



GIYSİ VE KUMAŞLARDA TERMAL TEMAS HİSSİ

Sinem GÜNEŞOĞLU Binnaz MERİÇ
Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa

ÖZET

İnsan vücudunun giysi ve kumaşlarla dinamik temas halinde olması nedeniyle durağan halde yapılan termal iletkenlik ve termal direnç gibi ölçümler, termal konforu belirlemede yetersiz kalmaktadır. Kullanıcıların konfor algılarını ölçümlerde yansıtabilmek için gerçek kullanım koşullarındaki vücut ile giysi arasındaki dinamik veya geçici termal temas sırasındaki ölçümlerin yapılması gereklidir. Kullanıcıların kumaş ile ilk teması anında edindiği izlenimi, termal temas hissi olarak tanımlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sıcak-soğuk his, termal iletkenlik, termal direnç, termal absorptivite (ısıl soğurganlık).

THERMAL CONTACT FEELING IN FABRICS AND CLOTHINGS

ABSTRACT

The steady-state thermal measurements like thermal conductivity and thermal resistance cannot exactly determine thermal comfort since human body contacts fabrics and clothings dynamically. The transient thermal measurements should also be performed to predict the comfort sensations of users during real wearing conditions. The impression of a user at the very first moment of the contact between him and the fabric is so called thermal contact feeling.

Keywords: Warm-cool feeling, thermal conductivity, thermal resistance, thermal absorptivity.

1.GİRİŞ

Giysi kullanıcıları kendilerini sıcak, soğuk, rüzgar vb. dış etkenlere karşı koruyan, kaşıntı, acı, batma vb. rahatsızlık hissetmedikleri ve sosyal ortamlarına uygun olan giysilerde hem psikolojik hem fizyolojik olarak konforlu hissederler. Bu durum, konforun oldukça karmaşık ve geniş bir araştırma alanı olduğunu göstermektedir.

Çeşitli araştırmalar, toplam konfor üzerine termal konforun etkisinin büyük olduğunu göstermiştir. Termal konfor, ısı ve kütle transferi gibi iki faktörle karakterize edilirken durağan halde yapılan termal iletkenlik ve termal direnç gibi ölçümler termal konforu tam olarak ifade etmekte yetersiz kalır. Gerçek kullanım koşullarında, vücut ile giysi arasında dinamik (geçici) termal temas vardır. Termal temas hissinin ifadesi olarak geliştirilen çeşitli parametreler, kullanım koşullarına ait konfor algısının değerlendirilmesinde önemli bir paya sahiptir.

2.GİYSİ VE KUMAŞLARDA TERMAL TEMAS HİSSİ

Tekstil kumaşı vücutla temas ettiğinde, vücuttan genellikle daha düşük sıcaklıkta olan kumaşa doğru denge hali oluşuncaya kadar ısı akışı olur ve bu akış deri sıcaklığını düşürür. Isı akışına bağlı olarak derideki termoreseptörlerin algıladığı sıcaklık değişimi oranı veya toplam sıcaklık değişimi “sıcak” yada “soğuk” termal temas hissi uyandırır. Isı akışı ne kadar fazla olursa hissedilen his o kadar “soğuk”tur. Bu his, kullanıcının kumaş ile ilk teması anında edindiği izlenimi ve tüketici tercihini belirlemesi yanında, günümüzde kumaşların düşük mekanik zorlamalar altındaki davranışları ile beraber tutum değerlendirmesinde kullanılmaya başlanması açısından oldukça önemlidir [Ukponmwan 1993, Tzanov ve Hes 2000].

Giysilerin verdiği sıcak yada soğuk hissini hangisinin daha iyi olduğu, kullanıcı beklentilerine bağlıdır. Sıcak iklim bölgelerinde soğuk hissi veren giysiler (örneğin pamuklu), Kuzey Avrupa gibi soğuk bölgelerde ise sıcak hissi veren giysiler (örneğin polyester/yün karışımı) tercih edilir [Hes 1999].

Giysi ve kumaşların termal temas hissini değerlendirmek, yüzey sıcaklığını belirlemek değil temas anında deri sıcaklığındaki azalmanın oranını veya miktarını ifade etmek demektir. Bu hissi belirleyen en önemli özellik, vücut ile kumaş arasındaki temas alanını belirleyen kumaşın yüzey yapısıdır. Vücutla tekstil malzemesi arasındaki düşük temas alanı, deri sıcaklığının değişimi oranının yavaşlamasına neden olur. Diğer etkenler kumaş yoğunluğu, lifin nem içeriği ve spesifik ısıdır. Bu konudaki bir diğer yaklaşım, vücutla kumaş arasındaki temas katsayısını belirlemek olmuştur. Temas katsayısı, kumaşın termal iletkenliği ve termal kapasitesinin çarpımının karekökü ile orantılıdır. Kumaşın termal kapasitesi de kumaş yoğunluğu ile lifin spesifik ısısının çarpımı ile orantılıdır. Dolayısıyla termal iletkenlik, kumaş yoğunluğu ve spesifik ısı termal teması belirleyen faktörler olmaktadır ve bu üç faktör ne kadar yüksekse temas esnasında vücuttan kumaşa doğru olan ısı akışı o denli fazladır ve kumaş daha soğuk hissi verir [Holcombe ve Hoschke 1983]. Holcombe ve Schneider (1988), termal iletkenlikleri, spesifik ısıları ve yoğunlukları birbirine yakın liflerden

üretimiş kumaşların termal eylemsizlikleri ile birbirlerinden ayrılacağını, termal eylemsizliğin de kumaş paketleme yoğunluğuyla belirleneceğini ifade etmişlerdir. Örneğin tüylü kumaşların termal eylemsizlikleri düşüktür ve vücutla temas ettiğinde sıcak his verirler [Ukponmwan 1993].

Schneider ve ark. 'nın (1996) yün ve polyester kumaşlarla temas ettirilen 20 deneğin deri sıcaklıklarını ölçtükleri çalışmalarında, deri sıcaklığının yün kumaşla temas ettirilince daha hızlı düştüğü ve temastan sonra daha yavaş toparlandığı görülmüştür. Ölçümler, 20 – 28 °C ve %10 – 90 bağıl nem değerleri arasında tekrarlanmış ve her klima şartında yün kumaş daha soğuk his vermiştir.

Li ve ark. (1993), yün ve polyester dokuma kumaşların yüzey sıcaklıklarını kolla 5 saniye temas sonrasında ölçtükleri çalışmalarında ise polyester kumaşın yüzey sıcaklığındaki artışın daha fazla olduğu görülmüştür. Simültane olarak deri sıcaklığında ise yün kumaşla temas esnasında daha büyük düşüş ölçülmüştür. Deri ve kumaş sıcaklıkları değişimi arasındaki bu fark, yün ve polyester liflerinin nem desorbsiyon özellikleriyle ilişkilendirilmiştir. Yün kumaş, temas öncesinde çevreden daha fazla su absorblamakta, temas esnasında da daha fazla su desorblamaktadır. Temas kesildiğinde yün kumaş yine daha fazla su absorblayacak ve sıcaklık düşüşündeki oran azalacaktır. Polyester kumaşta ise sorbsiyon-desorbsiyonun sıcaklık üzerine etkisi ihmal edilebilir. Bu durum, soğuk temas hissini higroskopik liflerle sağlanacağını göstermektedir. Deri sıcaklığındaki düşüş oranı, temas anındaki sübjektif kuruluk hissini de etkilemektedir.

Li ve ark. (1996), deri sıcaklığındaki değişim oranının nem desorbsiyon oranı ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Nem desorbsiyonu ise lif higroskopisitesi ile lineer ilişkilidir, ayrıca lif çapı ile negatif ilişkidir. %20 – 80 bağıl nem değerleri arasında nem desorbsiyonu ile ortamın bağıl nemi arasında pozitif ilişki varken çevre sıcaklığı ile negatif ilişki vardır.

Li ve Brown, sübjektif soğuk temas hissini kumaş gözenekliliği, lif çapı ve lif tüylülüğü ile negatif ilişki olduğunu göstermiştir [Li 2001].

3. SICAK - SOĞUK HISSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sıcak-soğuk hissi, sayısal olarak Yoneda ve Kawabata (1982) tarafından incelenmiştir. Bu amaçla termal temasın objektif olarak değerlendirildiği "Thermo-Labo" cihazını geliştirmişlerdir. Thermo-Labo, kumaşların içinden gerçekleşen enerji dağılımını (ısı ve nem akış oranı) kullanarak sıcak-soğuk hislerini karşılaştırır. Yoneda ve Kawabata, bu geçici termal karakteristiğin bir ifadesi olarak "maksimum temas ısı akışı - $q_{max} (W / m^2)$ " değerini türetmişlerdir. q_{max} ; temas süresine bağlı olarak önce artan sonra durağan/sabit hale gelen ısı akışının, maksimum olduğu bölgeyi incelemektedir. Bir kumaşın maksimum temas ısı akış değeri, ne kadar kısa sürede ne kadar yükseğe ulaşırsa, kumaş o denli soğuk hissi verir. Cihaz sıcak-soğuk hissini, iki tabakalı bir sistemde daha sıcak olan kattan diğerine olan ısı akışının 0.2 saniyede maksimuma ulaştığını kabul eden matematiksel bir modelle kumaştan ölçülen ısı akışını (enerji dağılımı) ilişkilendirerek ölçer. Cihazda insan vücudu olarak içi boş, sıcak metal levha kullanılır. Sıcak levhanın belirli bir sıcaklığa ulaşması için harcanan Watt cinsinden elektrik tüketimi (üzerinde kumaş varken ve yokken) belirlenmekte ve bu iki değer kumaş için oranlanmaktadır.

Thermo-Labo'da ölçümler dört teknikle yapılabilir ve bu sayede kumaşın ıslak ve kuru hali için ısı ve nem iletimi özellikleri ile termal yalıtım değeri de belirlenebilir[Hansraj ve ark. 1998]:

1. Kuru temas: Numune sıcak levha ile direkt temas halindedir.
2. Kuru boşluklu temas: Numune sıcak levhaya 5 mm. mesafede tutulur.
3. Islak temas: Sıcak levha ile numune arasına ıslak ara bezi konur.
4. Islak boşluklu temas: Islak ara bezi ile numune arasında 5 mm. boşluk vardır.

Radhakrishnaiah ve ark. (1993), pamuk/polyester karışım ile pamuk (dış)/polyester (öz) corespun iplikten yapılmış özdeş dokuma kumaşların termal temas davranışlarını Thermo-Labo ile ölçmüş ve corespun iplikten yapılan kumaşın daha yüksek q_{max} değeri (daha soğuk temas hissi) verdiğini bulmuşlardır. Kuru

ve ıslak temas tekniklerine göre yapılan ölçümler sonucunda, corespun iplikten yapılan kumaşın kuru halde daha az, ıslak halde daha çok ısı iletmediği ve daha az termal yalıtım değerine sahip olduğu görülmüştür.

Kawabata'nın fikirlerinden yola çıkan ve iki homojen ve yarı-geçirgen katı yüzey arasındaki ideal teması model alan Hes, soğuk-sıcak hissini değerlendirmek üzere termal absorbtivite ($Ws1/2 / m^2 K$) değerini geliştirmiştir.

Termal absorbtivite; aralarında sıcaklık farkı bulunan ve sonsuz termal kapasiteye sahip olduğu kabul edilen insan vücudu ile sınırlı termal kapasiteye sahip kumaş arasında, kısa süreli temas anında meydana gelen ısı akışı olarak tanımlanır. Isı akışı yüksek ise kullanıcının algıladığı temas hissi soğuk olacaktır[Hes 1999, Hes 2000a, Hes 2000b, Tzanov ve Hes 2000].

T_1 sıcaklığına sahip insan vücudu ile T_2 sıcaklığına ve (c) (J/m^3) termal kapasiteye sahip kumaş arasında, (t) temas süresi ve (a) termal difüzyon (m^2/s) altındaki sıcaklık farkının dağılımı Eşitlik 1 'deki diferansiyel denklem ile verilir:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) \quad (1)$$

Eşitlik 1, Eşitlik 2'de görülen dinamik ısı akışının q_{din} bulunmasında kullanılır:

$$q_{din} = b(T_1 - T_2) / (\pi\tau)^{1/2} \quad (2)$$

ve Eşitlik 3'ten termal absorbtivite değeri bulunur:

$$b = (\lambda\rho c)^{1/2} \quad (3)$$

Kuru kumaşların termal absorbtivite değerleri, 20-300 $Ws1/2/m^2 K$ arasında değişir. Bir kumaşın termal absorbtivite değeri arttıkça verdiği his "daha soğuk" olarak ifade edilir; Yapılan çalışmalarda en düşük termal absorbtivite değerleri (en sıcak), polyester mikroliflerden yapılmış nonwoven astarlarda elde edilmiştir. Değişik tip kumaşların termal absorbtivite değerleri Çizelge 1'de verilmiştir[Hes 1999, Hes 2000a].

Çizelge1.Kumaş tipi, yapısı ve terbiye işlemlerinin termal absorbtiviteye etkisi[Hes 2000b,Hes 2002]

Termal absorbtivite $HS^{1/2}/m^2K$	Kumaş tipi
20 – 40	Mikrolif veya ince liflerden mamul nonwoven astar
30 – 50	Dıştik yoğunluklu şardonlu polyester örmeler, iğnelemiş hafif polyester tülbentler
40 – 90	Sentetik (PAN) veya telstüre filament ince örmeler,
70 – 120	İnce pamuklu örmeler, şardonlu ince yün veya yün/polyester dokumalar
100 – 150	İnce pamuk veya viskon örmeler, pamuklu bez dokumalar
130 – 180	İnce bitim işleni görmüş pamuklu örmeler, şardonlu ince pamuklu dokumalar
150 – 200	Pürüzlü yüzeyli yün veya yün/polyester bez dokumalar
180 – 250	Pürüzlü yüzeyli kalıcı presli pamuk/viskon kumaşlar, kalın mikrolif örmeler
250 – 350	Reçine apreli gömleklik kuru pamuklu kumaşlar, yüzeyi düzgün kalın yün dokumalar
300 – 400	Kuru viskon veya Lyocell veya ipek kumaşlar, yüzeyi düzgün ham denim kumaşlar
330 – 500	Nemli pamuk/PP veya pamuk/özel polyester, vücuda yakın kullanılan kumaşlar
450 – 650	Islak haldeki ağır dokumalar (denim) veya ıslak Coolmax örmeler
600 – 750	Tamamen ıslak pamuk veya polyester/pamuk veya mikrolif örmeler
>750	Islak haldeki diğer dokumalar veya örme kumaşlar
1600	Sıvı su

Hes (2000b), kumaşların sıcak /soğuk hissini değerlendirmekte termal absorbtivitenin geçerliliği üzerine yaptığı çalışmada, her biri ayrı lif tipinden, bezayağı örgülü ve benzer kalınlık ve gramaja sahip dokuz ayrı kumaşın Alambeta cihazı ile ölçülen termal absorbtivite değerlerini, yaklaşık 100 kişinin yaptığı subjektif değerlendirme sonuçlarıyla karşılaştırmış; sıcak/soğuk hissini subjektif değerlendirmesi ile objektif termal absorbtivite sonuçları arasında 0.9'luk korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir ilişki bulmuştur. Hes'in (2002) 16 farklı hayvan kürkünün termal direnç, termal iletkenlik ve termal temas hissini incelediği bir diğer çalışmada, 20 denek kürklerin verdiği sıcak/soğuk hissini 2 saniyelik temas sonrasında subjektif olarak değerlendirmiş, kürklerin ölçülen termal absorbtivite değerleri ile subjektif değerlendirmeler arasındaki Spearman sıralama katsayısı 0.62 olarak bulunmuştur.

Termal absorbtivite değeri; kumaş yapısı, kompozisyonu, yüzey özellikleri ve gördüğü kaplama, şardon, zımpara gibi bitim işlemlerden etkilenmektedir [Hes 1999]. Güneşoğlu ve ark. (2005), astarlı iki iplik örme kumaşların şardonlama sonrasında termal absorbtivite değerlerinin daha düşük olduğunu ve farklı lif tiplerinden üretilen astarlı örme kumaşların şardonlama sonrası benzer termal absorbtivite

değerleri verdiğini göstermiştir.

Sıcak-soğuk hissinin bir diğer önemli özelliği, kumaş ıslandığında bu hissini değişmesidir. Çünkü termal iletkenliği ve termal kapasitesi tekstil liflerinden ve kumaş bünyesindeki havadan oldukça yüksek olan su kumaş yapısına katıldığında, kumaş vücuttan çok daha fazla ısı absorblar. Bu durum yaygın olarak konforsuzluk olarak nitelendirilir. Islak kumaşların termal absorbtivite değerleri kuru hallerine nazaran oldukça yüksektir [Hes 1999].

Geraldes ve ark. (2001), kumaşların ıslak ve kuru hali için bulunan termal absorbtivite değerlerinin birbirine oranını kumaşların hidrofobik davranışını değerlendirmek için kullanmışlardır. Oran büyüdükçe, kumaşın hidrofob içeriği artacak ve hidrofob davranışı kuvvetlenecektir.

4.SONUÇ

Tekstil pazarlarında dünya ölçeğinde artan rekabet önemli düzeyde araştırma ve danışmanlık hizmetinin sürdürülmesine neden olmuştur. Yeni lif ve kumaş yapılarının geliştirilmesi, bu yapıların değerlendirilmesi için yeni test cihazı ve yöntemlerin üretilmesi veya mevcutların iyileştirilmesi konfor araştırmalarının önceliklerindedir.

Giysilerin kullanımı sırasında giysinin vücutla dinamik etkileşimi kişilerin konfor algısının belirlenmesinde önemli bir faktördür. Statik durumda yapılan ölçümler bu durumu tam yansıtamadığı için yeni araştırmalar dinamik etkileşim göz önünde tutularak sürdürülmektedir. Termal temas hissini ölçülmesi ve değerlendirmesi dinamik etkileşim sırasındaki algının bir ifadesi olarak bu araştırmalarda büyük paya sahiptir. Termal temas hissini sayısal olarak ölçüldüğü düzenekler, konfor araştırmalarında önemli rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

- Gerald M.J., M.De Araujo, L.Hes 2001. High Performance Functional Knit Structures. Tecnitex 2001 Autex Conference. The University of Minho, Portugal:227-235.
- Güneşoğlu, S., B.Meriç, C.Güneşoğlu 2005. Thermal Contact Properties of 2- Yarn Fleece Knitted Fabric. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. April-June,13(2):46-50.
- Hansraj, A.N., M.S.Subbulakshmi, B.S.Batra, N.Kasturiya 1998. Thermal Insulation Studies of Protective Clothing. *Man-Made Textiles in India*,April:153-158.
- Hes, L. 1999. Optimisation of Shirt Fabrics Composition From the Point of View of Their Appearance and Thermal Comfort. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11 (2/3):105-115.
- Hes, L. 2000a. Imperfections of Common Nonwoven's Thermal Resistance Test Methods. *INTC 2000, USA*.
- Hes, L. 2000b. An Indirect Method for the Fast Evaluation of Surface Moisture Absorptivity of Shirt and Underwear Fabrics. *Vlakna a Textil*, 7(2):91-96.
- Hes, L. 2002. An Experimental Analysis on Thermal Insulation and Thermal Contact Properties of Animal Furs with Biomimetic Objectives. *The Fall Annual Fiber Society Conference*, USA.
- Holcombe, B.V., N.Hoschke 1983. Dry Heat transfer Characteristics of Underwear Fabrics. *Textile Research Journal*, 53(3):368-374.
- Li, Y. 2001. *The Science of Clothing Comfort*. Textile Progress, The Textile Institute International, UK. 138p.
- Radhakrishnaiah, P., S.Tejetanalert, A.P.S.Sawhney. 1993. Handle and Comfort Properties of Woven Fabrics Made from Random Blend and Cotton Covered Cotton/Polyester Yarns. *Textile Research Journal*, 63(10):573-579.
- Schneider, A. M., B. V. Holcombe, L. G. Stephens. 1996. Enhancement of Coolness to the Touch by hygroscopic Fibers, Part I: Subjective Trials. *Textile Research Journal*, 66 (8): 515-520.
- Tzanov, T., L.Hes. 2000. Thermal Properties of Silicone Treated Textile Materials. *Canadian Textile Journal*, January/February: 37-40
- Ukponmwan, J. O. 1993. *The Thermal Insulation Properties of Fabrics*. Textile Progress Textile Institute, UK. 51 p.