

Isıl konfor parametrelerinin insan vücudundaki etkilerine yönelik literatür taraması

Kurtuluş Öngel*, Haluk Mergen**

*Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Aile Hekimliği AD, Isparta.

**Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Bursa.

Özet

Doğada bulunan tüm canlılar gerek kendi aralarında gerekse buldukları ortam ile bir denge içerisinde ısı değişimi gerçekleştirirler. Isıl konfor, ısı çevre ile sağlanan memnuniyeti belirten zihinsel bir süreçtir. İnsanın biyolojik bir varlık olduğunu unutmamak gerekir. Çalıştığı çevreden doyum sağlayamayan bir insanın performansı da düşer. Üretimdeki verimi arttırmak, sağlığı idame ettirebilmek için bireylerin rahatının sağlanması gerekmektedir. İnsan vücudunun ısı dengesini belirleyen faktörleri; vücudun fizyolojik ısı denge mekanizmaları, kişisel ve çevresel faktörler olarak üç ana başlık altında toplayabiliriz. Kişisel faktörler bireylerin kendileri tarafından düzenlenirken; çevresel faktörlerin dışarıdan saptanarak karşılanması gerekir. Kişisel faktörlerin başında vücut yüzey alanı, giyinme ve aktivite gelirken; hava sıcaklığı, nemliliği, hava sürati, çevresel faktörleri oluştururlar. Ayrıca çevresel faktör olarak havanın kalitesi de önemlidir. Ana başlıklar halinde gruplandırdığımız bu faktörler çalışmada detaylı olarak irdelenmeye çalışılmıştır. Her ne kadar vücut ısımızı ayarlayan hipotalamusta yerleşik ısı düzenleyici merkez devamlı olarak çalışsa da, sağlık sorunlarını en az indirmek için binaların uluslararası ısı konfor standartları olan ISO 7730 ve ASHRAE standartlarına göre düzenlenip inşa edilmesi gerekmektedir. Binalarda bu standartlara uyulması, ısı konforu sağlayacak, sorun teşkil eden ısı ve nem sorunlarına çözüm getirecektir. Bu çalışmalar ısı konforu iyileştirerek insanda bedensel ve zihinsel olarak bir verim artışı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Isıl konfor, doyumsuzluk, ısı duyarlılık, nötral ısı.

Abstract

Review of literature about the effects of thermal comfort parameters on human body

All the livings in the natural world construct thermal transfer between both themselves and their surroundings in balance. Thermal comfort indicates a mental process that shows the satisfaction between thermal environment. We mustn't forget that, human body is a biological being. Performance of the individual becomes lower if enough satisfaction can't be performed. To augment the efficiency at work and to maintain the health; individuals comfort must be carried out. We can classify the factors which detect the thermal balance for human body in three headlines as physiological body thermal balance mechanisms, personal factors and environmental factors. Personal factors can be arranged by persons but environmental factors must be detected and covered from outside. We can explain personal factors as body surface area, clothing and activity; and environmental factors as air temperate, moisture, and air velocity. Besides, air quality is again important as an environmental factor. All these factors, explained shortly, are described detailed in the manuscript. In addition to the hypothalamic thermal regulator center that regulates our body temperature, to decrease the health problems to the lowest level we must construct the buildings according to international thermal comfort standards ISO 7730 and ASHRAE. If we follow these standarts for buildings, we can solve thermal and moistural problems. These approaches will make thermal comfort better and will produce physical and mental efficiency.

Key words: Thermal comfort, unsatisfaction, thermal sensibility, neutral heat.

Giriş

Doğada bulunan tüm canlılar gerek kendi aralarında gerekse buldukları ortam ile bir denge içerisinde ısı değişimi gerçekleştirirler. Isıl konfor, ısı çevre ile sağlanan memnuniyeti belirten zihinsel bir süreçtir.

Yazışma Adresi: Yrd.Doç.Dr.Kurtuluş Öngel
S.D.Ü.T.F. Aile Hekimliği A.D. Çüntür - Isparta
Tel: 0.246.2113658 0.505.6487644 Fax: 0.246.2371165
E-mail: kurtulusongel@gmail.com

Müracaat tarihi: 28.01.2008
Kabul tarihi: 19.09.2008

olarak tanımlanır ve duyarlar ile ilgili bir kavramdır. Doyumsuzluk bir bütün olarak vücut için serin veya ılık konforsuzluktan kaynaklanabilir ayrıca ısı doyumsuzluk vücudun bir bölümünün istenmeyen ısıtma veya serinletmesinden ortaya çıkabilir(1). Isıl konfor ile ilişkili olarak; vücuttaki fizyolojik mekanizmaları ve gizli ısı geçiş mekanizmalarını açıklamak için iki ana modelden yararlanılır. Birincisi, Sürekli Rejim Enerji Dengesi Modeli'dir. Bu model vücutta üretilen ısı enerji ile vücudun kaybettiği ısı enerjinin eşit olduğunu, dolayısıyla da sıcaklığın her zaman sabit kaldığını kabul eder. Diğer model ise, Anlık Enerji Dengesi Modeli'dir. Bu model de vücutta iç bölme ve deri tabakası olarak iki parçaya ayırarak inceler. Esas olarak, bu iki bölme arasında kan ve direkt temas yoluyla ısı geçişi olduğunu ve birim zamandaki enerjinin bu bölmelerin sıcaklıklarını etkilediğini öngörür(2).

İnsanın biyolojik bir varlık olduğunu çalışma hayatında da unutmamak gerekmektedir. Çalıştığı çevreden doyum sağlayamayan bir insanın performansı da düşecektir. Isıl konfor çalışanın sağlık, üretkenlik ve moralini de etkilemektedir(3). Üretimdeki verimi arttırmak, sağlığı idame ettirebilmek için çalışanın rahatının sağlanması gerekmektedir. Büronun, koltuğun, çalışma masalarının rahatının sağlanması gibi ergonomik değişiklikler tek başına çalışanın rahatını sağlamaya yeterli değildir. Uzun süre aynı kapalı alanda çalışan insan oda ısısından çok etkilenmektedir. Bu yüzden ısı konforun sağlanması da önemlidir. 2002 yılında ülkemizde bir fabrikada çalışan işçiler üzerinde yapılmış olan çalışmada, çevresel ısı şartların kişilerin çalışma performanslarına etkileri mevcut ısı konfor ölçekleri yardımıyla ortaya konmuştur(4). İnsanların vücut dengesini ve iş verimini etkileyen en önemli etmenlerden biri olan yapısal konfor, ancak insanların yaşadıkları mekanın kullanım amacına uygun olarak; başta ısı konfor olmak üzere su, nem ve ses ile ilgili her türlü fiziksel çevre koşullarının uygun bir şekilde sağlanması ile elde edilecektir(5). 1960' larda başlayan araştırmalar ile günümüzde kullanılan ısı konfor standartları oluşturulmuş olmasına rağmen; fiziksel çevre ergonomisi ve ısı konfora yönelik araştırmalar ışığında bu standartlar geliştirilmeye çalışılmaktadır(6,7).

Yöntem

Konu ile ilgili literatür taraması; MEDLINE ve diğer fen dergilerinde yer alan yaklaşık 16 milyon üzerindeki biyomedikal yayını kapsayan, Amerika

Birleşik Devletleri Ulusal Tıp Kütüphanesi olarak da adlandırılan PubMed'de gerçekleştirildi. İnternet taramaları 'thermal comfort' anahtar kelimesi ile gerçekleştirildi. Bunun yanı sıra TurkMedline ulusal veri tabanı da, 'ısı konfor' anahtar kelimesi ile taranarak bu konudaki Türkçe yayınlara da ulaşılmaya çalışıldı. Çok sayıdaki tıbbi dergi yanı sıra, bu konuya yer veren mühendislik dergileri de çalışma kapsamına alındı.

Bulgular

İnsan vücudunun ısı dengesini belirleyen faktörleri; vücudun fizyolojik ısı denge mekanizmaları, kişisel ve çevresel faktörler olarak üç ana başlık altında toplayabiliriz. Kişisel faktörler bireylerin kendileri tarafından düzenlenirken; çevresel faktörlerin dışarıdan saptanarak karşılanması gerekir. Kişisel faktörlerin başında vücut yüzey alanı, giyinme ve aktivite gelirken; hava sıcaklığı, nemliliği, hava sürati, çevresel faktörleri oluştururlar. Ayrıca çevresel faktör olarak havanın kalitesi de önemlidir.

Bir ortamın geniş bir insan topluluğu tarafından konforlu olarak algılanıp algılanmadığı, Fanger ve ark. tarafından geliştirilmiş olan 'Tahmini Ortalama Oy' (PMV) ısı duyum ölçeği ile ifade edilmektedir. Bu ölçek; hava sıcaklığı, ışınım sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem, giysi ve aktivite esas alan yedi puanlık ısı duyarlılık skalasında geniş bir popülasyonun ortalama reylerinin değerlerini öngören bir indekstir(8). PMV indeksi, aktivite (metabolik oran) ve giyinme (ısı direnç) tahmin edildiğinde belirlenebilir. Öngörülen Doyumsuzluk Yüzdesi İndeksi (PPD) kendini serin veya ılık ortamda rahatsız hisseden insan sayısını tahmin etmeye yaramaktadır.

Ana başlıklar halinde gruplandırdığımız bu faktörleri biraz daha detaylı incelersek;

Fizyolojik mekanizmalar:

İnsan vücudu besin (yakıt) ve oksijen kullanarak mekanik iş ve düşük sıcaklıkta ısı oluşturan termodinamik bir sistemdir. Bu termodinamik sistem vücudun iç sıcaklığını $37 \pm 0,5$ °C, deri yüzey sıcaklığını ise ortalama $31,5-33,5$ °C arasında tutmakla yükümlüdür. Deri sıcaklığındaki $1-3$ °C arasında sıcaklık değişimi insanı rahatsız etmez(9). Aksi takdirde karaciğer, dalak gibi önemli organlar ciddi bir şekilde zarar görür. Bu ısı dengenin korunması için üretilen ısı ile kaybolan ısı arasındaki fark aynı olmalıdır. Vücudumuzda ısı düzenleyici sistem, hipotalamusun preoptik alanı tarafından yürütülmektedir. Ayrıca deride bulunan sinirler,

gangliyonik nöronlara giden afferent somatik ve otonom sinir sisteminden gelen efferent sonlanmalara sahiptir. Deri altı ve deri içi sinir ağının myelin kılıflı somatik sinirlerinin değişik uçları vardır: serbest, genişlemiş ve cisimcik içeren uçlar. Serbest uçlar; dermis, epidermis ve kılların epitelial kılıfında bulunur. Hafif dokunma, basınç, ağrı soğuk ve ılıkılık bu sinir uçları tarafından algılanır. Genişlemiş terminaller, kıl etrafındaki uçlarda yer alır. Diğer saptanan alıcılar; Meissner, Rufini ve Pacini cisimcikleridir. Meissner ve Rufini cisimcikleri hafif dokunmayı algılar. Pacini cisimcikleri basınçtaki hızlı değişimleri algılar(10). Hipotalamusun preoptik alanı çok zengin ısıya duyarlı nöronlar içerir ve ısı kaybını sağlayan mekanizmaları aktive ederken ısı üreten mekanizmaları baskılamaktadır(11).

Isıl düzenleyici sistemin ilk etkisi, vazokonstriksiyon mekanizma ile sağlanan deri ısıl direncinin artması üzerinedir. Derinin altındaki kan damarları kasılarak kan akımı ve yüzey azaltılmaktadır. Böylece yüzeyden kaçan ısı miktarı azalırken vücut ısısı ve aşırı ısı kaybı düzenlenmiş olur. Bu eylem de yeterli olmazsa, hipotalamustaki ısı düzenleyici merkez enerji üretmeye başlar. Öncelikle kas gerginliğini artırır. Sonra yeterli gelmezse deri üstündeki tüyleri dikleştiren erekteör pili kaslarını harekete geçirerek titremeyi başlatır. Kıl ve tüylerin dikleşmesi ısıl yalıtımı sağlamaktadır. Öte yandan ısı kayıpları ısı üretimini dengeleyemezse, tekrar hipotalamustaki ısıl düzenleyici merkez vazodilatasyonu başlatarak kan damarlarını gevşetir, kan akımını artırır ve birim yüzeyi artırarak vücuttan ısı kaybını sağlar. Sonuç etki derinin ısıl direncini düşürmek üzerinedir. Eğer bu ilk eylem yeterli olmazsa, enerji dengesindeki eşitsizliğin miktarına göre, vücut yüzey alanının daha da geniş bölümlerini içine alacak şekilde terleme başlar. Terleme, buharlaşma yoluyla ısı kaybını sağlar.

Vücudun ısı dengesinin sadece bu mekanizmalar ile sağlanması, ısıl konfor açısından yeterli değildir. Vücut ısısı, büyük oranda çevre ısısından da etkilenmekte ve vücudun farklı bölümlerine göre değişiklik göstermektedir.

Vücut yüzey alanı:

Vücut yüzey alanı da ısı dengesinde direkt rol oynayan faktörlerden birisidir. Vücut yüzey alanı başına insan ve çevre arasındaki ısı değişimi dengesi şöyle yazılabilir:

$$S = M - W_k - E_{sk} - E_r - C - R - C_k [W.m^{-2}]$$

(Butera FM. Principles of Thermal Comfort. Chapter 3 in: Renewable and Sustainable Energy Reviews 1998, 2 (1-2): 39-66'dan alınmıştır)

Burada *S*: insan vücudunun anlık enerji değişimi, *M*: metabolik hız (vücudun içsel ısı üretimi), *W_k*: harici çalışma, *E_{sk}*: deriden buharlaşarak ısı kaybı, *E_r*: solunumla kuru ve gözükmeyen ısı kaybı, *C*: Giyinik vücudun hava tarafından dış yüzeyinden konveksiyonla ısı kaybı, *R*: giyinik vücudun dış yüzeyinden çevresine radyasyonla ısı kaybı, *C_k*= deri veya sert nesneye temastan kaynaklanan kondüksiyon sebebiyle ısı kaybını göstermektedir.

Yukarıdaki denklemdaki bütün terimler değişik beden ve biçimdeki insanlara uygulanmasına izin verecek şekilde vücut yüzey birim alanı başına belirtilen ifadelerdir. Vücut yüzey alanının en iyi tahmini ise Dubois Alanı (*A_{DU}*) denklemiyle verilmektedir:

$$A_{DU} = 0.202 \cdot (w_b)^{0.425} \cdot (h_b)^{0.725} [m^2]$$

(*w_b*= vücut kilosu (*kg*), *h_b*: vücut uzunluğu (*m*))

(Butera FM. Principles of Thermal Comfort. Chapter 3 in: Renewable and Sustainable Energy Reviews 1998, 2 (1-2): 39-66'dan alınmıştır)

Giyimin etkisi:

Üzerimize giydiğimiz giysiler de, çalışma ortamında bizim ısıl konforumuza eşlik eden olgulardan birisidir. 1 clo, giysinin dinlenen insanı 21°C, 0,1 m/sn hava sürati ve % 50 göreceli nemlilikte konforda tutan izolasyon olarak tanımlanmaktadır. Havadaki 6°C'lik bir değişim, yalıtımda 1 clo'luk bir değişime karşılık gelir (12). Metabolik hız arttıkça terleme gerçekleşecek ve bu şekilde ısı kaybı sağlanacaktır. Avcı ve Yiğit yaptıkları çalışmada giysilerin sistemin ısıl konforu için gerekli çevre şartlarının oluşumuna etkilerini incelemişlerdir(9). Uzun yıllardır giysilerin ısıl izolasyon değerlerinin ölçülmesinde ve ısıl konfor ile ısıl çevre arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde, komplike ve hassas ölçüm yapan ısıl mankenlerden yararlanılmaktadır. Bu mankenlerle yapılmış çok sayıda bilimsel araştırma mevcuttur(13).

Aktivite:

Günlük hayatta farkında olmasak da, ısıl konfor üzerine etki eden etmenlerden bir diğeri de kişinin pozisyonudur. Orta yaşta ve ağırlıkta bir insan sessizce uzandığında ısıl konforun sağlandığı nötral ısıl bölge 35 kcal/h•m²'dir(14). Oturur durumda ise bazı kasların hafifçe kasılması sonucu metabolik hız 50 kcal/h•m²'e çıkar (%43 artar). Ayakta durma durumunda 60 kcal/h•m² (%71 artar), oda boyunca sessizce dolaşma halinde 100 kcal/h•m²'e çıkar (%285 artar). Yatar pozisyondan oturur pozisyona geçildiğinde yapılan hesaplara göre vücut ısısı 1 saat içinde 0,51°C artar. Ayağa kalkılma halinde saatte 0,85°C artar.

Odada sakince dolaşma durumunda saatte 3,4°C artar. Bu hesaplamalar bize, ısı düzenleyici sistemin ısı dengesi sağlamak için devamlı devrede olduğunu göstermektedir.

Hava sıcaklığı:

Isıl konforu etkileyen en önemli fiziksel parametre hava sıcaklığıdır. Çin’de yapılan bir araştırmaya göre termal konforun sağlanması için ofis ısısının en az 26°C olması gerektiği saptanmıştır(15). Başka bir çalışmada, az enerjili serinletme sisteminin çalıştığı bir ortamda ofis içi ısının termal konfor için ortalama 23 °C ve % 55 nem oranında olması gerektiği saptanmıştır(16).

Hava nemi:

Havadaki nem miktarı, insanın derisinden olan buharlaşma ile su ve enerji kaybıdır. Havadaki nem arttıkça konforsuzluk oluşur. İnsanlar 20 °C için %30-%80 oranında nemli ortamlarda bulunabilirler. Düşük bağıl nemlerde solunum problemleri başlar(17). Nemin önemini ortaya koymak üzere 36 hasta, 45 sağlık elemanının katıldığı bir çalışmada, kış mevsimi hastane ortamında %40’tan az orandaki nem oranı katılımcıların %54,9’unda kaşıntı, %73,4’ünde susama hissi yaratmıştır. Bunun da, influenza virusunun yayılmasına neden olduğu bildirilmektedir(18). 2004 yılı ASHRAE Standart-55 kriterlerine göre %30’luk bağıl nem oranında kabul edilen ofis ısıları yaz mevsimi 24,5-28°C, %60 bağıl nemde 23-25,5°C, kış mevsimi ise %30 bağıl nemde 20,5-25,5°C, %60 bağıl nemde 20-24°C arasında olmalıdır(19).

Havanın sürati:

İnsan ve çevre arasındaki ısı alışverişlerini ve dengesini belirleyen faktörlerden birisi de, hava hareketleridir. Havanın hareket hızı arttıkça insanın üşmesi artar. Hava hareketlerinin artması insanın çevresindeki hareketsiz hava tabakasının azalmasına neden olur, bu da üşme hissini oluşturur. Konfor şartlarının sağlanabilmesi için hava hızı ortalama 0,05 m/s olarak önerilmektedir(17). Hava hızlarının artması halinde iç ortam, esintili ve rahatsız edici olabilmektedir. Düşük hava hızlarında ise ortamdaki havanın hareketi azaldığından ortamda ikamet eden bireyler için havasız bir ortam oluşur. Vücut yüzey sıcaklığı büyük olduğunda yüksek hava hızlarının ısı kayıplarını çok fazla miktarda arttırdığı ve ısı konforu olumsuz etkilediği bilinmektedir(20).

Hava kalitesi:

Havanın kalitesini belirleyen birçok faktör vardır. Örneğin dış ortamda ozon fazlayken iç ortam havasında CO₂ ve formaldehit fazladır. Nemli hava ise; vücudun enerji ve su dengesi, esnekliği, hava

kalitesinin algılanması, elektrostatik yüklenme ve küf oluşumundan sorumludur(21). Literatürde; hava kalitesine yönelik yapılmış Höppe ve Martinac’a ait detaylı bir çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, devlet okullarında iç ve dış ortam karbon monoksit konsantrasyonları 14 gün süreyle, 24 saatlik ölçümlerle karşılaştırılmıştır(22).

Tartışma

Isıl çevrenin insan sağlığı, üretimi ve psikolojisi için önemi büyüktür. Özellikle yaşadığımız ve çalıştığımız mekanlar planlanırken bu konuya özen gösterilmelidir. Doğal olarak, toplumsal bir çevre içinde yaşamaktayız ve bu ortam içinde yaşayan tüm bireyler farklı biyolojik özelliklere sahip olduklarından mekanlardaki ısı konforuna yönelik planlamaları yapmak da kolay olmayacaktır. Her ne kadar, vücut ısımızı ayarlayan hipotalamusta yerleşik ısı düzenleyici merkez devamlı olarak çalışsa da, sağlık sorunlarını en az indirmek için binaların uluslararası ısı konfor standartları olan ISO 7730 ve ASHRAE standartlarına göre düzenlenip inşa edilmesi gerekmektedir. Binalarda bu standartlara uyulması, ısı konforu sağlayacak, sorun teşkil eden ısı ve nem sorunlarına çözüm getirecektir. Bu çalışmalar ısı konforu iyileştirerek insanda bedensel ve zihinsel olarak bir verim artışı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- 1- Butera FM. Principles of Thermal Comfort. Chapter 3 in: Renewable and Sustainable Energy Reviews 1998, 2 (1-2): 39-66.
- 2- ASHRAE handbook Fundamentals, chp.8, Atlanta, American Society of Heating Refrigeration and air-conditioning Engineers, p:29, 1989.
- 3- Budaiwi IM. An Approach to Investigate and Remedy Thermal-Comfort Problems in Buildings. Article In Press. Building and Environment.
- 4- Kaynaklı Ö, Yamankaradeniz R. Geçici Rejim enerji Dengesi Modeli ile Isıl Konfor Şartlarının İş Verimi Açısından Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2002, 15(4).
- 5- Yüksel N. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 10, sayı 2, 2005.
- 6- Oleson BW, Rarsons KC. Introduction to thermal comfort standarts and to the proposed new version of EN ISO 7730, Energy and Building, 2002, 537-548.
- 7- Special issue on thermal comfort standarts, Energy and Building, 2002, 526-532.
- 8- Hamdi M, Lachiver G, Michaud F. A new Predictive Thermal Sensation Index od Human Response. Energy and Buildings, 1999, 29, 167-178.
- 9- Avcı A, Yiğit A. Değişik giysilerin ısı ve kütle transferi özelliklerinin insan konforu açısından incelenmesi, 2.

- Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, 1992, 165-174.
- 10- Reznik M. Structure and functions of the cutaneous nervous system. *Pathol Biol (Paris)*. 1996, 44(10):831-7.
 - 11- Nagashima K. Central Mechanisms for Thermoregulation in a Hot Environment. *Ind Health*. 2006 Jul;44(3):359-67.
 - 12- Huang J, Xu W. A New Practical Unit for the Assessment of the Heat Exchange of Human Body with the Environment. *Journal of Thermal Biology*. 2006, 31: 318-322
 - 13- Pamuk O. Thermal Manikins and Clothing Comfort, *E-journal of New World Sciences Academy*, 2005.
 - 14- Ivanov KP. The Development of The Concepts of Homeothermy and Thermoregulation. *Journal of Thermal Biology*. 2006, 31: 24-29.
 - 15- Yang W, Zhang G. Thermal comfort in naturally ventilated and air-conditioned buildings in humid subtropical climate zone in China. *Int J Biometeorol*. 2007 [Epub].
 - 16- Ashfaque Ahmed Chowdhury, M.G. Rasul M.M.K. Khan. Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate. *Applied Energy*, In Press, Corrected Proof, Available online 3 December 2007.
 - 17- Yüksel N. Günümüz Kamu Kurumlarında Yapısal Konfor Koşullarının Tespit edilmesine Yönelik Bir Çalışma, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2005,10(2), 21-30.
 - 18- Hashiguchi N, Hirakawa M, Tochihara Y, Kaji Y, Karaki C. Thermal environment and subjective responses of patients and staff in a hospital during winter. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2005 Jan;24(1):111-5.
 - 19- http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/thermal_comfort.html#_1_2 (21.01.2008 tarihinde erişilmiştir)
 - 20- Yiğit A, Horuz İ. Hava hızı ve hareketlerinin ısı konfor şartlarına etkisi, 10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Ankara, 1995, 603-612.
 - 21- Hoppe P, Martinac I. Indoor Climate and Air Quality. Review of Current and Future Topics in The Field of ISB Study Group 10. *J Biometeorol*. 1998, 42(1):1-7.
 - 22- Höppe P, Martinac I. Indoor climate and air quality, *Int J. Biometeorol*, 1998; 42,1-71.
 - 23- Kaynaklı Ö, Yamankaradeniz R. Isıl konfor parametrelerinin optimizasyonu, *Mühendis ve Makina*, 515, 2002.