2011 yılları arasında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesinde mimari proje atölyelerinde görev almıştır. Yapımda Endüstrileşme, Güneş Mimarisi, Enerji Etkin Binalar ve Enerji Verimliliği ilgi alanlarıdır. Ulusal ve uluslararası bilimsel yayınları, araştırma projeleri yanı sıra mimari proje uygulamaları da bulunmaktadır.

Merve KURU

1992 yılı İzmir doğumludur. 2010 yılında İzmir Türk Koleji, Fen Lisesini bitirmiş ve aynı yıl Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazanmıştır. Kuru, 4. sınıf öğrencisi olup bitirme tezini Yapı İşletmesi Anabilim dalında yapmaktadır.

Berna ALT

1990 yılı Elazığ doğumludur. 2010 yılında Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazanmıştır. Alt, 4. sınıf öğrencisi olup bitirme tezini Yapı İşletmesi Anabilim dalında yapmaktadır.