

PMV METODU İLE ISIL KONFOR ÖLÇÜMÜ VE HESAPLANMASI

CAN EKİCİ

TSE Gebze Kalibrasyon Müdürlüğü, Çayırova Tren İstasyonu Yanı Çayırova, Gebze/KOCAELİ
Tel: 0262 723 13 13
E-Mail: cekici@tse.org.tr

ÖZET

Günümüzde yaşanan ortamların ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemleri bireylerin ısı konforunu sağlamak için kullanılmaktadır. Başka bir deyişle insanların ısı konforunu sağlamak için dev sektörler oluşmuştur. Bu iklimlendirme uygulamalarının verimliliğini ve kârlılığını analiz etmek ölçüm bilimi olmadan pratik olarak mümkün görünmemektedir. Verimliliği ve kaliteyi analiz etmek o sistemde doğru tasarım için kişiye fikir verebilir, ayrıca gereksiz enerji sarfiyatının önüne geçilmesini sağlayabilir. Bu çalışmada, Fanger'in PMV metodu ile ısı konforun tayin edilmesi uygulamalı olarak anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Isıl konfor, PMV, Fanger.

ABSTRACT

Today, heating, cooling and air conditioning systems are used to provide thermal comfort of occupants in living environments. In other word, giant sectors were occurred for human's thermal comfort. Without metrology, those systems' cannot be analyzed practically. Analysis can give idea about suitable design, and energy consumption. In this study, application of the Fanger's PMV method is illustrated.

Key Words: Thermal comfort, PMV, Fanger.

1. GİRİŞ

Isıl konfor insanın bir ortamdaki tatminini ifade eden bir kavramdır [1]. Tatminin yüksek olduğu ortamda insanın zihinsel ve fiziksel üretkenliği de artacaktır.

Yıllarca insanoğlu daha konforlu ortamlar yaratmak için çabalamış ve ısıtma, soğutma, iklimlendirme sistemleri geliştirmek üzerine çalışmalar yapmıştır. Konforun ölçülmesi ile ilgili olarak P.O. Fanger isimli Danimarkalı bilim insanı 70'lerde bir model geliştirmiştir. Bu model, ısı konfora etkiyen kişisel ve çevresel faktörlerin birleşenlerinin matematiksel olarak ifadesini sağlamıştır. Bir ortamda bulunan insanların ortamı nasıl algıladığı ile ilgili bir parametre olan PMV değeri Fanger'in modeli sonucunda bir matematiksel ifade olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca PMV değeri kullanılarak ortamdaki insanların yüzde kaçının ısı ortamdaki memnun olduğunu ortaya koyan bir değer olan PPD değeri de hesaplanabilmektedir [2].

Fanger'in PMV metodu uluslararası olarak kabul görmüş olup, ısı konforunun belirlenmesinde bilim dünyasında yüksek kabul görmüştür [3].

Konfor, insanın psikolojik, fizyolojik, kültürel ve sosyal olarak kabul edilebilir memnuniyet durumunda olması anlamına da gelir. Isıl konforun birinci şartı insan vücudu ile çevre arasında ısı dengesinin olması durumudur. Genellikle ısı konforu, vücut sıcaklığının az değişken olduğu, deri nemliliğinin az olduğu durumlarda sağlanır [4].

Isıl konfor ile ilgili olarak Avrupa'da ISO 7730, Kuzey Amerika'da ise ASHRAE Standard 55 yaygın olarak kabul görmektedir [5].

2. ISIL KONFORA ETKİ EDEN BİRLEŞENLER

Konforun üç adet temel birleşenden oluştuğunu ifade edebiliriz. Bunlar; çevresel faktörler, kişisel faktörler ve dışardan faktörler olarak ifade edilebilir.

Dışardan faktörler yeme, içme, vücut şekli, yaş, cinsiyet ve sağlık olarak ifade edilebilir. PMV denklemlerinde kullanılan temel faktörler, kişisel faktörler ve çevresel faktörlerdir. Bu faktörler birbirinden bağımsız olmakla birlikte her biri ısı konforu üzerinde etkiye sahiptir. Isıl konfora etkileyen çevresel faktörler, hava sıcaklığı, hava hızı, ortalama ışınma sıcaklığı ve bağıl nemdir [6].

Çevresel faktörlerin ölçümlerinde bir takım ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Hava sıcaklığının ölçümü kuru termometre ile yapılabilir, bu ölçüm vücut etrafındaki havanın sıcaklığını vermeye birlikte en önemli çevresel parametredir.

Ortalama ışınma sıcaklığı, tüm yönlerden etkileyen ışımanın vücut üzerindeki etkisi ile ilişkili bir değerdir, çevredeki yüzeylerden gelen ışımanın birleşik etkisinin ısı konforu hesaplamasına katılmasını sağlar, siyah küresel termometre ile ölçümü yapılabilir [4].

Hava hızı, vücut yüzeyinden buharlaşmayı etkileyen bir parametredir, anemometre ile ölçümü yapılabilir [7].

Isıl konfora etki eden kişisel faktörler ise aktivite düzeyi ve kıyafet ısı direnci olarak ifade edilebilir [6]. Aktivite düzeyi insan performansını etkileyen bir ifadedir [4]. Kıyafet ısı direnci ise insan vücudu ile çevre arasındaki ısı transferini etkileyen bir faktördür. Dolayısıyla ısı konforu için önemli bir parametredir [8].

3. ISIL KONFORLA İLGİLİ STANDARTLAR

Isıl konfor ile ilgili olarak Avrupa'da ISO 7730 standardı kabul görünürken, Amerika'da ise ASHRAE Standart 55 ısı konforu irdelemektedir. Bu standartlarda PMV ve PPD değerleri ile ilgili referans değerler de yer almaktadır [9].

Fanger genel ısı konfor koşullarını çalışmalarında belirtmiştir, söz konusu bu standartlar Fanger'in çalışmalarını referans almışlardır.

ASHRAE Standart 55 bir ortamın konforlu sayılabilmesi için, eğer ortam termal olarak uniform ise, o ortamda bulunan insanların %90'ının ısı ortamından memnun olması şartını belirtmiştir. Fakat asimetrik bir ısı ortamı mevcut ise %80 de kabul edilebilir bir değerdir [4].

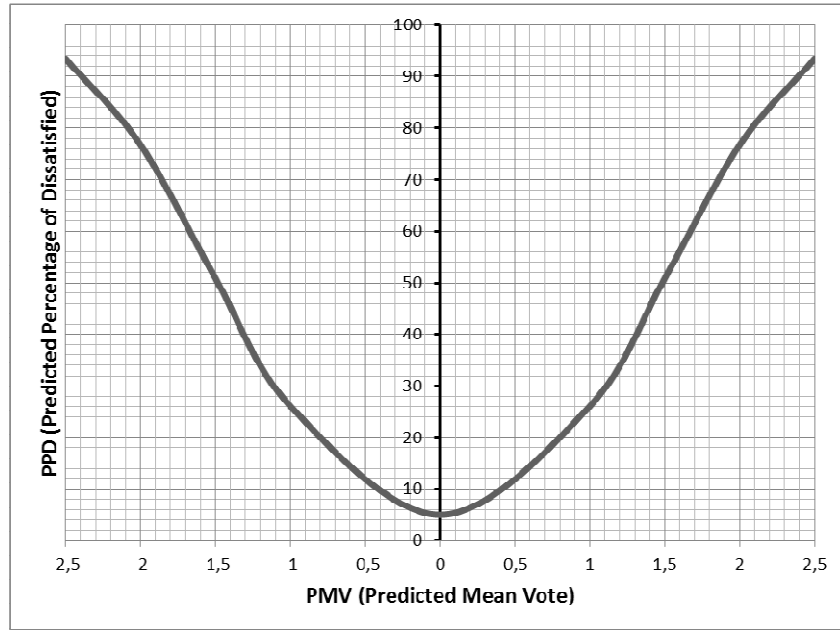
ISO 7730 ise konforlu bir ortam için PMV değerlerinin ± 0.5 değerleri arasında kalmasını önermektedir [10]. Bu değer ortamdaki bulunan memnuniyetsiz kişilerin oranının %10'u aşmaması anlamına gelmektedir.

PMV denklemi Isıl Duyum Skalası isimli bir tabloda anlamlandırılabilir. Hesaplanan PMV değerlerinin insan üzerinde nasıl bir his uyandırdığı bu skalada görülebilir [2]. Skala Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Isıl Duyum Skalası

<i>PMV Değeri</i>	<i>Anlam</i>	<i>Yorum</i>
3	Aşırı sıcak	Bunaltıcı ve tolere edilemez.
2	Sıcak	Çok sıcak.
1	Hafif sıcak	Tolere edilebilir, sıcak.
0	Nötr	Konforlu
-1	Hafif serin	Tolere edilebilir, serin.
-2	Serin	Çok serin.
-3	Soğuk	Tolere edilemez, soğuk.

Ortamdaki insanların memnuniyetsizlik yüzdesini veren PPD değeri ile PMV değeri arasındaki ilişki Şekil 1'de görülebilir. Bu şekle bakıldığında en konforlu ortamda bile insanların yüzde 5'inin ortamdan memnuniyetsiz olduğu görülmektedir [10].

**Şekil 1.** PMV ve PPD değeri arasındaki ilişki

3. MATEMATİKSEL DENKLEMLER

PMV ve PPD denklemleri Fanger'in teorik, istatistiksel ve deneysel çalışmaları sonucunda elde edilmiştir [2]. PMV denklemi; aktivite, kıyafet türü, hava sıcaklığı, ortalama ışınma sıcaklığı, hava hızı ve bağıl nemin bileşkesi olan matematiksel bir ifadedir. PMV denklemi 1 no'lu eşitlikte görülmektedir.

$$PMV = \left(0.352 * e^{-0.042 \left(\frac{M}{A_{Dv}} \right)} + 0.032 \right) * \left[\frac{M}{A_{Dv}} * (1 - \eta) - 0.35 * \left[43 - 0.061 * \frac{M}{A_{Dv}} * (1 - \eta) - p_a \right] - 0.42 * \left[\frac{M}{A_{Dv}} * (1 - \eta) - 50 \right] - 0.023 * \frac{M}{A_{Dv}} (44 - p_a) - 0.0014 * \frac{M}{A_{Dv}} * (34 - T_a) - 3.4 * 10^{-8} * f_{cl} * [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (T_{cl} - T_a) \right] \quad (1)$$

PMV denklemindeki ifadeler matematiksel formüllerle aşağıdaki gibi sunulmaktadır.

$$T_{cl} = 35.7 - 0.032 \cdot \frac{M}{A_{DUX}} \cdot (1 - \eta) - 0.18 \cdot I_{cl} \cdot [3.4 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c (T_{cl} - T_a)] \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2.05 \cdot (T_{cl} - T_a)^{0.25} > 10.4\sqrt{v} \rightarrow h_c = 2.05(T_{cl} - T_a)^{0.25} \\ 2.05 \cdot (T_{cl} - T_a)^{0.25} < 10.4\sqrt{v} \rightarrow h_c = 10.4\sqrt{v} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} I_{cl} < 0.5 \text{ clo} \rightarrow 1.0 + 0.2I_{cl} \\ I_{cl} > 0.5 \text{ clo} \rightarrow 1.05 + 0.1I_{cl} \end{cases} \quad (4)$$

PMV denkleminde elde edilen sonuç, ısı duyumu skalası (Tablo 1) kullanılarak anlamlandırılabilir. PMV denkleminin sonucu sıfıra yaklaştıkça ısı konfor artmaktadır ve ortamda bulunan kişilerin memnuniyeti maksimum olacaktır [2].

İnsanların ortamdaki memnuniyetsizliğini ifade eden PPD değeri ise Fanger tarafından PMV'nin bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir [2]. PPD denklemi 5 no'lu eşitlikte görülebilir.

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0.03333 \cdot PMV^4 - 0.2179 \cdot PMV^2)} \quad (5)$$

PPD ve PMV ifadeleri ısı konfor açısından kolay anlaşılabilir ifadelerdir.

4. PMV MODELİNİN ADIM ADIM UYGULANMASI

Fanger metodunun adım adım uygulanması [2] bu bölümde verilmektedir.

1. Hava sıcaklığı (T_a), ortalama ışınma sıcaklığı (T_{mrt}), bağıl hava hızı (v) ve bağıl nem (w) değerleri ölçülür. Oturan insan için ölçümün yerden 0,1 metre, 0,6 metre ve 1,1 metreden yapılır. Ayakta olan bir insan için ise ölçümün 0,1 metre, 1,1 metre ve 1,7 metreden yapılması uygun olacaktır.
2. Metabolizma hızı (M) ve mekanik verim (η) değerleri tablolardan seçilmelidir. Metabolizma hızı kcal/h cinsinden seçilebilir.
3. Doyma buhar basıncı (P_g) termodinamik tablolardan mevcut sıcaklık değerine göre seçilecektir. Suyun buhar basıncı (P_a) ise doyma buhar basıncı kullanarak $w = P_a/P_g$ şeklinde hesaplanabilir.
4. Kıyafet ısı direnci (I_{cl}) değerleri tablolardan seçilecektir. Değişik kıyafet kombinasyonları için kıyafet ısı direnci değerleri literatürde bulunmaktadır. Bu değerlerin birimi clo'dur.
5. Kıyafet yüzey sıcaklığı (T_{cl}) iterasyon ile bilgisayarda hesaplanabilir. h_c değeri de hesaplanmalıdır.
6. Önceki adımlarda bulunan değerler PMV denkleminde yerine konularak sonuç elde edilecektir. Bulunan PMV değeri ile ilgili yorum Isıl Duyum Skalası'nda yapılabilecektir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada PMV metodunun nasıl uygulanacağı hakkında fikirler verilmiştir. Adım adım olarak yöntem anlatılmaya çalışılmıştır. Literatürde bu şekilde derli toplu bir çalışmanın az sayıda bulunması bu çalışmayı ısı konfor analizi yapacak kişiler açısından kıymetli kılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] B.W. Olesen, Thermal Comfort, Technical Review to Advance Techniques in Acoustical Electrical and Mechanical Measurement, 2 (1982), 3-37.
- [2] P.O. Fanger, Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering, McGraw-Hill Book Company, 1970.
- [3] J. V. Hoof, Forty Years of Fanger's Model of Thermal Comfort: Comfort for All, Indoor Air, 18 (3) (2008) 182–201.
- [4] ASHRAE Handbook—Fundamentals Chapter 9 (2009).
- [5] J. V. Hoof, J. L. M. Hensen, Quantifying the relevance of adaptive thermal comfort models in moderate thermal climate zones, Building and Environment, 42(1), (2007), 156-170.
- [6] J.L.M. Hensen, Literature review on thermal comfort in transient conditions, Building and Environment, 25(4), (1990) 309-316.
- [7] A.R. Gaspar, A.V. Oliveira, D.A Quintela, Effects of Walking and Air Velocity on Convective Heat Transfer from a Nude Manikin, Windsor Conference: Comfort and Energy Use in Buildings: Getting Them Right – International Conference, Windsor Great Park, UK, (2006) 27-30 April.
- [8] I. Atılgan, E. Ataer, Application of Thermal Comfort Analysis, IX. HVAC and Sanitary Engineering National Congress, Istanbul, Türkiye, (2009), 06-09 May, 571-581.
- [9] B.W. Olesen, International standards and the ergonomics of the thermal environment, Applied Ergonomics, 26(4) (1995), 293-302.
- [10] B.W. Olesen, International standards and the ergonomics of the thermal environment, Applied Ergonomics, 26(4) (1995), 293-302. ↵

ÖZGEÇMİŞ

Can EKİCİ

1985 Amsterdam doğumludur. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiş, ardından da 2011 yılında gene Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamlamıştır. Şu an Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Isı Proses Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine devam etmektedir. Daha önceden Kültür ve Turizm Bakanlığı bünyesinde görev almış olup, şu an Türk Standartları Enstitüsü Gebze Kalibrasyon Müdürlüğü bünyesinde çalışmaktadır.