

Öğr. Gör. Mehmet BİLGİLİ
Prof. Dr. Beşir ŞAHİN
Öğr. Gör. Erdoğan ŞİMŞEK

Abstract:

In this study, the effects of seasonal weather differences in the Eastern Mediterranean Region on the bio-heat losses from the human body have been investigated. For application, Adana, Antakya, Osmaniye and Mersin cities have been selected, and the monthly atmospheric temperature, relative humidity, wind speed and atmospheric pressure data, which are observed in 2007, have been used. For all cities, the sensible and latent heat losses from the human body in terms of skin surface and respiration have been calculated and compared to each other. According to the obtained results, the latent and sensible heat losses from the human body have been varied considerably from season to season. For all cities, ninety per cent of bio-heat losses from the human body to the surrounding are caused by the bio-heat transfer from the skin and the rest of 10% are caused by respiration.

Key Words:

Environmental differences, human body, latent heat, heat loss, sensible heat, thermo-regulation.

Doğu Akdeniz Bölgesindeki Mevsimsel Hava Değişikliklerinin İnsan Vücudundan Transfer Edilen Isı Kaybı Üzerindeki Etkileri

ÖZET

Bu çalışmada, Doğu Akdeniz Bölgesindeki mevsimsel hava değişikliklerinin insan vücudundan transfer edilen ısı kaybı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Uygulama için Adana, Antakya, Mersin ve Osmaniye illeri seçilmiş ve 2007 yılına ait aylık atmosfer sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı ve atmosfer basıncı verileri kullanılmıştır. Tüm iller için insan vücudundan deri ve solunum yoluyla gerçekleşen duyulur ve gizli ısı kayıpları hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; vücuttan deri ve solunum yoluyla gerçekleşen duyulur ve gizli ısı kayıpları mevsimler içerisinde önemli değişiklikler göstermiştir. Tüm iller için vücuttan çevre ortama transfer edilen ısının yaklaşık olarak % 90'ı deriden, % 10'u solunum sisteminden gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel değişiklikler, ısı kaybı, duyulur ısı, gizli ısı, insan vücudu, termo-regülasyon.

1. GİRİŞ

Termodinamik bir sistem olarak düşünebileceğimiz insan vücudunun yakıtı, yediği besinler ve soluduğu oksijendir. Yenilen besinlerin yakılmasıyla vücutta bir ısı enerjisi ortaya çıkar. İnsanın aktivite seviyesindeki artış, vücudun ürettiği ısı enerjisinde de bir artışa neden olur. İnsanın hayati fonksiyonlarında bir süreklilik sağlamak, yaşadığı ve çalıştığı ortamlarda rahat bir yaşam sürdürebilmesi için vücut sıcaklığının dar bir sıcaklık aralığında tutulması ve bu sıcaklık aralığının sürekli olarak korunması gerekir [1].

İnsanların yaşadıkları ve çalıştıkları ortamlarda, konfor hissini yaşaması ve yaşamlarını sağlıklı şekilde sürdürebilmesi için metabolizma tarafından üretilen ısının işe dönüştürülmeyen kısmını vücuttan dışarı transfer etmesi gerekir [2]. Vücuttan transfer edilen ısı miktarı, vücut ile transferin yapıldığı alanlardaki sıcaklık farkına bağlıdır ve bu fark ne kadar büyükse transfer edilen ısı miktarı da o kadar fazla olur. Vücut içerisinde üretilen ısı, damarlardaki kan hareketiyle vücutun diğer bölgelerine taşınır. Isının hangi dokulara ne ölçüde dağıtılacağı ve ortaya çıkan ısının nasıl transfer edileceği, sinir sisteminin kontrolü altındadır. Beynin hipotalamus adı verilen bölgesinde bazı sinir hü-

releri ısıya karşı duyarlıdır ve vücut sıcaklığının kontrolünü sağlayan bir termostat görevi yapar [3]. İnsan vücudunun iç yüzeyinden deri yüzeyine doğru gerçekleşen ısı transferi; iletim, taşınım (iç bölgelerden deri dokusuna doğru kan hareketi) ile gerçekleşir. Bu yöntemlerle vücut ısı atmakta zorlanırsa sinirler vasıtasıyla ter bezleri devreye girer ve iç bölgelerden deri yüzeyine doğru iletilen sıvı transferi gerçekleşir. Bu sıvı hareketi (kütle transferi), deri yüzeyinde ter zerreciklerinin oluşumuna; oluşan ter sıvısının buharlaşması da ısının dış ortama atılmasına neden olur. Vücut, ısıyı iletim yoluyla derinin direkt temasta olduğu ve deri sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki bir nesneye (elbise, yatak v.b) iletir. Buna ek olarak vücut, ısıyı ışınım yoluyla çevresindeki daha soğuk nesnelere transfer eder [4,5]. Nefes alıp verme yoluyla vücudun iç bölgelerine çevreden hava girişi sağlanmakta, iç bölgelerdeki ısı nem de eklenerek duyulur ve gizli ısı şeklinde çevre ortamına transfer edilmektedir [6].

İnsan vücudunun dış çevreye karşı verdiği sıcaklık tepkisi, termo-regülasyon sistemidir; bu termodinamik sistem, vücudun iç sıcaklığını 37 ± 0.5 °C ve deri yüzey sıcaklığını ise ortalama 31.5-33.5 °C arasında tutmakla yükümlüdür [7]. Bu ısıl dengenin korunması için üretilen ısı ile çevreye transfer edilen ısı arasındaki fark aynı olmalıdır. Vücudun ısıya maruz kalması durumunda, termo-regülasyon sistem vücuda ısı geçişini en aza indirecek şekilde görev yapar [8]. Doku sıcaklıkları, optimal kimyasal reaksiyonların meydana gelmesi için biyolojik olarak güvenli seviyelerde tutulur. Termo-regülasyon sistem, bu seviyeleri deriye olan taşınım ve iletim oranlarını değiştirerek ayarlar. Dolayısıyla bazal sıcaklık dağılımı, dokudan iletilen ısı, kanla yüzeye taşınan ısı ve yüzey ısı geçişi ile şekillendirilir. Bundan dolayı, vücudun ısıl dengesi kararlı bir şekilde sabit kalmaktadır.

Metabolik reaksiyonlar sonucunda üretilen ısı, deri yüzeyinden çevreye transfer edilen ısı tarafından dengelenmezse vücut sıcaklığı artar veya azalır [6]. Çevre sıcaklığının düşmesi ve insan vücuduyla çevre arasındaki sıcaklık farkının artması durumunda hipotalamus devreye girerek gönderdiği sinyallerle otonomik sinirleri uyarır; kılcal damarlarda büzülme

sağlanır. Bu büzülme sonucu, kan akımı merkeze yönlendirilerek kanla deri yüzeyinden dış ortama olan ısı transferi oldukça azaltılır. Vücudun aşırı ısı kaybetmesi durumunda çizgili kaslara gönderilen uyarılarla titreme oluşur. Böylece kasların çalışmasıyla daha fazla biyokimyasal enerji üretimi sağlanır. Çevre şartlarına bağlı olarak vücut sıcaklığının yükselmesi durumunda hipotalamus devreye girerek beyin hücreleri vasıtasıyla sinirleri uyarır. Kılcal damarlar genişleyerek kan akımının vücut yüzeyinde artışı sağlanır. Vücudun iç bölgelerindeki ısı, kan moleküllerine yüklenerek vücudun dış bölgelerine; buradan deri dokularına ve deri yüzeyinden dış ortama transfer edilir [3].

İnsan vücudu gün içerisinde değişik ortamlarda çok farklı hava olaylarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Doğu Akdeniz Bölgesinde de hava olayları mevsimden mevsime, günden güne, saatten saate değişerek çok kısa sürelerde değişik durumlar alabilmektedir. Rüzgâr, nem, yağış, sıcaklık, basınç, bulutluluk bu hava olaylarını meydana getiren değişkenlerdendir [9]. Yarı nemli ve nemli Akdeniz ikliminin görüldüğü Doğu Akdeniz bölgesinde en yağışlı mevsim kıştır. Doğu Akdeniz iklim yapısında yıl boyunca ve özellikle yaz aylarında buharlaşma oldukça yüksektir. Adana, Antakya, Mersin ve Osmaniye illerinde hava şartlarındaki bu değişimlerin insan vücudundan gerçekleşen ısı transferi üzerindeki etkileri daha fazladır [10]. Öyle ki aşırı nemli bu bölgede terin buharlaşması oldukça zordur, bu nedenle vücut yüzeyinde ter birikimi olur. Bu da oldukça rahatsız edici bir durumdur. Doğu Akdeniz bölgesindeki illerde insanlar bu nedenle klimatize edilmiş ortamları tercih etmektedir. Bu ortamlarda uzunca bir süre kalan insanlarda vücutta bir denge mekanizması oluşarak vücuttan sağlıklı şekilde ısı transferi gerçekleşmektedir. Doğu Akdeniz ikliminin tipik özelliği olan sıcak ve aşırı nemli yaz aylarında insanlar, klimatize edilmiş ortamların dışına çıktıklarında nemin ve sıcaklığın olumsuz etkisiyle karşı karşıya kalmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Akdeniz illerindeki meteoroloji istasyonlarından alınan verilerden faydalanarak bir kişinin yıl boyunca aylık, dış ortam koşullarında vücuttan deri ve solunum yoluyla ger-

Makale

çekleştirdiği duyulur ve gizli ısı kayıpları hesaplanıp karşılaştırmalar yapılmıştır. Mevsimsel hava değişikliklerinin insan vücudundan transfer edilen bu ısı kayıpları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. Vücudun Çevre ile Isıl Etkileşimleri

İnsan vücudunun ısıl dengesi, çevre ile ısıl etkileşimleri ifade eden yarı kuramsal yarı ampirik bir yaklaşım içerir. Farklı şekillerde gerçekleşen duyulur ve gizli ısı transfer mekanizmalarını ifade etmek için, temel ısı transfer denklemlerinden faydalanılır. Bu denklemlerde ısı transferini etkileyen katsayıların tespitinde deneysel bağlantılar kullanılır.

2.1. Deriden Duyulur Isı Kaybı

Deri yüzeyindeki duyulur ısı, deri üzerindeki giysilerden geçerek çevre ortama transfer edilir. Taşınım C , ve ışınım R , ile gösterilirse, giyinik bir vücuttan taşınım ve ışınım ile gerçekleşen toplam ısı transferi;

$$(C + R) = (t_{sk} - t_0) / [R_{cl} + I / (f_{cl}h)] \quad (1)$$

denklemleri ile hesaplanabilir [11]. Bu denklemde t_{sk} ($^{\circ}C$) deri sıcaklığıdır. t_0 ($^{\circ}C$) eşdeğer sıcaklıktır ve aşağıdaki eşitlikten faydalanılarak elde edilir.

$$t_0 = (h_r t_r^* + h_c t_a) / (h_r + h_c) \quad (2)$$

Bu denklemde, h_r ($W/m^2.K$) doğrusal ışınım ile ısı transfer katsayısıdır. Bu katsayı için $4.7 W/m^2.K$ değeri birçok hesaplama için yeterlidir. Eğer yayma katsayısı 1 değerinden çok farklı ise bu değer aşağıdaki bağıntı ile yeniden düzenlenir.

$$h_r = 4.7\epsilon \quad (3)$$

Ortalama ışınım sıcaklığı t_r^* insan vücudu ile ilgili ısıl hesaplarda kullanılan ana değişkenlerden biridir. Bu değer, düzgün dağılımlı bir sıcaklığın olmadığı gerçek bir kapalı çerçevede insan vücudundan çevreye ışınım ile olan ısı geçişine eşdeğer şekilde ısı transferinin oluşumunu sağlayan ve sıcaklıkta düzgün dağılımın olduğu sanal bir kapalı çerçevenin sıcaklığını gösterir.

Eşitlik (2)'deki t_a ($^{\circ}C$) ortam sıcaklığı, h_c ($W/m^2.K$) ise taşınım katsayısıdır. Değişik durumlar için h_c taşınım katsayısını veren denklemler ve ifadeler ASHRAE [6] tarafından, v (m/s) hava veya yürüme hızına ve M (met) metabolik ısı üretimine bağlı olarak ifade edilmektedir. Verilen tüm ısı taşınım katsayıları, standart atmosfer basıncı ($101.325 kPa$) değerine yakın değerlerde hesaplanan katsayılardır. Atmosfer basıncının değişmesi durumunda bu değer;

$$h_{cc} = h_c (p_t / 101.33)^{0.55} \quad (4)$$

şeklinde düzeltilmelidir. Bu ifadede h_{cc} ($W/m^2.K$) düzeltilmiş taşınım ile ısı geçiş katsayısını p_t (kPa) ise atmosfer basıncını gösterir.

Taşınım ve ışınım ile olan ısı kayıplarını bulmak için kullanılan Eşitlik (1)'deki R_{cl} ($m^2.K/W$), f_{cl} (boyutsuz) ve h ($W/m^2.K$) ifadeleri sırasıyla giysi ısı yalıtım, giysi alan faktörü ve duyulur ısı transfer katsayısıdır. Bu ifadeler aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak bulunabilir [6].

$$R_{cl} = 0.155 I_{cl} \quad (5)$$

$$f_{cl} = A_{cl} / A_D \quad (6)$$

$$h = h_r + h_c \quad (7)$$

Eşitliklerdeki A_{cl} (m^2) giyinik vücudun gerçek yüzey alanıdır. I_{cl} giysi yalıtımıdır ve genellikle clo biriminde ifade edilir. Karışıklığa meydan vermemek için clo birimleri ile R değişkeni yerine I değişkeninin kullanılması uygun görülmüştür. 1 clo 0.155 $m^2.K/W$ 'e eşdeğerdir. Çıplak vücudun DuBois yüzey alanı A_D (m^2) ile gösterilir ve;

$$A_D = 0.202 m^{0.425} l^{0.725} \quad (8)$$

şeklinde hesaplanır. Buradaki m (kg) kişinin kütlesi, l (m) ise kişinin boyunu ifade etmektedir.

2.2. Deriden Buharlaştırma Isı Kaybı

Deriden buharlaştırma yoluyla ısı transferi E_{sk} , deri yüzeyi ile çevre ortam arasındaki su buhar basınçla-

rı farkına ve deri yüzeyindeki nem miktarına bağlıdır. Buna göre deri yüzeyinden buharlaşma yoluyla gerçekleşen ısı transferi;

$$E_{sk} = w(p_{sk,s} - p_a) / [R_{e,cl} + 1 / (f_{cl}h_e)] \quad (9)$$

şeklinde hesaplanabilir [6]. Bu eşitlikte, p_a (kpa) çevre havanın su buharı basıncı, $p_{sk,s}$ (kpa) deri üzerinde su buharı basıncı (genelde t_{sk} sıcaklığındaki doyma basıncı alınır), $R_{e,cl}$ ($m^2.kpa/W$) giysi tabakasının buharlaşmayla gerçekleşen ısı transferine gösterdiği direnç, h_e ($W/m^2.kpa$) buharlaşma ile ısı geçiş katsayısı ve w (boyutsuz) deri ıslaklığıdır. Eşitlik (9)'da w 'nin 1 alınması durumunda maksimum buharlaşma ile ısı kaybı E_{max} elde edilir. Terin deriden buharlaşmasıyla olan ısı kaybı E_{sk} , sıcaklık denetim mekanizmalarının etkisiyle salgılanan terin buharlaşması E_{rsw} ile suyun deriden doğal difüzyonu E_{dif} sonucu gerçekleşir ve;

$$E_{sk} = E_{rsw} + E_{dif} \quad (10)$$

olarak yazılabilir. Terleme sonucunda deri yüzeyindeki terin buharlaşmasıyla vücuttan çekilen ısı, üretilen ter ile doğru orantılı olup,

$$E_{rsw} = \dot{m}_{rsw} + h_{fg} \quad (11)$$

şeklinde elde edilebilir [12]. Burada, h_{fg} suyun gizli buharlaşma ısısı olup 2430 kJ/kg ($30 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta) değerindedir. (kg/s.m^2) kişinin birim zamanda bir m^2 yüzey alanındaki terin ağırlığıdır. Ter bezlerinin çalışması, hem iç vücut hem de deriden gelen ıslak sinyaller ile başlatılır. Teri buharlaştırmak için vücutun ıslak olması gereken bölümü, w_{rsw} ;

$$w_{rsw} = E_{rsw} / E_{max} \quad (12)$$

eşitliği ile hesaplanır. Terleme olmadığı zaman, difüzyona bağlı deri ıslaklığı normal koşullarda 0.06 kadardır. Difüzyon sonucu buharlaşma ile ısı kaybı ve deri ıslaklığı;

$$E_{dif} = (1 - w_{rsw})0.06E_{max} \quad (13)$$

$$w = w_{rsw} + 0.06(1 - w_{rsw}) \quad (14)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Hesaplamalarda deri ıslaklığının alabileceği maksimum değer 1'dir. Deri ıslaklığının 1 olması durumunda (11) eşitliği geçerliliğini yitirir. Terin tümünün buharlaşmadığı durumda, deriden buharlaşma ile ısı kaybı (E_{sk}), maksimum buharlaşma ile ısı kaybı (E_{max})'a eşit olur.

Deriden buharlaşma yoluyla ısı kaybı E_{sk} değerini bulmak için kullanılan (9) eşitliğindeki giysi tabakasının buharlaşmayla gerçekleşen ısı transferine gösterdiği direnç $R_{e,cl}$ ve buharlaşma ile ısı geçiş katsayısı h_e değerleri;

$$R_{e,cl} = R_{cl} / i_{cl}LR \quad (15)$$

$$h_e = LR.h_c \quad (16)$$

eşitliklerinden yararlanılarak bulunur. Burada LR Lewis oranı, i_{cl} giysilerin buhar geçirgenliği verimidir [6]. h_e buharlaşmayla olan ısı geçiş katsayısı, h_c katsayısında olduğu gibi atmosfer basıncının 101.325 kPa değerinden farklı olması durumunda aşağıda gösterildiği şekilde düzeltme uygulanır;

$$h_{e,c} = h_e (101.325 / p_{atm})^{0.45} \quad (17)$$

2.3. Vücuttan Solum Yoluyla Isı Kayıpları

Solum sırasında, vücuda solunan havaya taşınım ve buharlaşma nedeniyle duyulur ve gizli ısı geçişi olur. Solum sırasında önemli miktarlarda ısı geçişi söz konusu olabilir. Çünkü hava çevre koşullarında solunur ve iç vücut sıcaklığı veya iç vücut sıcaklığının çok az altında bir sıcaklıkta doymuş olarak dışarı atılır. Solumla ilişkili duyulur ve gizli ısı kayıpları [6];

$$C_{res} = \dot{m}_{res}c_{p,a}(t_{ex} - t_a) / A_D \quad (18)$$

$$E_{res} = \dot{m}_{res}h_{fg}(W_{ex} - W_a) / A_D \quad (19)$$

eşitlikleri ile ifade edilir. Bu eşitliklerde, (kg/s) solunan hava debisi, W_{ex} ($\text{kg H}_2\text{O/kg kuru hava}$) dışarı atılan havanın özgül nemi, t_{ex} ($^\circ\text{C}$) dışarı atılan havanın sıcaklığı, W_a ($\text{kg H}_2\text{O/kg kuru hava}$) solunan çevre havasının özgül nemi ve $c_{p,a}$ (kJ/kg.K) havanın

Makale

özgül ısısı, t_a ($^{\circ}\text{C}$) çevre ortam sıcaklığı ve h_{fg} (kJ/kg.K) suyun gizli buharlaşma ısısıdır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çevresel değişikliklerin insan vücudunun ısı kaybı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla Adana, Antakya, Mersin ve Osmaniye illeri seçilmiş (Şekil 1) ve 2007 yılına ait aylık atmosfer sıcaklığı, rüzgar hızı, bağıl nem ve atmosfer basıncı verileri kullanılmıştır. Çevresel faktörler elde edildikten sonra vücudun fizyolojik özellikleri, giysi yalıtım faktörleri ve ısı taşınım ve ışınım katsayıları ASHRAE [6] tarafından tavsiye edilen değerlere göre seçilmiştir (Çizelge 1). Kütlesi 70 kg, boyu 1,73 m olarak belirlenen kişinin hafif aktivite seviyesinde, hafif giysilerle hareket eden fizyolojik özelliklere sahip bir kişi olduğu düşünülmüştür. Bu kişinin vücut iç sıcaklığı ve deri sıcaklığı $36,8^{\circ}\text{C}$ ve $33,7^{\circ}\text{C}$ olarak iki bölmeli enerji dengesi modeline göre sabit olduğu kabul edilmiştir. Deriden iletimle ısı geçişi çok düşük oldu-

ğundan ihmal edilmiştir. Kişinin vücut iç sıcaklığı ve deri sıcaklığı hafif aktivite seviyesi boyunca sabit olarak kaldığı kabul edilerek bu sıcaklıklar nötr sıcaklık olarak değerlendirilmiştir.



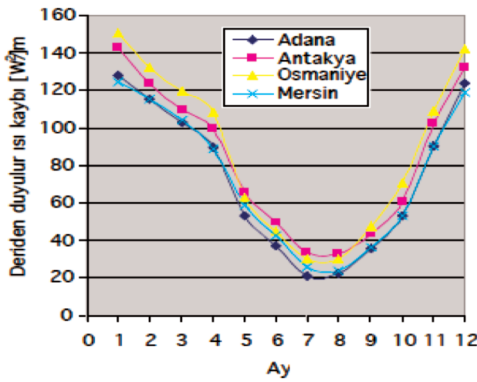
Şekil 1. Doğu Akdeniz Bölgesindeki iller

Çizelge 1. Seçilen katsayı veya değişkenler

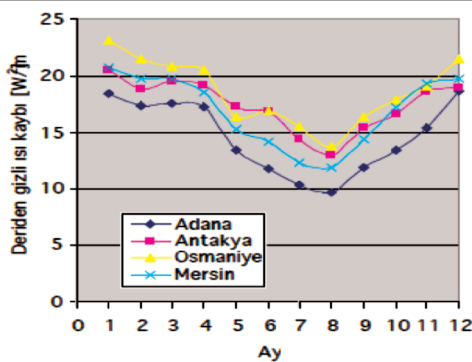
Seçilen katsayı veya değişken	Sembol ve birim	Değer veya eşitliği
Kütle	m (kg)	70
Boy	l (m)	1.73
Deri sıcaklığı	t_{sk} ($^{\circ}\text{C}$)	33.7
İç vücut sıcaklığı	t_{cr} ($^{\circ}\text{C}$)	36.8
Metabolik ısı enerji üretimi	M (W/m^2)	93.95
DuBois yüzey alanı	A_D (m^2)	1.8
Giynik vücudun gerçek yüzey alanı	A_{cl} (m^2)	2.16
Birim zamanda üretilen ter	\dot{m}_{rsw} (kg/s.m^2)	0
Teri buharlaştırmak için gerekli olan deri ıslaklığı	w_{rsw} (boyutsuz)	0
Deri ıslaklığı	w (boyutsuz)	0.06
Giysi yalıtımı	I_{cl} (clo)	0.89
Giysi alan faktörü	f_{cl} (boyutsuz)	1.27
Giysiler için buhar geçirgenlik verimi	i_{cl} (boyutsuz)	0.40
Giysi ısı yalıtımı	R_{cl} ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)	0.13795
Giysi tabakasının buharlaşma ile ısı geçişine direnci	$R_{g,cl}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{kPa/W}$)	0.0209
Doğrusal ışınlama ile ısı geçiş katsayısı	h_r ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	4.7
Taşınım katsayısı	h_c ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	$8.3v^{0.8}$
Lewis oranı	LR ($^{\circ}\text{C/kPa}$)	16.5
Duyulur ısı geçiş katsayısı	h ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	$h_r + h_c$
Ortalama ışınlama sıcaklığı	t_r^* ($^{\circ}\text{C}$)	t_a
Buharlaşmayla olan ısı geçiş katsayısı	h_e ($\text{W/m}^2 \cdot \text{kPa}$)	$LR \cdot h_c$
Suyun gizli buharlaşma ısısı	h_{fg} (kJ/kg)	2430

Kişi ile ilgili fizyolojik özellikler, giysi yalıtım katsayıları ve çevresel faktörlerin belirlenmesinden sonra vücut ile çevre arasındaki etkileşimler aylara göre hesaplanmıştır. Tüm iller için deriden duyulur ve gizli ısı kayıpları ve solunum ile duyulur ve gizli ısı kayıplarının aylık değişimleri sırasıyla Şekil 2-5'te gösterilmiştir. Deriden duyulur ısı kaybı kış aylarında yaklaşık 125 ile 155 W/m² arasında en yüksek değerlerini alırken en düşük değerlerini yaklaşık 19 ile 35 W/m² arasında yaz aylarında almaktadır. Yaz aylarında meydana gelen ortam sıcaklığındaki artışlar, deriden duyulur ısı kaybının azalmasına sebep olmaktadır. Genel olarak tüm aylar için duyulur ısı kaybının en yüksek olduğu il, Osmaniye olurken en düşük olduğu il, Adana'dır.

Şekillerden de görüldüğü gibi, vücuttan tüm ısı kayıpları yaz aylarında daha az olmaktadır. Deriden duyulur ısı kayıpları tüm iller ve aylar için her zaman gizli ısı kayıplarından fazladır. Ancak, solunum ile gerçekleşen duyulur ısı kayıpları gizli ısı kayıpların-



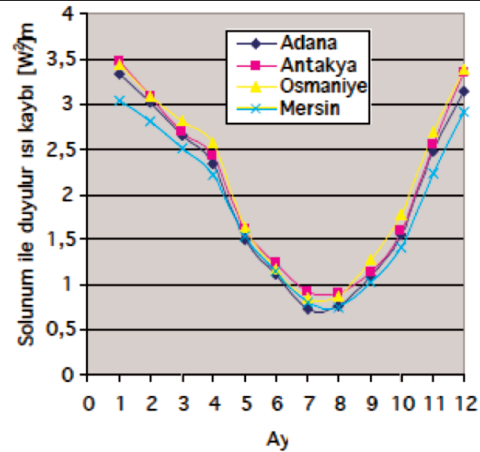
Şekil 2. Deriden duyulur ısı kayıplarının aylık ortalama değişimleri



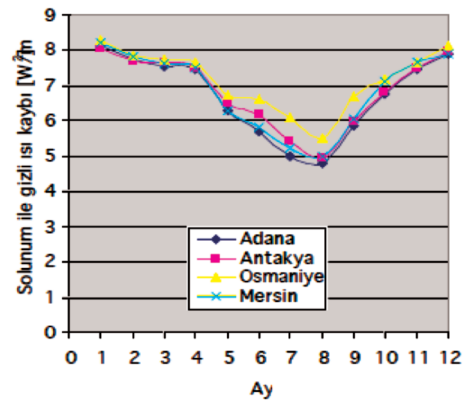
Şekil 3. Deriden gizli ısı kayıplarının aylık ortalama değişimleri

dan daha az değerlerde hesaplanmıştır. Çevre ortam havasının su buharı basıncındaki artış, deriden gerçekleşen gizli ısı kaybını azaltmaktadır. Deriden gizli ısı kaybının aylara göre değişimine yol açan etkenlerden biri de buharlaşma ile ısı geçiş katsayısıdır. Bu ısı geçiş katsayısı da yüzeyde taşınım ile duyulur ısı geçiş katsayısına dolayısıyla da rüzgar hızına bağlıdır. Rüzgar hızının azalması, aynı zamanda buharlaşma ile ısı geçiş katsayısını da azaltacaktır. Buna bağlı olarak deriden gizli ısı kaybı da azalmış olacaktır. Ortam sıcaklığındaki artış, solunum yoluyla duyulur ısı kaybını azaltmaktadır. Çevre havasının özgül neminde azalma olması durumunda, solunum yoluyla gerçekleşen gizli ısı kaybı artmaktadır.

Vücuttan çevre ortama transfer edilen ısının aylık değişim oranları Şekil 6-9'da gösterilmiştir. Buna göre, tüm iller için vücuttan çevre ortama transfer

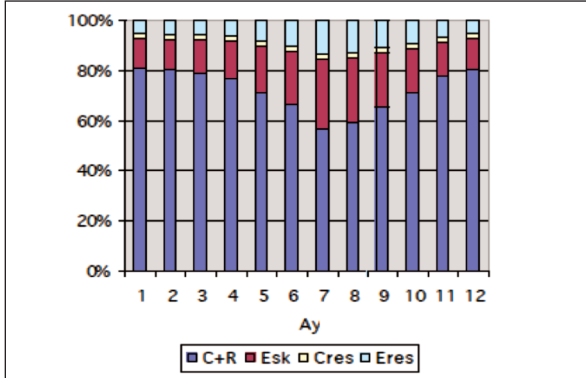


Şekil 4. Solunum ile duyulur ısı kayıplarının aylık ortalama değişimleri

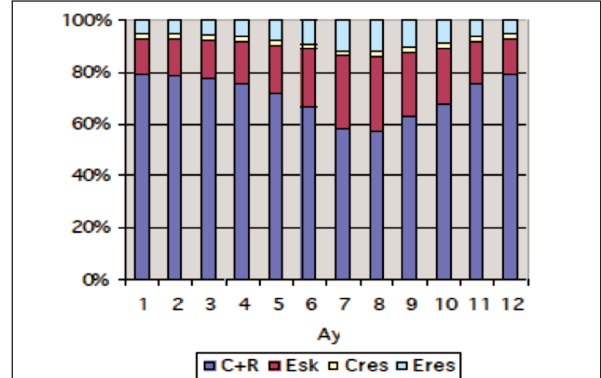


Şekil 5. Solunum ile gizli ısı kayıplarının aylık ortalama değişimleri

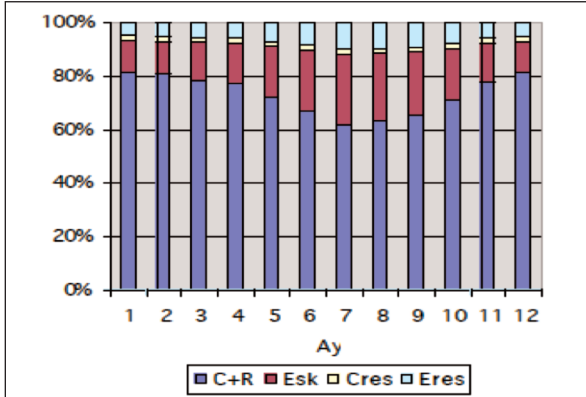
Makale



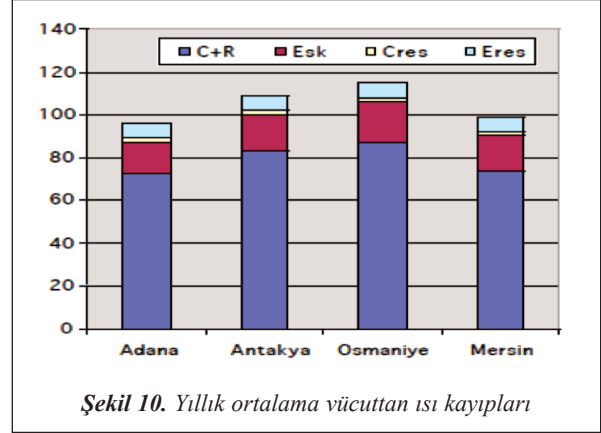
Şekil 6. Adana için vücuttan çevre ortama transfer edilen ısının aylık değişim oranları



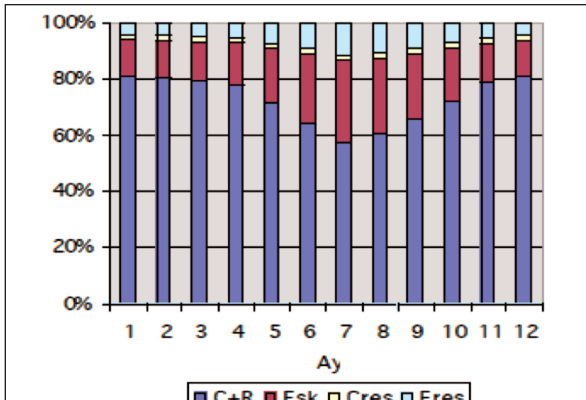
Şekil 9. Mersin için vücuttan çevre ortama transfer edilen ısının aylık değişim oranları



Şekil 7. Antakya için vücuttan çevre ortama transfer edilen ısının aylık değişim oranları



Şekil 10. Yıllık ortalama vücuttan ısı kayıpları



Şekil 8. Osmaniye için vücuttan çevre ortama transfer edilen ısının aylık değişim oranları

edilen ısının yaklaşık olarak ortalama % 90'ı deriden, % 10'u solunum sisteminden gerçekleşmektedir. Ancak bu oran yaz aylarında az bir oranda düşüş göstermektedir. Yıllık ortalama vücuttan ısı kayıplarını incelediğimizde en fazla vücuttan ısı kayıpları

nın olduğu il Şekil 10'da görüldüğü gibi Osmaniye ilidir. Buna karşı en düşük il ise Adana'dır.

4. Sonuçlar

- Dış ortam sıcaklığındaki artış, vücutla çevre arasındaki sıcaklık farkını azaltacağı için, vücuttan gerçekleşen ısı transferinde önemli bir etkidir.
- Vücuttan ısı transferinde hava sıcaklığının haricinde hava hız değerleri de oldukça önemlidir. Rüzgar hızının artmasıyla hem deriden duyulur hem de deriden buharlaşma ile ısı kaybı artmaktadır.
- Isının vücuttan dış ortamlara transferinde diğer önemli bir etken de bağıl nemdir. Bağıl nemin artması çevre havanın su buharı basıncının artmasına neden olmakta, bu da deriden buharlaşma ile ısı kaybı ve solunum yoluyla gizli ısı kaybını azaltmaktadır.
- Çevre ortam sıcaklığının artması, solunum yoluyla duyulur ısı kaybını azaltmaktadır.
- Solunum sırasında gizli ısı kayıpları, duyulur ısı

kayıplarından daha büyük değerdedir.

- Çevre havasının özgül neminde bir azalma olması, solunum yoluyla gizli ısı kaybının artmasına neden olmaktadır.
- İnsan vücudu, Doğu Akdeniz illerinde diğer aylara göre Ocak ayında solunum yoluyla çevreye daha çok ısı transfer etmektedir.
- Deriden duyulur ısı kayıpları, tüm iller ve aylar için her zaman gizli ısı kayıplarından fazladır. Ancak, solunum ile gerçekleşen duyulur ısı kayıpları gizli ısı kayıplarından daha az değerlerde olmaktadır.
- Buna göre, tüm iller için vücuttan çevre ortama transfer edilen ısının yaklaşık olarak ortalama %90'ı deriden, % 10'u solunum sisteminden gerçekleşmektedir.

Semboller

- A_D : DuBois yüzey alanı (m^2)
 A_{cl} : Giyinik vücudun gerçek yüzey alanı (m^2)
 $c_{p,a}$: Havanın özgül ısısı ($kJ/kg.K$)
 C_{res} : Solunumla ilgili taşınım kaybı (W/m^2)
 $C+R$: Deriden duyulur ısı kaybı (W/m^2)
 E_{max} : Maksimum buharlaşma ile ısı kaybı (W/m^2)
 E_{res} : Solunumla ilgili buharlaşma kaybı (W/m^2)
 E_{dif} : Deriden nem geçişi olan buharlaşma ile ısı kaybı (W/m^2)
 E_{rsww} : Terleme nedeniyle gerçekleşen buharlaşma ile ısı kaybı (W/m^2)
 E_{sk} : Deriden toplam buharlaşma kaybı (W/m^2)
 f_{cl} : Giysi alan faktörü (boyutsuz)
 h : Duyulur ısı geçiş katsayısı ($W/m^2.K$)
 h_c : Taşınım katsayısı ($W/m^2.K$)
 h_{cc} : Düzeltilmiş taşınım ile ısı geçiş katsayısı ($W/m^2.K$)
 h_e : Buharlaşmayla olan ısı geçiş katsayısı ($W/m^2.kPa$)
 h_{ec} : Yüzeyde, atmosfer basıncı için düzeltilmiş buharlaşma ile ısı geçiş katsayısı ($W/m^2.kPa$)
 h_{fg} : Suyun gizli buharlaşma ısısı (kJ/kg)
 h_r : Doğrusal ışınlama ile ısı geçiş katsayısı ($W/m^2.K$)
 I_{cl} : Giysi yalıtımı (clo)
 i_{cl} : Giysiler için buhar geçirgenlik verimi (boyutsuz)

- l : Boy (m) LR :Lewis oranı ($^{\circ}C/kPa$)
 m : Kütle (kg)
 M : Metabolik ısı enerji üretimi (W/m^2)
 \dot{m}_{res} : Solunan hava debisi (kg/s)
 \dot{m}_{rsww} : Birim zamanda üretilen ter (kg/s.m²)
 p_a : Çevre havanın su buharı basıncı (kPa)
 $p_{sk,s}$: Deri üzerinde su buharı basıncı (kPa)
 p_t : Atmosfer basıncı (kPa)
 R_{cl} : Giysi ısı yalıtımı ($m^2.K/W$)
 $R_{e,cl}$: Giysi tabakasının buharlaşma ile ısı geçişine direnci ($m^2.kPa/W$)
 Q_{res} : Solunum ile olan toplam ısı kaybı (W/m^2)
 t_a : Ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 t_{cr} : İç vücut sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 t_{ex} : Dışarı atılan havanın sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 t_{sk} : Deri sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 t_r^* : Ortalama ışınlama sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 t_0 : Eşdeğer sıcaklık ($^{\circ}C$)
 v : Rüzgar veya yürüme hızı (m/s)
 w : Deri ıslaklığı (boyutsuz)
 W : Yapılan mekanik iş (W/m^2)
 W_a : Solunan çevre havasının özgül nemi (kg H_2O/kg kuru hava)
 W_{ex} : Dışarı atılan havanın özgül nemi (kg H_2O/kg kuru hava)
 w_{rsww} : Teri buharlaştırmak için gerekli olan deri ıslaklığı (boyutsuz)

Kaynaklar

- [1] Ö. Kaynaklı, R. Yamankaradeniz, "Anlık Enerji Dengesi Modeli İle Isıl Konfor Şartlarının Simülasyonu", F.Ü. Fen ve Müh. Bil. Der. 15 (4), 601-612, (2003).
- [2] E. Şimşek, M. Bilgili, Y. Polat, "İklimlendirme Esasları", Ç.Ü. Adana MYO Yayınları, Yayın No: 62, Adana, (2004).
- [3] M. Bilgili, B. Şahin, E. Şimşek, "İnsan Vücudundan Solunum Yoluyla Gerçekleşen ısı Kaybının Analizi", Tesisat Mühendisliği, 113, 61-67, (2009).
- [4] Y.A. Çengel, M.A. Boles, (Türkçesi: Derbentli, T.), "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik", McGraw-Hill, Inc., Literatür: Yayıncılık, İstanbul, 1994.
- [5] N. Çelik, Y. Bayazıt, "İnsan Vücudunun

Makale

- Modellenmesinde Kişisel Değişikliklerin Termo-Regülasyon Üzerindeki Etkileri”, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 28, 17-22, (2008).
- [6] ASHRAE Temel El Kitabı, (Çeviri: T. Derbentli, O.F. Genceli), Bölüm 8, “Fizyolojik İlkeler ve Isıl Konfor”, Tesisat Mühendisliği Derneği, Teknik Yayınlar: 2, İstanbul, (1997).
- [7] K. Öngel, H. Mergen, “Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Vücudundaki etkilerine Yönelik Literatür Taraması”, S.D.Ü. Tıp Fak. Derg. 16(1), 21-25, (2009).
- [8] M. Tunç, U. Çamdalı, S. Çıkrıkçı “Tıpta Biyoyısı Uygulaması”, Mühendis ve Makina, 534, Temmuz (2004).
- [9] <http://web.boun.edu.tr/meteoroloji/iklimdegisi-mi.php>.
- [10] <http://www.dmi.gov.tr/FILES/genel/sss/iklim-siniflandirmalariturkiye.pdf>.
- [11] Ö. Kaynaklı, Ü. Ünver, M. Kılıç, R. Yamankaradeniz, “Sürekli Rejim Enerji Dengesi Modeline Göre Isıl Konfor Bölgeleri”, P.Ü. Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi 9(1), 23-30, (2003).
- [12] İ. Atmaca, A. Yiğit, “İklimlendirilen Ortamlar İçin Isıl Konforun Geçici Rejim Enerji Dengesi Modeli İle Değerlendirilmesi”, Tesisat Mühendisliği, 88, 67-71, (2005).