

KORUYUCU GIYSİLER İÇİNDEKİ NEFES ALABİLİR MEMBRANLARIN TERMAL YALITIM ÖZELLİKLERİ

THERMAL INSULATION PROPERTIES OF BREATHABLE MEMBRANS INSIDE OF PROTECTIVE CLOTHING

Filiz GÜNEY
Süleyman Demirel Üniversitesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

İbrahim ÜÇGÜL
Süleyman Demirel Üniversitesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü
e-mail: iucgul@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Koruyucu giysilerin koruyuculuk ve dayanıklılık özellikleri daha önemli olduğu için konfor, kullanıcılar tarafından göz ardı edilmektedir. Bu durum çalışanların bir müddet sonra iş verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Son yıllarda iş verimliliğini yükseltmek için, pek çok yöntem denenmiştir. Bu yöntemlerde temel yaklaşım iç konforun sağlanmasına yöneliktir. Ayrıca koruyucu giysilerde termal konfor konusu birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur. Koruyucu giysilerde iç konforu artırmak amacıyla nefes alabilir membranlar kullanılarak nem ve bu neme bağlı buharlaşma ısısının atılması sağlanmaktadır. Bu, vücut ısıl düzenlenmesi (termal regülasyon) için önemli bir husustur. Diğer taraftan nefes alabilir membranların nem geçirgenlik özellikleri yanı sıra termal yalıtım özelliklerinin tespiti de önemlidir. Bu amaçla, bu çalışmada farklı materyallerden ve tabaklardan oluşmuş bu membranların termal yalıtım özellikleri Alambeta cihazında test edilmiş ve sonuçlar grafiklerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu membranların koruyucu giysi içinde konforu nasıl etkileyebileceği tartışılmıştır. Sonuçlar, koruyucu giysi dizaynında kullanılmaya başlanan nefes alabilir membranların ve gözenekli yapıların ısı ve buhar transferine izin vererek konforu artırmada etkili olabileceğini ortaya koymuştur. Çünkü termal yalıtım özellikleri giysilerin temel fonksiyonunu belirler. Böylece termal giysi konforu, termal yalıtım parametrelerinin analiz edilmesiyle tahmin edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Koruyucu giysi, Nefes alabilir membran, Termal yalıtım, Termal konfor, Spor ceket.

ABSTRACT

Comfort is not taken into consideration by users since the protection and strength properties of protective clothing are more important. That results in decreasing the work productivity of workers after a while. In recent years in order to increase the work productivity, many methods have been tried. Basic approaches in these methods are intended to providing comfort inside of clothing. Also, the topic of comfort in protective clothing has been of interest to many researchers. The moisture and evaporation heat with depending on that moisture are provided to reject by using breathable membranes with the aim of increasing comfort inside of protective clothing. This is an important case for regulation of body heat (thermal regulation). On the other hand determinations of thermal insulation properties are important as well as moisture permeability properties of breathable membranes. For this purpose, in this study thermal insulation properties of those membranes which consist of different materials and layers were tested on Alambeta device and the results were compared with graphics. Also it was discussed how those membranes will be able to effect the comfort inside of protective clothing or not. The results showed that breathable membranes and porous structures which are begun to use in designing protective clothing will be able to effective on increasing the comfort by allowing heat and vapour transfer between the clothing layers. Because the thermal insulation properties determine the elementary function of apperals. Therefore, thermal clothing comfort can be estimated with analysing thermal insulation parameters.

Key Words: Protective clothing, Breathable membrane, Thermal insulation, Thermal comfort, Sport jacket.

Received: 14.04.2009

Accepted: 26.10.2009

1. GİRİŞ

Tekstil teknolojisindeki gelişmeler sayesinde yüksek performanslı koruyucu giysiye olan talebin artması, giysi ve kumaşların koruyucu ve sağlam olmalarının yanında ayrıca konforlu olmasının da gerektirmektedir. Koruyucu giysilerde konfor konusu son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Koruyucu giysi konforu bahsedildiğinde ilk dikkat edilmesi gereken husus termal konfordur (1).

Termal konfor, çevreden ısıl bakımdan memnun olma halidir (2). Ergonomi bilimi termal konforu farklı bir şekilde tanımlasa bile giyside termal konfor; giysinin içinde bulunan-çalışılan ortamda kendisinden beklenen termal yalıtım ve nefes alabilme özelliklerini taşıması ile belirlenir. Konforlu olmayan bir ortamda ya da konforsuz giysiyle çalışan insan üzerindeki pozitif veya negatif yöndeki ısıl yük, dikkatin dağılmasına ve neticesinde performansın düşmesine sebep olabilir.

Koruyucu giysilerin insan sağlığını ve güvenliğini koruma işlevini yerine getirmesinde elbisenin konforu da önemlidir. Yeterli konfor sağlamayan bir elbise yüklenen görevi yerine getirmede verimliliği azaltır. Çünkü birinci amacı yüksek koruyuculuk özelliği sağlamak olduğu için bu kıyafetler kişiye ağır gelebilme, hareket etme olanaklarını kısıtlayabilmekte, yeterli ısı ve nem transferinin yapılamadığı durumlarda kişinin iş verimliliğini düşürebilmektedir (3).

Termal konfor üzerine birçok çalışma yapılmakta ve artık mikro gözenekli ve hidrofilik membranlarla daha rahat nefes alabilen ve hafif koruyucu giysi üretimi yapılabilmektedir. Özellikle spor giyim ve açık alanlarda çalışan işçi giysileri için su geçirmezliği sağlayan standart kaplama malzemeleri hava geçirimsiz olması dolayısıyla konforsuzdur. Su geçirmeyip hava geçirgenliği olan kumaşlar için geliştirilen mikro gözenekli, nano katkı maddeli, hava geçirgen poliüretan kaplamaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca termal konforu artırmak amacıyla bir takım ünitelerle donatılmış ısıtılmalı ya da soğutmalı koruyucu giysiler, akıllı tekstiller kategorisinde üretilmeye başlanmıştır. Gelecekte, Türkiye ekonomisi için önem arz edecek bu tip hava geçirimli ve akıllı koruyucu giysiler üzerinde durulması gerekecektir.

Frydrych vd. (4), doğal ve yapay liflerden oluşmuş kumaşların termal yalıtım özelliklerini Alambeta cihazında karşılaştırmışlardır. Sonuçlarda, tencel ipliğinden yapılan yapay kumaşların pamuk ipliğinden yapılan kumaşlara göre daha düşük termal iletkenlik ve termal absorpsiyon değerinin olduğunu buna karşılık daha yüksek termal difüzyon ve direncinin olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca dokuma tipinin de termal yalıtım özellikleri üzerinde etkili olduğunu da gözlemlemişlerdir.

Hes vd. (5), bir insanın kumaşa dokunduğu andaki sıcak ya da soğuk algılamasını, farklı türde iç çamaşır giyen kişiler üzerinde analiz etmişlerdir. Alambeta cihazında yaptıkları testler sonucu kumaş yapısı oluşumunun ve bitim işlemlerinin termal absorpsiyon özelliğini etkilediğini ortaya koymuşlardır. İç çamaşırının termal direnci ne kadar yüksekse dış giysiyle birlikte kişinin daha sıcak algı hissettiğini belirlemiştir.

Tablo 1. Farklı şartlarda su ve hava geçirmez giysilerin etkileri (8)

Şartlar	Aktivite	Sonuç
Soğuk/ıslak iklim	Orta hareketlilik	Rahat olmama
Terle ıslanmış giysilerde soğuk/ıslak iklim	Yüksek hareketliliği takip eden düşük hareketlilik	Hipotermia (soğuk stres)
Sıcak/nemli iklim ve koruyucu giysi giymek	Yüksek hareketlilik	Hipertermia (ısı stres)

Frydrych vd. (6), Alambeta cihazıyla altı farklı membranın ve dört farklı yün tipi kumaşların termal yalıtım özelliklerini ölçerek sonuçları ANNOVA istatistik yöntemine göre karşılaştırmışlardır. Materyalleri farklı tabaka kombinasyonlarıyla ölçerek termal özelliklerin nasıl değiştiğini gözlemlemişlerdir. Üç tabakalı membranın ve %60 yün / %40 PES karışımı yün kumaşının en iyi termal yalıtım özellikleri gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Matusiak (7), tekli ve çoklu tabakalardan oluşmuş tekstil materyallerinin termal yalıtım özelliklerini Alambeta cihazında test ederek materyal takımlarının termal yalıtım özellikleri ile komponentlerin termal yalıtım özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sonuçta kompozit bir kumaşın termal yalıtım özelliklerinin komponentlerin konfigürasyonuna ve özelliklerine bağlı olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışmada ise çeşitli koruyucu giysiler içerisindeki nefes alabilir membranlı yapıların termal yalıtım özellikleri Alambeta cihazıyla incelenerek, bu membranların giysi içinde konforu nasıl etkileyebileceği tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

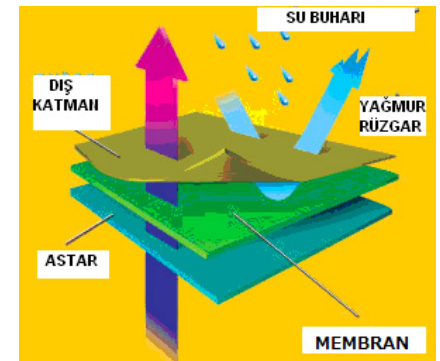
2.1. Materyal

Teknik tekstillerde başlıca karşıtıklardan biri su geçirmeyen materyallerin su buharının (terin) geçmesine izin vermesidir. Bu özellik olmadan, yüksek aktiviteli asker, deniz kuvvetleri, özel kuvvetler, açık alanda çalışan işçiler ve sporcular tarafından giyilen su geçirmez kıyafetler fizyolojik problemlere neden olur. Tablo 1.'de böyle durumlara sonuçları verilmiştir. (8)

Çok aşırı savaş şartlarında insanlar iklim şartlarını ve aktivitelerinin yoğunluğunu seçemez. Bunun sonucu olarak vücut ısısının aşırı düşmesi ya da

yükselmesine dayanan yaralanma ve ölümler oluşabilir. Bu problemi çözmek için polimerler ve tekstil imalatçıları büyük çabalar harcamışlardır. Şuan pazarda dokuma, kaplamalı veya laminasyonlu su geçirmeyen ve su buharı geçiren kumaşlar vardır (8).

Soğuk ve sıcak iklim giysileri, ağır hava şartları altında çalışanlar için dizayn edilmiş çeşitli iş giysileri, yağmurlukları kapsayan, nefes alabilen (vücut terini dışarıya atabilen) ancak içine su geçirmeyen özel kumaşlardan mamul ürünleri içermektedir. Askeri amaçlı kullanılabildikleri gibi spor ve çalışma alanlarında da kullanılırlar. Aşırı soğuk, aşırı sıcak ve yağışlı ortamda kullanılacak olan iklim giyeceklerinin ısı izolasyonu sağlaması, yağmur ve kar suyunu dışarıdan iç kısmına geçirmemesi ve içte oluşan teri dışarıya atması yani hava sirkülasyonu sağlaması beklenmektedir. Bu amaçla dış kısımda kumaş, ortada membran ve iç kısımda ince triko astardan mamul üç katlı nefes alabilir kumaşlar geliştirilmiştir. Üç katlı kumaşların asıl fonksiyonel katmanı orta kısımdaki nefes alabilen membrandır (9). Membranlı kumaşların yapısı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Membranlı kumaşların yapısı (10)

Membranlar yapılarına göre hidrofilik ve mikro gözenekli olmak üzere iki kategoriye ayrılırlar. Hidrofilik membranlar sürekli gözeneksiz katı filmlerdir. Böylece sıvıların girmesine yüksek dayanımı vardır. Su buharının dağılması O-CO-OH veya NH₂ gibi blok kopolimerler gibi polimerin içine hidrofilik fonksiyonel grupların dahil edilmesiyle sağlanmaktadır. Bu, film içinden molekül zincirleri boyunca kademe kademe dağılan su molekülleri ile tersine dönen hidrojen bağları oluştu-

rabilmektedir. (Teknik tekstil el kitabı) Hidrofilik membranlar ağırlıklarının yaklaşık %10'u kadar miktarda su buharını (yani teri) bünyelerine alırlar ve difüzyon yoluyla yüzeylerinden dışarıya verirler. Sistem, içindeki su buharının sıcaklık ve basıncın, dış sıcaklık ve basınçtan daha yüksek olduğu durumda uygun sonuç vermektedir. Bu tip kumaşlar soğuk iklim giysilerinde kullanılmaktadır (9).

Sıcak iklimlerde de bu olayın tersi geçerlidir. Mikro gözenekli membranlar bünyesindeki mikro kanallar vasıtasıyla su buharını dışarıya verir. Ancak dışarıdaki büyük su damlaları ince kanallardan içeriye giremez (9). Bu membranlar 0,1 mm gözenek ölçülerinde boş mikro gözenekli cinstedir. En fazla bilinen ürün Gore-Tex® mikro gözenekli politetrafloretillen membran kullanılır. Bazı durumlarda bu membranlara veya kaplamalara, ter artıklarıyla gözeneklerin kirlenmesine veya düşük yüzey gerilimli sıvıların girmesine karşı koymak için bir hidrofilik polimer üst tabakası dahil edilmektedir (8).

Membranlar iç ve dış kumaşa genellikle soğukta kırılğan olmayan poliüretan yapıştırıcılarla lamine edilmektedir. Ancak bu işlem sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus laminasyon sırasında yapıştırıcının membranın su buharı geçirgenliğini azaltmamasıdır. Yapıştırıcıyı noktalar halinde süren ve bu şekilde yapıştıran laminasyon silindiri ile yapıştırma noktaları arasında kalan membran kısımları ile nefes alabilirlik sağlanmaktadır (9).

Bu çalışmada, materyal olarak nefes alabilir kumaşlardan oluşmuş tarım ve orman işçileri için bir koruyucu giysi, değişik membranlardan oluşmuş üç sportif giysi ve tarafımızdan bu çalışma için geliştirilen, ara yüzeyinde dokusuz yüzey olan termoaktif ceket kullanılmıştır.

2.1.1. Nefes Alabilir Kumaşlardan Oluşmuş Tarım ve Orman İşçileri İçin Koruyucu Giysinin Özellikleri

Açık alanlarda çalışan işçiler için tasarlanan giysi, en içte polar yelek (A2) ve polar eşofman altı, üstüne bahçıvan giysisi, üstüne polar ceket ve en üstte

yine izolasyonlu ceket şeklinde kombine edilmiştir (Şekil 2). Üst giysi tabakaları (A1) yağmur ve rüzgara karşı koruyan aynı zamanda gaz fazında ter taşınımını sağlayan hafif kumaştan (200-250 g/m²) yapılmıştır. Arada ısı izolasyon tabakası mevcut olan bu giysiler kullanıcıların farklı fiziksel aktiviteleri boyunca hijyenik ve fizyolojik konforu devam ettirirler (11).



Şekil 2. Tarım ve orman işçileri için tasarlanmış koruyucu giysi (A Tipi)

Bu giysi, tarım ve orman işçileri için Polonya Varşova'daki Endüstriyel Moda Enstitüsü (IWP)'nde Proje yürütücüsü Zpch Sedyko tarafından (Proje FSNT-NOT, numara ROW 532/2004 standardına uygun olarak) üretilmiştir.

2.1.2. Nefes Alabilir Membranlardan Oluşmuş Spor Koruyucu Giysiler

Şekil 3.'de verilen birinci gri ceketin dış kısmı (B1) su geçirmez materyalden yapılmış olup iç kısmı (B2) ise üst tarafı %100 pamuktan oluşan gözenekli bir kumaştan, alt tarafı ise bir yüzü %100 naylon, diğer yüzü %100 poliüretandan yapılmış bir membrandan oluşmuştur. İkinci yeşil ceketin dış kısmı (C1) yine su geçirmez materyalden yapılmış olup, iç kısmı (C2) ise üst tarafı %100 pamuktan oluşan gözenekli bir kumaştan, alt tarafı ise bir yüzü %100 poliester, diğer yüzü %100 poliüretandan yapılmış bir membrandan oluşmuştur. Üçüncü kırmızı ceketin dış kısmı (D1) yine su geçirmez materyalden yapılmış olup, iç kısmı (D2) ise tamamıyla gözenekli bir kumaş yapısı olan %100 pamuktan yapılmıştır.

Bu giysiler, Polonya'da AVENTURA firması tarafından konforu artırmak amacıyla iç yüzeye farklı membranlar kullanarak yağmur ve rüzgâra dayanıklı fakat nefes alınabilir hava geçirimli olarak üretilmiştir.



a) %100 Naylon/PU membranlı



b) %100 PES/PU membranlı yeşil gri spor ceket (B Tipi) spor ceket (C Tipi)



c) %100 Pamuk membranlı kırmızı spor ceket (D Tipi)

Şekil 3. (a-b-c) Nefes alabilir spor ceketler

2.1.3. Dokusuz Ara Yüzeyli Termoaktif Ceket

DeneySEL çalışma amacıyla dizayn edilip geliştirilen ve üretilen termoaktif

ceket dış ön yüzü (E1) %100 Poliester, arka yüzü (E2) ise %100 Poliüretan-dan yapılmış bir memrandan, iç kısmı ise polardan ve arasına yerleştirilmiş bir dokusuz yüzeyden oluşmaktadır (Şekil 4).

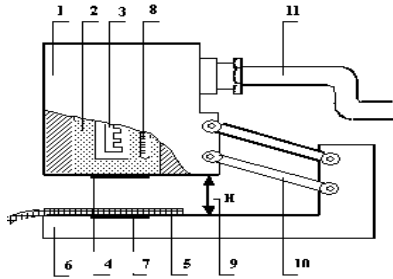


Şekil 4. Dokusuz ara yüzeyli termoaktif ceket (E Tipi)

2.2. Yöntem

2.2.1. Alambeta Cihazı ve Çalışma Prensibi

Alambeta cihazı Çek Cumhuriyetinde Luboš Hes tarafından termal absorpsiyonun ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu cihazın fotoğrafı ve basitçe çizilmiş kısımları şekil 4'de gösterilmiştir. Cihaz genel olarak bir ölçüm kafası ile numunenin üzerine yerleştirildiği bir tabandan oluşmaktadır. Ölçüm başladığı anda, ısı akış sensörünü ihtiva eden ölçüm kafası aşağıya düşer ve alt plakaya düzlemsel bir şekilde yerleştirilen numuneye dokunur. Bu sırada numunenin yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihazın bilgisayarısı ısı akış değerlerini kaydeder. Aynı zamanda bir fotoelektrik sensör numune kalınlığını ölçer. Bu prosedür, insan parmağının oda sıcaklığındaki bir kumaşa dokunması işleme benzerdir (12).



Şekil 5. Alambeta cihazının fotoğrafı ve kısımlarını gösteren kesit şekli (1: ölçüm kafası, 2: metal blok, 3: elektrikli ısıtıcı, 4: ısı akış sensörü, 5: tekstil materyali, 6: metal taban, 7: plaka, 8: termometre, 9: Ter akışını simüle eden ıslatılmış tekstil ara yüzeyi, 10: kafa kaldırma mekanizması, 11: bağlantı borusu) (13).

2.2.2. Alambeta Cihazında Test Şartları

Testler Polonya Lodz Teknik Üniversitesi Tekstil Mühendisliği ve Pazarlama Fakültesi Giysi Teknolojisi Bölüm Laboratuvarlarında ve Prof. Dr. Iwona Frydrych danışmanlığı altında yapılmıştır. 20 °C Sıcaklık, %60 Relatif nem koşullarında bulunan Tekstil Laboratuvarında koruyucu giysileri oluşturan kumaş ve membranların ön ve arka olmak üzere her iki yüzeyi de 20 kez Alambeta cihazında test edilerek sonuçlar alınmıştır. Elde edilen değerlerin ortalama değeri, standart sapması ve varyansı hesaplanarak, sonuçlar grafikler halinde araştırma bulguları ve tartışma bölümünde verilmiştir. Şekil 6'da laboratuvar ortamında Alambeta cihazının önden görünüşü verilmiştir.



Şekil 6. Laboratuvar ortamında Alambeta cihazının önden görünüşü

2.2.3. Termal Yalıtım Parametreleri (Alambeta Çıktıları)

Alambeta cihazında ölçülen termal yalıtım parametreleri aşağıda sıralanmıştır.

- Termal iletkenlik katsayısı (k)
- Termal difüzyon katsayısı (a)
- Termal absorpsiyon katsayısı (b)
- Termal direnç katsayısı (r)
- Materyal kalınlığı (h)
- Maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranı (p)
- Kararlı ısı akış yoğunluğu (q_s)

a) Termal iletkenlik:

Termal iletkenlik ya da ısı iletkenlik, sürekli rejim şartları (kararlı hal koşulları) altında ve ısı transferi sadece sıcaklık farkına bağlı olduğunda materyalin birim kalınlığından birim yüzey alanına transfer edilen ısı miktarıdır. Termal iletkenlik katsayısı aşağıdaki denklemle hesaplanır (7).

$$k = \frac{Q}{A \cdot \frac{\Delta t}{h}}, \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1} \quad (1)$$

Burada,

- k : Termal iletkenlik katsayısı,
- Δt : Sıcaklık farkı,
- Q : Isı transferi,
- A : Alan,
- h : Materyal kalınlığı (mm) dir.

Tablo 2. Koruyucu giysi materyallerinin özellikleri

Sembol	Materyal kalınlığı (mm)	Giysi Karakteristiği	Materyal özelliği
A1	0,3	Tarım ve orman işçileri için koruyucu giysi	Dış katman
A2	0,62	Tarım ve orman işçileri için koruyucu giysi içine giyilen yelek	Polar
B1	0,1	Gri spor ceket	Dış katman
B2	0,1	Gri spor ceket	İç membran (%100 Naylon / PU)
C1	0,15	Yeşil spor ceket	Dış katman
C2	0,1	Yeşil spor ceket	İç membran (%100 PES / PU)
D	0,22	Kırmızı spor ceket	Dış katman
E	0,24	Dokusuz yüzeyli termoaktif ceket	Dış katman (% 100 PES / PU)

b) Termal difüzyon:

Termal difüzyon kumaş yapısı içindeki havadan ısı akışının geçebilme kabiliyetiyle ilgilidir. Tekstil materyallerinin termal difüzyonu tekstillerin geçici termal karakteristiğidir. Homojen materyaller için termal difüzyon katsayısı aşağıdaki denklemle hesaplanır (7).

$$a = \frac{k}{\rho \cdot c}, m^2s^{-1} \quad (2)$$

Burada,

a : Termal difüzyon katsayısı (Isıl yayıcılık katsayısı),

ρ : Materyal yoğunluğu,

k : Termal iletkenlik katsayısı,

c : Özgül ısı kapasitesidir.

c) Termal absorpsiyon:

Termal absorpsiyon bir yüzey özelliği olmasından dolayı tekstil bitim işlemiyle değişebilmektedir. Bu parametre insan derisinin tekstil materyali gibi herhangi bir objeye kısaca dokunması durumunda elde edilen soğuk ya da sıcak hissi yönünden kumaşın karakteristiğini değerlendirmede yardımcı olur (5). Termal absorpsiyon değeri düşük olan kumaşlar sıcak hissi verirler, yüksek değeri olanlar soğuk hissi verirler. Termal absorpsiyon ne kumaş ve deri arasındaki sıcaklık farkına ne de ölçüm zamanına bağlı olan geçici bir parametredir. Teknik bir parametre değil fakat gerçek bir tekstil karakteristiğidir. Termal absorpsiyonun geçerliliği, yaklaşık 100 kişinin subjektif duyuru-

mun sonuçları Alambeta cihazında ölçülmüş objektif değerlerle karşılaştırılarak yapılan bir çok testlerle doğrulanmıştır (5). Homojen materyaller için termal absorpsiyon katsayısı aşağıda denklemle açıklanabilir (7).

$$b = \sqrt{k \cdot \rho \cdot c}, Wm^{-2}s^{1/2}K^{-1} \quad (3)$$

Burada,

b : Termal absorpsiyon katsayısı,

ρ : Kumaş yoğunluğu,

k : Termal iletkenlik katsayısı,

c : Kumaşın özgül ısı kapasitesidir.

d) Termal Direnç:

Termal direnç birim kalınlıktaki bir materyalden birim zamanda geçen birim ısı enerjisi akışında, materyalin birim alanına karşılık gelen sıcaklık farkını ifade eder. Bu parametre materyal kalınlığıyla doğru orantılıdır ve aşağıda formülle hesaplanır (7).

$$r = \frac{h}{k}, m^2KW^{-1} \quad (4)$$

Burada,

r : Termal direnç,

h : materyal kalınlığı,

k : Termal iletkenlik katsayısıdır.

e) Maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranı:

Maksimum ısı akış yoğunluğu (q_{max}) soğuk kumaşın, Alambeta cihazının sıcak plakasına temas ettiği anda ortaya çıkar. Bu esnada ısı akışı, kararlı ısı akış yoğunluğu (q_s) olarak

adlandırılan kararlı düzeyde kendisini stabilize eder. Maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranı (ρ) ise bir yüzey özelliği olan termal absorpsiyona benzer şekilde kumaşın termal yalıtımını karakterize eden bir parametredir ve aşağıdaki denklemlerle ifade edilirler (4).

$$\rho = \frac{q_{max}}{q_s} \quad (5)$$

$$q_s = \frac{Q}{A}, Wm^{-2} \quad (6)$$

Burada,

ρ : Maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranı,

q_s : Kararlı ısı akışı,

q_{max} : Maksimum ısı akış yoğunluğu,

Q : Isı transferi,

A : Alandır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**3.1. Materyallerin Alambeta Cihazında Test Edilmiş Yalıtım Değerlerinin Karşılaştırılması**

Grafiklerde giysi materyalleri Tablo 2. de harflerle sembolize edilmiştir.

20 °C sıcaklık ve %60 relatif nem laboratuvar koşullarında Alambeta cihazında materyallerin ön ve arka yüzeyi olmak üzere 20 kez test edilerek alınan test sonuçlarının ortalama, standart sapma ve varyans değerleri hesaplanarak sonuçlar Excel programıyla grafikler halinde aşağıda karşılaştırılmıştır.

3.1.1. Giysi Materyallerinin Termal İletkenlik (k) Özelliğinin Karşılaştırılması

Giysi materyallerinin termal iletkenlikleri Şekil 7'de verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi termal iletkenliği en yüksek giysi materyali E (dokusuz yüzeyli termoaktif ceket)'dir. E materyalinin dış katmanının ön yüzü (üst taraf) % PES, arka yüzü (alt taraf) % PU'dur. Dolayısıyla E materyali ısıyı en iyi ileten giysi materyalidir. Ayrıca A1 ve A2 yani tarım ve orman işçileri için koruyucu giysi materyallerinin de ısı iletim kabiliyeti yüksektir. Yani bu koruyucu giysi-

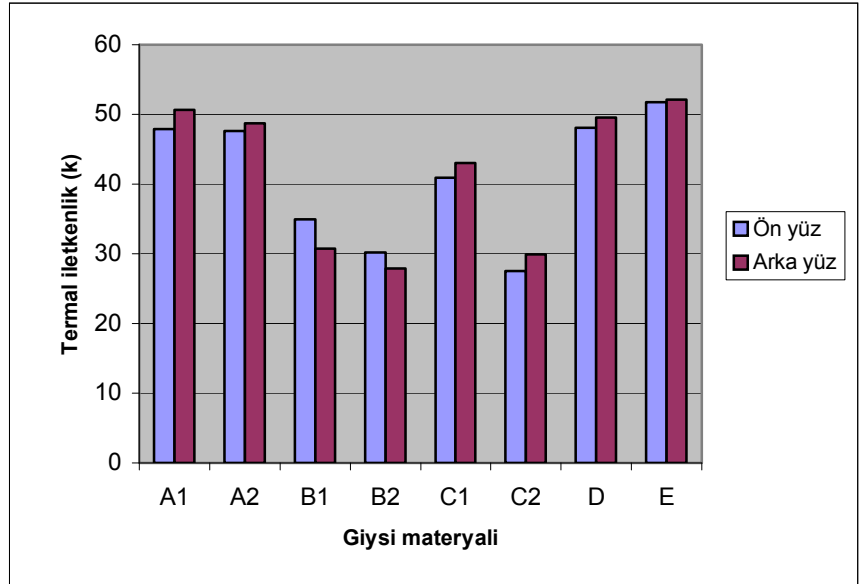
ler de ısıyı iyi iletirler ve iç tabakasının gözenekli olması nedeniyle vücuttaki teri daha çabuk dışarıya atarak rahatsızlık hissini azaltırlar. Spor ceketler karşılaştırıldığında dış tabakalardan D materyalinin (kırmızı spor ceket) ısı iletimi en yüksek ve B1 materyalinin ise (gri spor ceket) ısı iletimi en düşüktür. İç membranlara bakıldığında ise B2 ve C2 materyallerinin ısı iletim özellikleri benzerlik göstermektedir. Yani %100 Naylon / PU ve %100 PES / PU membranların termal iletkenlik özellikleri benzerdir. D (kırmızı spor ceket)'nin iç astarı gözenekli %100 pamuk olduğu için termal yalıtım özellikleri Alambeta cihazında ölçülemezdir.

3.1.2. Giysi Materyallerinin Termal Difüzyon (a) Özelliğinin Karşılaştırılması

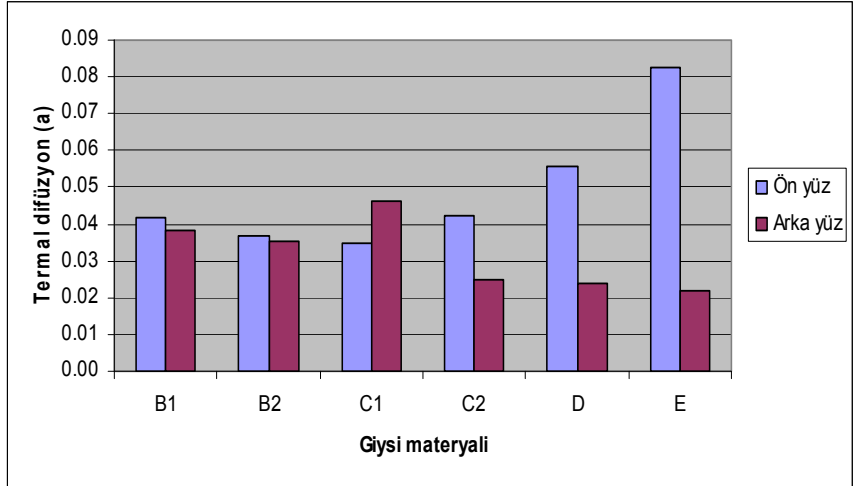
Giysi materyallerinin ölçülen termal difüzyon değerleri Şekil 8'de karşılaştırılmıştır. Grafikten de görüldüğü gibi E materyalinin (dokusuz yüzeyli termoaktif ceket) kalınlığı ya da kumaş yoğunluğu en yüksek olduğu için termal difüzyonu da yüksek çıkmıştır. E materyalinin ön yüzü ile C2 materyalinin ön yüzü % 100 PES olması yüksek ısı akış kabiliyeti ile termal difüzyonu arttırmıştır. Yani PES'in yüzeyi daha gözenekli ve dolayısıyla yapısındaki hava boşlukları daha fazla olduğu için içinden geçen ısı daha yüksektir. Bu durumda içerdeki ısıyı daha çabuk dışarıya atabilir. Buna karşılık E materyalinin ön ve arka yüzünde önemli derecede farklılık çıkmıştır. Arka yüzünün (%100 PU) termal difüzyonu düşük çıkmıştır. Bu durum, Alambeta cihazının sıcak plakasının değdiği kumaş tarafından diğer tarafa hava akımının geçişini sınırlamasından kaynaklanabilir. Matusiak (7)'nin çalışmasında da kompozit malzemelerin ön ve arka yüzeyinde ölçülen termal difüzyonun farklı çıkması bu sebebe bağlanmıştır.

3.1.3. Giysi Materyallerinin Termal Absorbsiyon (b) Özelliğinin Karşılaştırılması

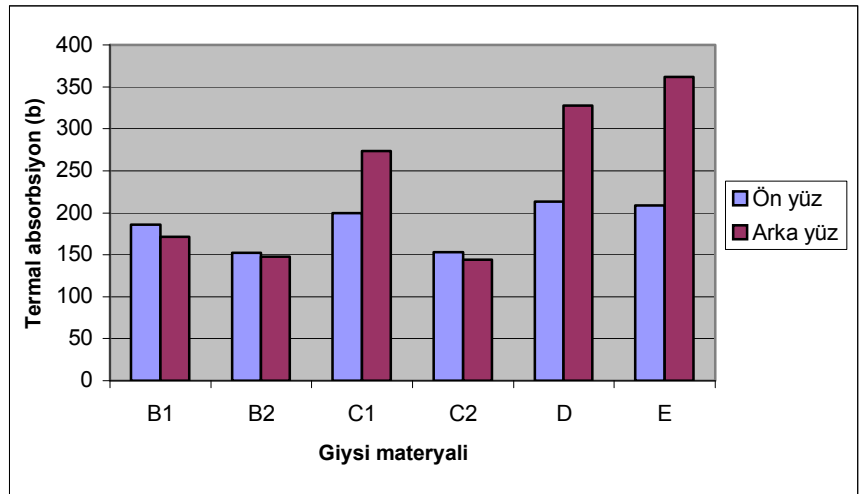
Şekil 9'da verilen giysi materyallerinin termal absorbsiyon grafiğinde görülmektedir ki, termal absorbsiyon katsayısı en yüksek olan E materyalinin



Şekil 7. Giysi materyallerinin termal iletkenlik grafiği (Termal iletkenlik: $Wm^{-1}K^{-1}10^{-3}$)



Şekil 8. Giysi materyallerinin termal difüzyon grafiği (Termal difüzyon: $m^2s^{-1}10^{-6}$)



Şekil 9. Giysi materyallerinin termal absorbsiyon grafiği (Termal absorbsiyon: $Wm^{-2}s^{1/2}K^{-1}$)

arka yüzü (%100 PU)'dür. Yani E materyalinin arka yüzeyi kişinin daha serin hissetmesini sağlar. Termal absorpsiyon değeri düşük olan kumaşlar sıcak hissi verirken, yüksek değeri olanlar soğuk hissi verirler. D materyalinin dış kabuğunun arka yüzeyinin de termal absorpsiyon değeri diğer spor ceketlere göre daha yüksektir. Dolayısıyla Kırmızı ceket içinde kişi kendisini daha rahat hissedecektir. Termal absorpsiyon değeri en düşük olan yine B1 yani gri ceket materyalidir. İç membranlara baktığımızda ise termal absorpsiyon özelliklerinin yine benzer bir durum gösterdiği görülmektedir. Spor ceketlerden kişiye en sıcak hissi veren B materyali yani gri ceketdir. Termal absorpsiyon bir yüzey özelliği olmasından dolayı bitim işlemleriyle değişebilmektedir.

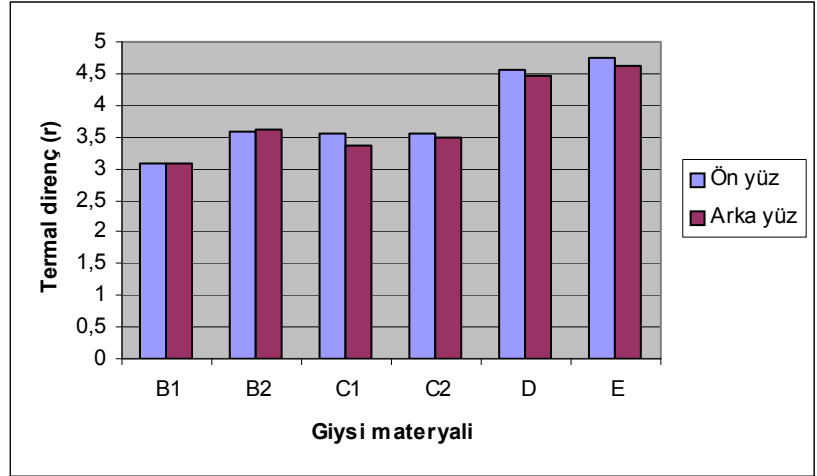
3.1.4. Giysi Materyallerinin Termal Direnç (r) Özelliğinin Karşılaştırılması

Giysi materyallerinin termal dirençleri Şekil 10'da karşılaştırılmıştır. Termal direnç kalınlık ve termal iletim katsayısıyla alakalıdır. Grafikte de görüldüğü gibi E materyalinin termal direnci en yüksektir. Yani materyal kalınlığından ısı geçişini sınırlamaktadır. Spor ceketlerden yine D materyali yani kırmızı ceketin termal direnci diğerlerinden daha iyidir. Termal direnci en düşük olan yine B materyali yani gri spor ceket olmuştur.

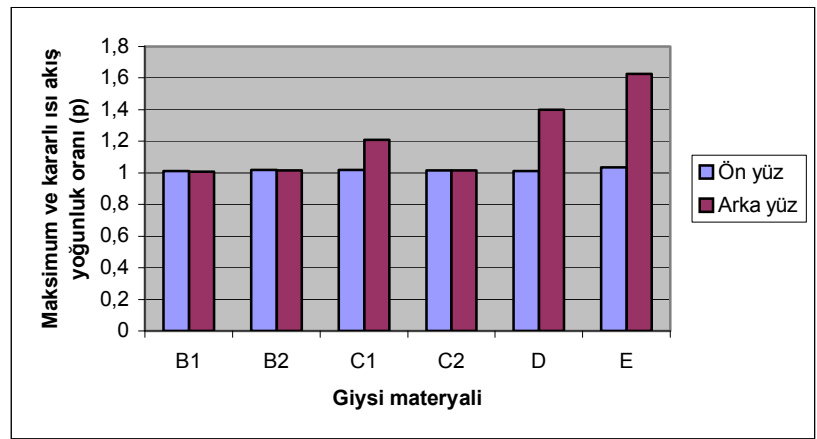
Giysi içindeki membranların termal direnci ya da kalınlığı belli bir değere kadar arttıkça kumaşların termal yalıtım özellikleri de o derece yükselmektedir. Dolayısıyla giysi içindeki konfor hissini de olumlu yönde artacağı düşünülmektedir.

3.1.6. Giysi Materyallerinin Maksimum ve Kararlı Isı Akış Yoğunluk Oranlarının (p) Karşılaştırılması

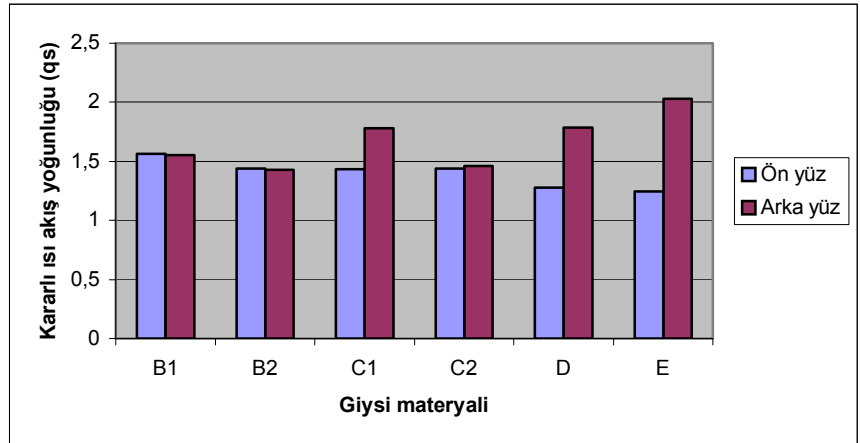
Şekil 11'de görüldüğü gibi en yüksek p oranı E materyalinin arka yüzeyinde (%100 PU) da çıkmıştır. Maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranı bir yüzey özelliği olan termal absorpsiyona benzer şekilde kumaşın termal yalıtımını karakterize eden bir parametredir ve termal absorpsiyon grafiğine benzer durumlar gözlenmiştir.



Şekil 10. Giysi materyallerinin termal direnç grafiği (Termal direnç: Km2W-1)



Şekil 11. Giysi materyallerinin maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranlarının grafiği



Şekil 12. Giysi materyallerinin kararlı ısı akış yoğunluklarının grafiği (Maksimum ısı akış yoğunluğu: Wm⁻²)

3.1.7. Giysi Materyallerinin Kararlı Isı Akış Yoğunluklarının (qs) Karşılaştırılması

Giysi materyallerinin kararlı ısı yoğunlukları da Şekil 12'de verilmiştir. p parametresi ile qs parametresinden maksimum ısı akış yoğunlukları da

(q_{max}) bulunabilmektedir. Grafikte kararlı ısı akışı en yüksek olan yine E materyalinin arka yüzüdür (%10 PU). Termal absorpsiyona benzer şekilde soğuk hissi veren yüzeylerde ısı akış yoğunlukları daha yüksek çıkmıştır.

4. SONUÇ

Materyallerin termal yalıtım özellikleri giysilerin temel fonksiyonunu belirler ve termal yalıtım faktörü kullanıcılar için giysi konforunu tahmin etmede çok önemli bir faktördür. Bu çalışmada en yüksek termal yalıtım özelliklerini dış materyali %100 PES / %100PU olan termoaktif ceket (E) ve nefes alınabilir membranlardan oluşmuş spor ceketlerden kırmızı ceketin dış materyali (D) göstermiştir. En düşük termal yalıtım özelliklerine sahip olan giysi ise gri spor ceketinde (B) gözlenmiştir. Bu verilerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- Kompozit bir kumaşın termal yalıtım özellikleri komponentlerin konfigürasyonuna ve özelliklerine bağlıdır.
- Termal difüzyon geçici rejimde ısı transferini belirleyen en önemli özelliklerden birisidir.
- Gözenekli dokusuz yüzey kumaşları yüksek termal difüzyon özelliği sağlarlar.
- Yüksek termal absorpsiyona sahip olan kumaşlar yüksek pürüzsüzlüğe sahiptir ve ne kadar pürüzsüzse o kadar serinlik hissi verirler.
- Sıkı yapılı bir dokuma kumaşın kararlı ısı akış yoğunluğu gözenekli dokumaların ısı akış yoğunluğundan daha yüksektir.
- Termal difüzyonu yanı sıra ısı yayıcılığı düşük, termal iletkenliği yüksek olan kumaşların ya yoğunlukları ya da özgül ısı kapasiteleri çok yüksektir. Yani bu tür kumaşlar zor ısınır kolay soğur. Bu özelliklerinden dolayı bu kumaşlar spor giysi dizaynında kullanılarak giysi konforu artırılabilir.

Sonuç olarak, koruyucu giysi dizaynında kullanılmaya başlanılan su buharı geçiren fakat suyu geçirmeyen nefes alınabilir mikrogözenekli ya da hidrofilik membranların ısı ve kütle transferine izin vererek, giysi içinde konforun artırılmasında etkili olabileceği, membranların termal yalıtım özelliklerinin incelenmesiyle söylenebilir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

1. Andersson, C.J., 1999, "Relationships Between Physical Textile Properties and Human Comfort During Wear Trials of Chemical Biological Protective Garment Systems", *Master of Science in Textiles and Clothing*, University of Alberta, Spring .pp. 24-30.
2. ASHRAE, 1993, "Fizyolojik İkleler ve Isıl Konfor", *Ashrae Temel El Kitabı*, Bölüm 8.
3. Atmaca, İ., Kaynaklı, Ö., Yiğit, A., 2005, "Çeşitli Metabolik Aktivite Düzeyleri İçin Isıl Konfor ve Üretkenliğin Sürekli Rejim Enerji Dengesi Modeli İle Değerlendirilmesi", *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, Sayı: 25 (1), s. 1-16.
4. Frydrych, I., Dziworsko, G., Bilka, J., 2002, "Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres". *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, October, December, pp. 40-44.
5. Hes, L., Offerman, P., Duorokova, I., 2005, "The effect of underwear on thermal contact feeling caused by dressing up and wearing of garments", *Technical University of Lierec, Czech Republic*.
6. Frydrych, I., Sybliljka, W., Jasinska, I., 2006, "Termoinsulation parameters of membrane and wool type fabrics", *3rd European Conference on Protective Clothing (ECPC) and NOKOBETEF*, 10-12 May, Poland.
7. Matusiak, M., 2006, "Investigation of the Thermal Insulation Properties of Multilayer Textiles", *Fibres&Textiles in Eastern Europe* Januray, December, Vol 14, No.5(59), pp. 98-102.
8. Horrocks, A., Anand, S. vd., 2003, "Teknik Tekstiller El Kitabı", *Türk Tekstil Vakfı*, İstanbul, Bölüm 16, s. 474-475.
9. Cireli, A. ve Sarıışık, M., 2000, "Koruyucu Giysilerde Termal, Biyolojik, Fiziksel, Kimyasal Test Yöntemleri ve değerlendirmeleri", *Tekstil&Teknik Dergisi*, Temmuz sayısı, s. 120-128.
10. <http://www.kanfor.pl/site/index.php?m=showzaw3&id=5&lang=uk>, Erişim tarihi 07.01.2009.
11. (<http://www.iwp.com.pl/>), Erişim tarihi 20.06.2007.
12. Gunesoğlu, S., Meric, B. Ve Gunesoğlu, C. 2005, "Thermal Contact Properties of 2-Yarn Fleece Knitted Fabrics", *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, April-June, Vol.13, No.2, p 50.
13. Hes, L., 2002, "Recent Developments in the Field of Users Friendly Testing of Mechanical and Comfort Properties of Textile Fabrics and Garments", *World Congress of the Textile Institute*, Cario.

Bu araştırma, Bilim Kurulumuz tarafından incelendikten sonra, oylama ile saptanan iki hakemin görüşüne sunulmuştur. Her iki hakem yaptıkları incelemeler sonucunda araştırmanın bilimselliği ve sunumu olarak "**Hakem Onaylı Araştırma**" vasfıyla yayımlanabileceğine karar vermişlerdir.

EN HAKİKİ MÜRŞİT İLİMDİR, FENDİR

M. Kemal ATATÜRK