



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ AMAÇLI KULLANILAN
FONKSİYONEL KUMAŞLARIN
KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ersin KARALOMLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BURSA-2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ AMAÇLI KULLANILAN
FONKSİYONEL KUMAŞLARIN
KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ersin KARALOMLU

Prof.Dr. Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY
(Danışman)

BURSA-2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ AMAÇLI KULLANILAN
FONKSİYONEL KUMAŞLARIN
KONFOR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ersin KARALOMLU

YÜKSEKLİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez .../.../20.... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY

Prof.Dr.Özcan ÖZDEMİR

Danışman

Doç.Dr.A.Alper ÖZALP

ÖZET

Günümüzde, giysilerin performans özelliklerinin yanı sıra konfor özellikleri de önem kazanmaktadır. Optimum konfor şartlarını sağlayabilecek alternatif kumaşlar ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada askeri amaçlı olan ve pilotların uçuş esnasında giydikleri uçuş tulumlarında kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşların konfor özellikleri incelenmiştir. Bu kumaşların ısı özellikleri, su buharı direnci, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve kılcallık özellikleri üzerinde testler gerçekleştirilmiş ve test sonuçlarına göre kumaşların konfor özellikleri hakkında yorumlar yapılmıştır.

Bu çalışmada, test için kullanılan kumaşlardan kullanıcıya konfor sağlayabilecek olanlar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Giyim konforu, termofizyolojik konfor, ısı direnç, ısı soğurganlık, ısı iletkenlik, bağıl su buharı geçirgenliği, su buharı direnci, hava geçirgenliği, güç tutuşurluk, aramid.

ABSTRACT

Today, performance properties of garments are important, besides that comfort properties of garments have the importance. Alternative fabrics which have optimum comfort conditions are produced.

In this study, comfort properties of flame retardent fabrics which use on the suits pilots wear on the flight, have researched. Thermal properties, water vapour resistance, water vapour permeability, air permeability and capillarity properties were tested and according to test results it was explained about comfort properties of fabrics.

In this study, it was determined between the fabrics which used on the tests, that is comfortable for user.

Key Words: Clothing comfort, thermophysiological comfort, thermal resistance, thermal absorptivity, thermal conductivity, water vapour permeability, water vapour resistance, air permeability, flame retardancy, aramid.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
İÇİNDEKİLER	III
KISALTMALAR DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Konforun Tanımı ve Önemi	2
2.2. Konfor ve Giysi	5
2.3. Konforun Sınıflandırılması	7
2.3.1. Psikolojik Konfor	7
2.3.2. Fiziksel Konfor	9
2.3.3. Fizyolojik/Termofizyolojik/Termal Konfor	10
2.4. Termal Konforla İlgili Giysi ve Kumaş Özellikleri	14
2.4.1. Kumaşlardaki Isı Transferi Mekanizmaları	18
2.4.1.1. İletimle Isı Transferi	19
2.4.1.2. Taşınım ile Isı Transferi	21
2.4.1.3. Işınım ile Isı Transferi	22
2.4.2. Kumaşlardaki Termal Direnç	22
2.4.3. Kumaşlarda Termal Absorbtivite	24
2.4.4. Kumaşlarda Hava Geçirgenliği	27
2.4.5. Kumaşlarda Su Buharı Geçirgenliği	28
2.4.6. Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık)	30
2.5. Yanma	33
2.6. Güç Tutuşurluk	37
2.6.1. Güç Tutuşur Kumaşların Eldesi	37
2.6.2. Güç Tutuşan Lifler	38
2.6.2.1. Aramid Lifleri	38

2.6.2.2. Poliamid-imid Lifleri	41
2.6.2.3. FR Viskoz Lifleri	41
2.6.2.4. FR Pamuk Lifleri	42
2.6.2.5. Karbon Lifler	42
3. MATERYAL VE YÖNTEM	43
3.1. Materyal	43
3.2. Yöntem	44
3.2.1. Termal Konfor Parametrelerinin Ölçülmesi	44
3.2.2. Su Buharı Direnci ve Su Buharı Geçirgenliğinin Ölçümü	47
3.2.3. Hava Geçirgenliği Ölçümü	49
3.2.4. Kılcallık Ölçümü	50
3.2.5. Kumaş Gramajı Ölçümü	51
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	52
4.1. Termal Konfor Testi Ölçüm Sonuçları	52
4.2. Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları	52
4.3. Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları	53
4.4. Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları	54
4.5. Kılcallık Ölçüm Sonuçları	55
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	56
5.1. Tartışma	56
5.1.1. Kumaşların Isıl İletkenlik (λ) Değerlerinin Karşılaştırılması	57
5.1.2. Kumaşların Isıl Soğurganlık (b) Değerlerinin Karşılaştırılması	57
5.1.3. Kumaşların Isıl Direnç (R) Değerlerinin Karşılaştırılması	58
5.1.4. Kumaşların Su Buharı Direnci (R_{et}) ve Su Buharı Geçirgenliği Değerlerinin Karşılaştırılması	59
5.1.5. Kumaşların Hava Geçirgenliği Değerlerinin Karşılaştırılması	63
5.1.6. Kumaşların Kılcallık Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	65
5.2. Sonuç	66
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	77
TEŞEKKÜR	78

KISALTMALAR DİZİNİ

- LOI** - Limit oksijen indeksi
FR - Güç tutuşur
MET - Metabolik Aktivite Oranı
CLO - İzolasyon

ÇİZELGELER DİZİNİ	Sayfa
Çizelge 2.1. Fritz'in yedi dereceli kumaş tutumunu değerlendirme skalası	8
Çizelge 2.2. Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri	20
Çizelge 2.3. Kumaş tipi, yapısı ve terbiye işlemlerinin termal absorbtiviteye etkisi	25
Çizelge 2.4. Bazı liflerin yanma özellikleri	34
Çizelge 2.5. Tekstil liflerinin yanma karakteristikleri	36
Çizelge 2.6. Kumaş kütlelerinin, lif ve karışım oranının LOI'ye etkisi	41
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaşlar ve özellikleri	43
Çizelge 4.1. Kumaşların termal konfor testi ölçüm sonuçları	52
Çizelge 4.2. Kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları	53
Çizelge 4.3. Kumaşların ısı akış miktarı ölçüm sonuçları	53
Çizelge 4.4. Kumaşların su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları	54
Çizelge 4.5. Kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları	54
Çizelge 5.1. Kumaşların su buharı direncine ait varyans analizi	61
Çizelge 5.2. Kumaşların su buharı geçirgenlik özelliğine ait varyans analizi	61
Çizelge 5.3. Kumaşların hava geçirgenlik özelliğine ait varyans analizi	64
Çizelge 5.4. Kumaş konforunu değerlendirme skalası	69

ŞEKİLLER DİZİNİ	Sayfa
Şekil 2.1. Konfor değerlendirme şeması	3
Şekil 2.2. Giysi ve deri arasındaki mikroklimalı etkileyen faktörler	5
Şekil 2.3. Fiziksel olarak konforlu olmama	9
Şekil 2.4. Deriden çevreye olan ısı transferi diyagramı	19
Şekil 2.5. Klasik giysi tiplerinin termal direnç değerleri	24
Şekil 2.6. Kılcallık modelleri	33
Şekil 2.7. Para-aramid ve Meta-aramidin kimyasal yapıları	40
Şekil 3.1. Yanması geciktirilmiş kumaştan yapılmış uçuş tulumu	44
Şekil 3.2. Alambeta cihazının fotoğrafı ve kısımlarını gösteren kesit şekli	46
Şekil 3.3. Alambeta cihazının önden görünüşü	46
Şekil 3.4. MTNW SWEATING HOT PLATE su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı	48
Şekil 3.5. Branca hava geçirgenliği ölçüm cihazı	50
Şekil 5.1. Kumaşların kalınlık grafiği	56
Şekil 5.2. Kumaşların ısı iletkenlik grafiği	57
Şekil 5.3. Kumaşların ısı soğurgenlik grafiği	58
Şekil 5.4. Kumaşların ısı direnç grafiği	59
Şekil 5.5. Kumaşların su buharı direnci grafiği	60
Şekil 5.6. Kumaşların su buharı geçirgenliği grafiği	60
Şekil 5.7. Kumaşların su buharı geçirgenliği değerleriyle su buharı direnci (R_{ct}) değerlerinin karşılaştırması	62
Şekil 5.8. Kumaşların su buharı geçirgenliği değerleriyle kalınlık değerlerinin karşılaştırılması	63
Şekil 5.9. Kumaşların hava geçirgenlik grafiği	64
Şekil 5.10. Kumaşların hava geçirgenliği değerleriyle kalınlık değerlerinin karşılaştırılması	65

SİMGELER DİZİNİ

λ	Termal iletkenlik
a	Termal difüzyon katsayısı
b	Termal absorbtivite
r	Termal direnç
h	Materyal kalınlığı
p	Maksimum ve kararlı ısı akış yoğunluk oranı
A	Alan
Δt	Sıcaklık farkı
h	Materyal kalınlığı
ρ	Materyal yoğunluğu
c	Özgül ısı kapasitesi
R_{et}	Su buharı geçirgenliğine karşı direnç
q_{max}	Maksimum ısı akış yoğunluğu
b_{nem}	Nem absorbtivitesi

1. GİRİŞ

Günümüz yaşantısında giysilerin daha üstün performans kriterlerine sahip olması beklentisi doğmuştur. Giysilerin kullanım alanları ve kullanım şeklinin çeşitliliği bunu gerekli kılmıştır. Ancak, giysilerin performans özelliklerinin yanında bir başka beklenti de; giysinin konforlu olmasıdır.

Bu çalışmada kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşlar kullanıldıkları alanlarda birtakım beklentileri karşılamaktadırlar. Bu kumaşlar, açık alevle maruz kaldıklarında yanma gözlenmemekte veya geç yanma olmaktadır. Yanma olayı, alevli yanma şeklinde gerçekleşmemekte kömürleşme ile sonuçlanmaktadır.

Bu türden özellikleri gösterebilecek kumaşlar, hem değişik liflerin karışımı şeklinde, hem de güç tutuşurluk apresi uygulanarak elde edilebilir. Kumaşlar böylelikle “yanması geciktirilmiş” tanımının içeriğini doldurabilirler.

Ancak, sadece işlevini yerine getiriyor olması kumaşların giysilerde kullanılması için yeterli değildir. Onların giyilebilirliği için, insan bedenine de uyumlu olması gerekir. Burada, “konfor” tanımı ortaya çıkmaktadır.

Konfor, kişinin giysi içerisinde kendini rahat hissetmesi anlamına gelmektedir. Kişi giysiyle uyumlu olarak hareket ediyorsa konfordan söz etmek mümkündür.

Bu çalışmada; yanması geciktirilmiş kumaşlarda, değişen kumaş parametrelerinin konfor özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan testler vasıtasıyla, konfor açısından objektif değerlendirmeler ortaya konulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Konforun Tanımı ve Önemi

Birçok araştırmacı konforu nötr bir his olarak tanımlar. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için çevre sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, ışık gibi çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının beyine iletilmemiş olması gerekir. Giysilerimiz veya psikolojik durumumuza bağlı olarak bu faktörlerden herhangi birine hissedilen rahatsızlık duygusu konforu ortadan kaldıracaktır (Kaplan ve Okur 2005).

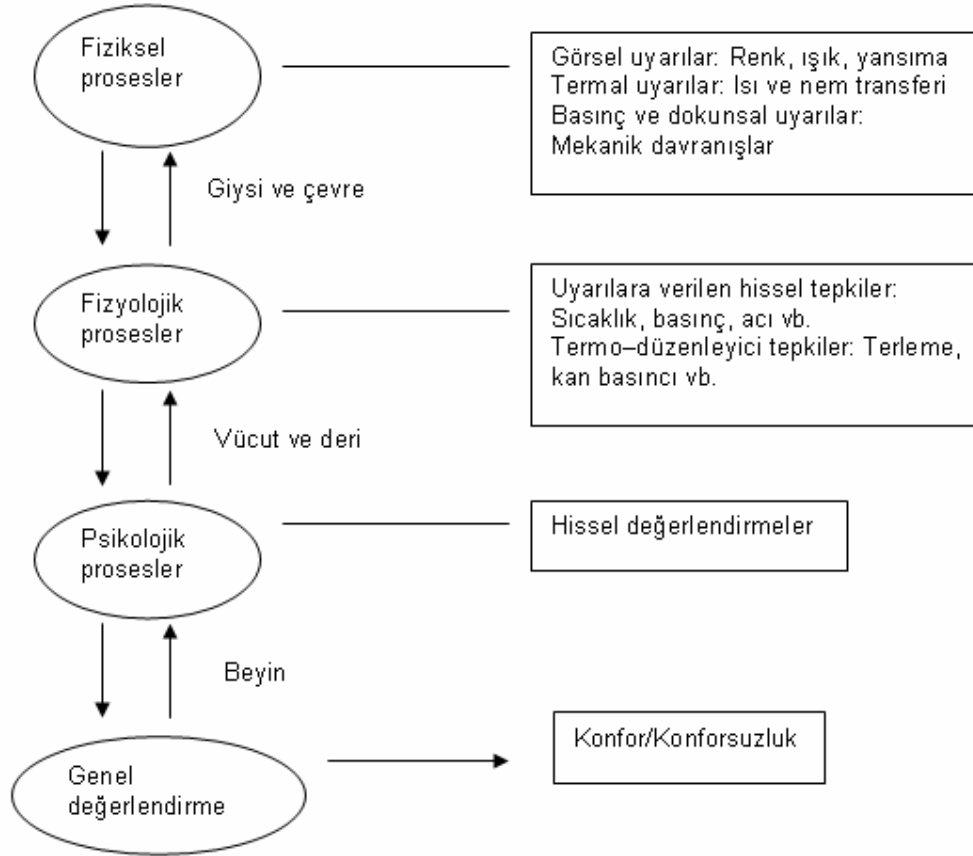
Konforsuzluk rahatsız olma, soğuk, sıcak, acı, batma, kaşınma, soğukluk hissi, ıslaklık ve giysi içinde aşırı terleme gibi bir kaç kelimeyle kolaylıkla ifade edilmektedir.

Hollies ve Fourt'in (1970) incelemelerinde konfor, ısı (termal) ve termal olmayan bileşenleri (yüzey karakteri, mekanik bitim işlemleri, dökümlülük, dikilebilirlik, elektrostatik özellikler vb.) içeren, kullanıcının durumu (çalışma durumu, çeşitli aktiviteler vb.) ve çevresel şartlara bağlı bir durum olarak görülmektedir. İnsan vücudunun belli giysi ve çevresel şartlara karşı verdiği fizyolojik tepkiler konforun tanımlanması için kullanılabilir. Bu tanımlamanın yapılması için ortamın durgun hale ulaşması gerekir. Bu da termal direnç, giysinin nem direnci, ortamın klima şartları ve kullanıcının aktivite düzeyi gibi faktörlerin ölçülmesiyle hesaplanır.

Konfor, kumaş ve giysilerin ısı veya nem transfer özellikleri ile mekanik özelliklerinin kompleks etkisi olarak tanımlanabilir. Giysinin vücutla temasında oluşan kuvvet, giysinin deforme olabilme yeteneği, kumaşa dokunulduğunda algılanan rijitlik, sertlik, yumuşaklık gibi fiziksel özellikler konfor değerlendirmesi üzerine etkili olmaktadır (Hes ve ark. 2001).

Sarkar'a (1994) göre konfor sadece bireysel tanımlanabilen, sübjektif bir kavramdır. Ayrıca konfor durumuna fiziksel, fizyolojik ve psikolojik birçok faktörün tatminkâr harmonisi ile ulaşılabilir. Li de (2001) konforu fiziksel, psikolojik ve fizyolojik birçok

faktörün etkili olduğu, bu sebeple tanımı zor, karmaşık bir konu olarak tanımlamıştır. Bu faktörlerin konfor algısındaki akış şeması Şekil 2.1.'de görülmektedir. Şemaya göre fiziksel faktörler duyu organlarına gerekli uyarıları sağlamaktadır. Bu uyarılar, fizyolojik sinyallerle beyine gönderilmekte ayrıca terleme, nabız değişikliği gibi vücut tepkilerine yol açmaktadır. Beyin, aldığı sinyalleri çeşitli sübjektif algıları tanımlamak için kullanmakta ve eski tecrübeler ve psikolojik beklentilerle karşılaştırarak bir genel değerlendirme yapmaktadır.



Şekil 2.1. Konfor değerlendirme şeması

Tüm bu tanımlamalarda birkaç önemli kısım vardır. Bunlar;

- Konfor çeşitli duyuların oluşturduğu hislerle ilgilidir ve subjektiftir.
- Konfor insan duyusunun görsel (estetik konfor), termal (soğuk ve sıcak), acı (batma ve kaşıntı) ve dokunma (pürüzsüz, pürüzlü, yumuşak, sert) gibi çeşitli değerlendirmelerini içerir.
- Subjektif hisler psikolojik işlemleri kapsar. Bununla kastedilen, kişinin istediği konfor şartlarını tanımlamak için mevcut durumunu geçmiş tecrübelerine göre değerlendirmesidir.
- Vücut-giysi etkileşimleri (hem termal hem mekanik) kullanıcının konfor durumunu tanımlamada önemli rol oynar.
- Dış çevre şartları (fiziksel, sosyal, kültürel) kullanıcının konfor durumu üzerinde çok etkilidir.

Bu tanımlamalara göre konfor algısı, giysiden ve dış çevre şartlarından gelen, sinirsel yollarla beyne gidip orada çözümlenen ve çok sayıda uyarıcıyı kapsayan komplike bir prosestir (Güneşoğlu 2005).

Konfor, 'ağrıdan, acıdan uzak olmak' veya 'iyi hissettiğin konusunda bilinçli olmak' olarak nitelendirilebilir ve bu yüzden konfor, kişinin giydiği giysinin farkında olmadan nötr bir duygu hissetmesidir. Konforu etkileyen birçok faktörü nitelendirmek zordur. Bununla birlikte hoşnutsuzluk hissi veren konforsuzluğu, rahatsızlığı algılamak veya ne giydiğinin farkında olmak olarak daha kolay nitelendirilebilir. Giyim konforu, bu yüzden vücut fonksiyonlarına giysinin ne kadar iyi yardım ettiği veya en azından vücut fonksiyonlarının bozulmasını en az düzeye indirmenin bir ölçüsüdür (Utkun 2007).

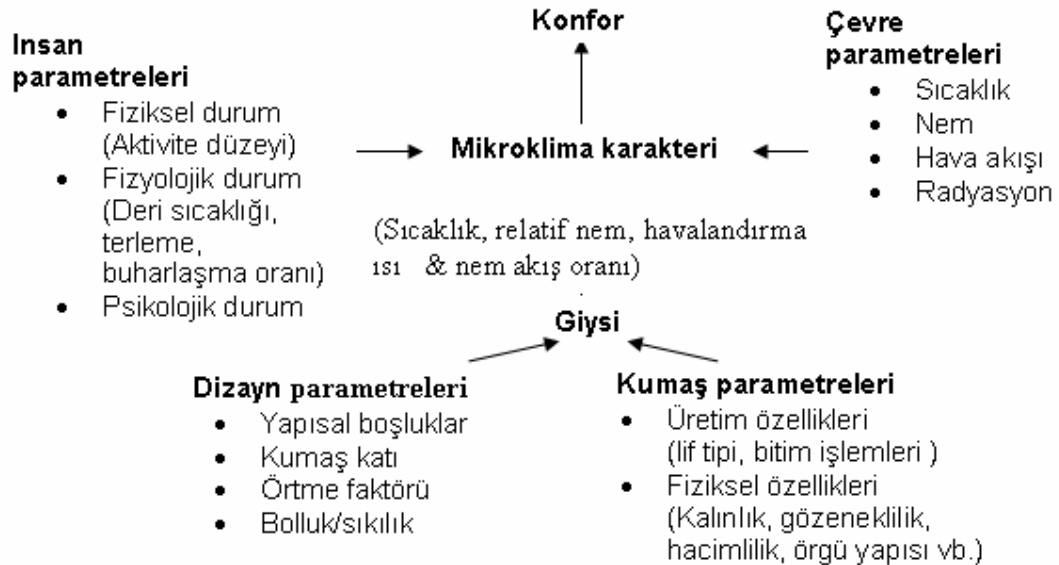
Konfor birçok fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörü içeren karmaşık bir kavramdır. Genel olarak konfor, 'vücut ve çevre arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun sonucu ortaya çıkan memnuniyet duygusu' olarak tanımlanmıştır. Birçok araştırmacının ortak fikri, konforun nötr bir his olduğudur. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için hava sıcaklığı, rüzgar hızı, gürültü, ışık, nem gibi çevresel faktörlerle

ilgili bir uyarının beyne gönderilmemiş olması gerekmektedir. Bu çevresel faktörlerden herhangi birine, giysilerimiz veya psikolojik durumumuza bağlı olarak hissedilen memnuniyetsizlik duygusu konforu ortadan kaldıracaktır (Kadolph 1998).

2.2. Konfor ve Giysi

Giyim konforu “hoşnutsuzluk ya da rahatsızlık hislerinin eksikliğidir” veya “hareketsiz bir durumun memnuniyetinin daha aktif bir durumda olan memnuniyetle karşılaştırılmasıdır”. Sırasıyla fizyolojik, psikolojik, nörofizyolojik ve fiziksel faktörlerin etkileşimi tatmin edici seviyeye ulaştığında konfora ulaşılabilmektedir. Konfor, güdülerin birleşiminin beyindeki görme, işitme, koklama, tatma ve dokunma gibi çeşitli reseptörlerden sinirlere doğru geçişle algılanır. Bunların dışında aslında giyim konforu cilt duyuşal sistemleriyle ilgilidir (Das 2005).

Giyim konforu, psikolojik ve fizyolojik olarak giysinın vücudumuzda bıraktığı etkileri hissetmemek ve kendimizi rahat hissetmektir.



Şekil 2.2. Giysi ve deri arasındaki mikroklimalı etkileyen faktörler

Örtünmüş bir vücut, deri üzerindeki ve giysinin altındaki mevcut klima şartlarını hisseder. Bir giysi giydiğimizde, vücudun ürettiği ısı ve nem çevreye verilmeden önce vücut ve kumaş katı arasındaki hava tabakasında bekleyerek vücut üzerindeki mikroklimanın karakterini ve bunun sonucunda konfor hislerini belirler. Mikroklimayı etkileyen faktörler Şekil 2.2.'de görülmektedir (Yoo ve ark. 2000).

Kumaşların konfor karakteristikleri, kumaşın yapısına, kullanılan ham maddenin cinsine, birim ağırlığına, nem tutma kabiliyetine ve ısı geçirgenliğine göre değişkenlik gösterir. Giysi ve kumaşların özellikleri, hem mekanik hem de ısı/nem transfer özelliklerini içermektedir. Bu özelliklerin karmaşık etkisi kumaşların konfor özelliklerini karakterize etmektedir.

Utkun (2007), optimum uyumda seçilmiş bir giysinin kullanıcı tarafından konforsuz bulunabileceğini belirterek giyim konforu hesabı için 4 faktör belirtmiştir; ağırlık, hareket kolaylığı, vücut üzerine gelen basınç ve hava sirkülasyonu. Bunların içerisinde özellikle hareket kolaylığı ve vücut üzerine gelen basıncın önemi üzerinde yoğunlaşmış, basıncın rahatsızlığı arttırdığı sonucuna ulaşmıştır.

Giyim konforu, üç eleman ile etkileşim içerisinde; vücut, çevre (iklim, hava) ve giysi. İnsan vücudu, mikroklima ve giysi karşılıklı etkileşim halindedir. Vücut ve mikroklima (mikroiklim) değiştirilemez, bu üç öge içerisinde giysi ise değiştirilebilen tek öğedir (Utkun 2007).

Konforlu olmamak, kullanıcının giysiden rahatsız olma durumudur. Rahatsız olma durumları, alerji gibi fiziksel tepkilerden ya da vücuda yapışan giysiden aşırı terlemeden dolayı bireyin kendisini kötü hissetmesi olarak tarif edilebilir. Konfor, sübjektif ve fiziksel özelliklerin her ikisinin kombinasyonudur.

Giyim konforu; insanın anatomik, fiziksel ve/veya mekaniksel ve psikolojik olarak materyalle uyum içerisinde olması, kişinin kendini o giysi içerisinde rahatsız hissetmemesidir. Kişi için rahat olma durumudur, her ortamda kendini o giysi içinde rahat hissetmektir.

2.3. Konforun Sınıflandırılması

Giysi kullanıcısının konfor algısında faaliyet gösteren dört tip proses vardır:

- Giysi içerisinde ısı ve nem iletimi gibi giysi ve çevre arasındaki fiziksel prosesler; giysi ve vücut arasındaki mekanik etkileşimler, giysinin ışığı absorblaması ve yansıtması gibi vücuda sinyaller sağlayan fiziksel prosesler.
- Vücuttaki termal denge, giysi ve çevreye olan dinamik etkileşimler ve termoregüler tepkiler gibi fizyolojik prosesler.
- Vücudun giysi ve çevresiyle etkileşimlerinden doğan sinyalleri ve bu sinyallerin cilt, göz ve diğer organlar tarafından alındığı mekanizmalar olan nörofizyolojik prosesler.
- Yukarıda bahsedilen sinyallerden dolayı beyinde meydana gelen hisler ve bu hislerin geçmiş tecrübe ve isteklere göre değerlendirilerek ortaya çıkan subjektif kabuller olan psikolojik prosesler.

Bu dört proses, kullanıcının herhangi bir andaki konfor durumunu belirlemek üzere birbirleriyle dinamik etkileşimdedirler. Bu nedenle konfor, insan ve çevre arasındaki psikolojik, fizyolojik ve fiziksel uyumun bir sonucu ve psikolojik, fizyolojik ve fiziksel konfor algısının toplamı olmaktadır (Güneşoğlu 2005)

2.3.1. Psikolojik Konfor

Psikolojik olarak insan, deri sıcaklığı 33 ile 35°C arasında olduğu ve deri üzerinde terin birikmediği durumda kendisini konforlu ve rahat hisseder (Yonenaga 2001).

Psikolojik konforun değerlendirilmesinde kullanıcıların yorumları önemli yer tutar. Ancak bunların objektif yollarla ölçülmesi zordur. Aynı şartlar altında yapılan subjektif ve objektif ölçümlerin karşılaştırılabilir, tartışılabilir olması ile değerlendirme yapmak mümkündür; bununla birlikte kullanıcıların subjektif yorumlarının ölçülebileceği fiziksel cihazlar yoktur. Bu nedenle objektif değerlendirme yapmanın en yaygın tekniği, kullanıcılara basit değerlendirmelerinin sorulduğu ve yanıtların aktarıldığı psikolojik

skala kullanılmasıdır. Bu yöntemde kullanıcılar, giysi hakkındaki fikirlerini skalayı oluşturan belirli terimlerle değerlendirir, değerlendirmelerinin sayısal karşılığı işaretlenir ve bu değerlendirmelerin kumaş özellikleriyle ne ölçüde ilişkili olduğu veya olmadığı incelenir (Taraftar 1995, Li 2001).

Psikolojik konfor değerlendirilmesinde şu sıra izlenir:

- Ölçülecek özelliğin belirlenmesi
- Bu özelliği tanımlayan terimlerin çıkartılması
- Terimlerin şiddetini belirleyen skalanın oluşturulması (Fritz, 1992 yılındaki kumaş tutumunu incelediği çalışmasında, Çizelge 2.1.'de gösterilen yedi dereceli skalayı kullanmıştır)
- Verilerin alınması
- Skalaya göre yapılan değerlendirmeyle aynı özelliğin objektif ölçümünün karşılaştırılması

Çizelge 2.1. Fritz'in yedi dereceli kumaş tutumunu değerlendirme skalası

	Oldukça	Çok	Biraz	Hiçbiri	Biraz	Çok	Oldukça	
Yumuşak	3	2	1	0	1	2	3	Sert
Pürüzsüz	3	2	1	0	1	2	3	Pürüzlü
Serin	3	2	1	0	1	2	3	Sıcak
Hafif	3	2	1	0	1	2	3	Ağır
İnce	3	2	1	0	1	2	3	Kaba
Gevrek	3	2	1	0	1	2	3	Gevşek
Nemli	3	2	1	0	1	2	3	Absorban
Doğal	3	2	1	0	1	2	3	Sentetik
Sıkı	3	2	1	0	1	2	3	Hacimli
Saran	3	2	1	0	1	2	3	Örtücü
Sıkışabilir	3	2	1	0	1	2	3	Yaylanabilir
Oyalı	3	2	1	0	1	2	3	Düz
Dökümlü	3	2	1	0	1	2	3	Rijit
Kaşındıran	3	2	1	0	1	2	3	İpeksi
Katı	3	2	1	0	1	2	3	Yumuşak

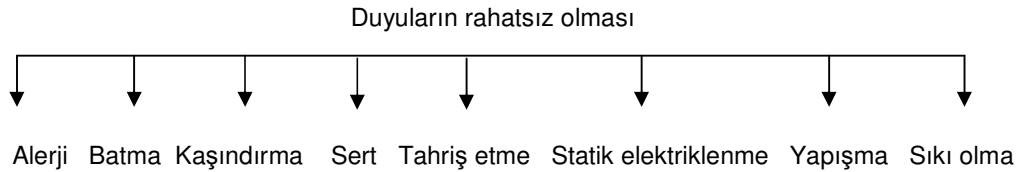
KAYNAK : The Science of Clothing Comfort, p. 16, Li, 2001.

2.3.2. Fiziksel Konfor

Fiziksel konfor, vücudun tekstil yüzeyi ile direkt teması anında duyulan hislerin (vücutla mekanik temas) bir sonucudur. Bu temas sonucu hissedilen kumaşın yumuşaklığı, sağladığı hareket serbestliği ve ıslak kumaşın neden olduğu batma, kaşıntı ve yapışma gibi giysi konforunu negatif yönde etkileyen faktörleri içerir. Bu hisleri belirleyen kumaş özellikleri ise yüzey pürüzsüzlüğü, ağırlık, yumuşaklık, yoğunluk ve rijitlik olarak sıralanabilir (Grabowska 2001, Kaplan ve Okur 2005).

Slater, fiziksel konforu giysi şartlarının insan vücuduna olan etkileriyle ilişkilendirmiştir. Bir tekstil ürünün hareket serbestliğine izin vermesi, istendiğinde vücudun şeklini alması ve vücuda fazla yük bindirmemesi durumunda, fiziksel olarak konfordan söz edilebilir.

Kumaş yapısı ve giysi dizaynı, giysinin fiziksel konforu için çok önemlidir. Çünkü bunların deriye sürtünme, sıkı oturma, kaşıntı ve batma gibi etkileri vardır. Bu etkiler (fiziksel konforsuzluk), deriyle temas anında açığa çıkan hislerden veya giysinin vücuda oturmaması, şekil uygunsuzluğundan kaynaklanabilir (Kalaoğlu 1995). Şekil 2.3'te, fiziksel konforsuzluk haline ait durumlar örneklenmiştir.



Şekil 2.3. Fiziksel olarak konforlu olmama (Kalaoğlu 1995)

Vücuda oturan, yumuşak, kaşıntırmayan giysiler fiziksel olarak konforludur denilebilir. Fiziksel konfor algısına lif, iplik ve kumaş yapısal özellikleri yanında kumaşa uygulanan terbiye, kaplama, laminasyon vb. işlemler de etkilidir.

Her bir kumaşın dokunma (tutum) karakteristiği;

- Sürtünme + profil
- Kalınlık + sıkıştırılabilirlik
- Eğilme + kesme sertliği (düşük ve yüksek deformasyonlarda)
- Elastikiyet, mukavemet
- Sıcak –soğuk hissi (geçici ısı transferi)

2.3.3. Fizyolojik / Termofizyolojik / Termal Konfor

Fizyolojik veya termal konfor, ISO 7730 1994'e göre termal çevre uyumlu olma hali olarak tanımlanmıştır. Li (2001), tekstil kumaşlarının ısı ve nem iletimi özelliklerinin kullanılarak, konforu termal ve nemli hali elde etme durumu olarak tanımlamıştır.

Termal konfor, kumaşın ısı ve nem geçirgenlik özellikleri ile farklı aktiviteler sırasında kumaşın termal dengesinin sağlanmasında önemli bir paya sahiptir. Çevresel faktörler, kişinin aktivite düzeyi ve kumaşın özelliklerine bağlıdır.

Grabowska (2001), fizyolojik konforu insan vücudu ile çevre arasındaki termal enerji dengesinin kurulmasıyla ilişkilendirmiştir; fizyolojik konfor, hava geçirgenliği, termal izolasyon, buhar geçirgenliği, nem absorpsiyonu, nem iletimi gibi kumaş özelliklerinden etkilenmektedir.

Termal konfor, derinin yüzeyindeki ve alt katmanlarındaki termoreseptörlerden gelen sinyallerin birleşiminden oluşan bir çeşit termoregülasyon sistemidir. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) standartlarına göre ise termal konfor, çevrenin termal şartlarına karşı duyulan memnuniyet olarak ifade edilmiştir (Wang 2002).

Kumaşların ve giysilerin termo-fizyolojik konfor karakteristikleri:

- Sabit konumda bölgesel ısı izolasyon parametreleri (termal dayanım ve iletkenlik)
- Sabit konumda toplam ısı dayanım (havalandırma etkileri dahil)
- Sabit konumda bölgesel ve toplam nem transfer parametreleri (buharlaşma dayanımı)
- Geçici nem transferi (nem emicilik)
- Kumaş ve giysilerin UV, VIS ve IR radyasyonu için transfer özellikleri

İnsanların giysilerinde fizyolojik olarak kendilerini konforlu hissetmeleri terin buharlaşarak uzaklaşması ve sıcak iklimlerde veya faal durumlarda aşırı ısınmanın önlenmesine bağlı olup vücut, dış sıcaklık veya aktivite düzeyi artınca nem buharlaştırarak konforunu korur. Bazı durumlarda ıslak vücuttan terin buharlaşma hızı ter salgılama hızından düşük olabilir. Vücut (deri) üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buharlaşma ısı kaybı ise konforsuzluk hissi verir (Barnes ve Holcombe 1996).

Konfor üzerine yapılan çeşitli araştırmalar, toplam konfor üzerine termal ve fiziksel konforun etkisi aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$K_{toplam} = \frac{1}{3} K_{fiziksel} + \frac{2}{3} K_{termal} \quad (2.1)$$

K_{toplam} = Toplam konfor

$K_{fiziksel}$ = Fiziksel konfor

K_{termal} = Termal konfor

Görüldüğü üzere termal / termofizyolojik konfor, toplam konfor algısını belirleyen esas fonksiyondur (Gerald ve ark. 2001).

Termofizyolojik konfor, giysinin ısıyı iletmesine ve deriden çevreye terin bulaşmasına bağlıdır. Termal dengeyi sürdürmek için vücudun ısı üretimi ısı kaybına eşit olmalıdır, sıcak ortamda kuru ısı kaybı (termal yalıtım) için giysi direnci düşük, nefes alıp verme (su buharı iletimi) yüksektir. Diğer yandan, soğuk ortamda ve düşük

fiziksel aktivite için (düşük ısı üretimi) kumaşın termal izolasyonu yüksektir. Termofizyolojik konfor hem temoregülasyonu hem de nem yönetimini içine alır. Bu değişik çevre koşulları altında mümkün olduğunca vücut ısısını koruyacak ve nemin uzaklaştırılmasını sağlayacak giysilerin kullanılması ile termofizyolojik konfor sağlanabilir (Kaya ve Bağ 2003).

Termofizyolojik konforu etkileyen parametreler çevresel ve kişisel olmak üzere iki grupta incelenebilir. Çevresel parametreler hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı (akışı) ve ortalama ışınım sıcaklığıdır. Kişisel parametreler ise insanın hareketlilik düzeyi (aktivitesi) ve giysilerdir. Tüm bu parametreler termofizyolojik konforu farklı şekillerde etkiler. Giysiler vücuttan olan ısı kayıplarını ve dolayısıyla vücudun enerji dengesini etkilediğinden önemli bir faktördür. Isı kayıplarının yanı sıra vücutta üretilen terin uzaklaştırılmasında da rol oynamaktadır. Giysi direncinin artması terin geçişini kısıtlayarak vücudun daha büyük kısmının ter tabakasıyla kaplanmasına neden olur ki bu durum insanın rahatsız hissetmesine yol açar (Kaynaklı ve ark. 2005).

Mikroklimayı, dolayısıyla termofizyolojik konforu etkileyen bu faktörlerden ortam koşuluna ve kişinin fiziksel, fizyolojik ve psikolojik durumuna müdahale edilemediği için, konforun iyileştirilmesi ancak giysi özelliklerinin değiştirilmesi ile sağlanabilmektedir. Normalde giysi katmanlar halindedir. Cilde temas eden iç tabaka konfor ve destek için; dış tabaka ise ısınma ve olumsuz koşullardan korunma içindir (Kaynaklı ve ark. 2005).

Giysiler termal konfor şartlarını etkileyen önemli parametreler arasındadır. Vücut üzerindeki giysilerin artması, vücuttan çevreye olan ısı kaybını kısıtlamaktadır. Bu durumda vücudun fizyolojik sıcaklık denetim mekanizmaları deri bölmesine gönderilen kan akışını ve ter üretimini arttırmaktadır. Kan akışının artması iç bölmeden dış tabakaya geçişini, ter üretiminin artması ise gizli ısı kayıplarını arttırmaktadır. Vücutla çevre arasındaki enerji dengesinin sağlanmasında önemli payı olan giysiler, vücut sıcaklıklarını da etkilemektedir. Giysi direncinin artmasıyla iç bölme, deri tabakası ve değerlerle ilişkili olan ortalama vücut sıcaklığı artmaktadır. Vücut sıcaklıklarının artması termofizyolojik konfor algısını da etkilemektedir (Kaynaklı ve ark. 2005).

Termofizyolojik konfor içerisinde hava geçirgenliği önemli bir yere sahiptir. Hava geçirgenliği kumaşın hava geçişine izin verme özelliğini ifade etmektedir. Açık hava giysilerinde hava geçirgenliğinin mümkün olduğu kadar düşük olması istenir, çünkü burada giysinin rüzgar-koruyucu fonksiyonu ön plandadır. Genellikle bir giysinin hava geçirgenliği, konfor özelliklerini etkileyebilir. Hava geçirgenliği yüksek olan bir kumaş aynı zamanda su buharı ve suyun kendisini de geçirebilir. Böylece su buharı geçirgenliği ve su geçirgenliği doğrudan hava geçirgenliği ile ilişkili hale gelmektedir. Ayrıca, kumaşın termal direnci büyük ölçüde içerisinde mevcut bulunan hava miktarına ve hava miktarı da kumaşın yapısına bağlıdır.

Birçok araştırmacı, konforu etkileyen ana etkinin giysinin içinden geçen ısı ve nem olduğunu belirtmektedir. Vücuttan terin buharlaşması ve ısının dağılması şu faktörlere bağlıdır: giyenin aktivite derecesi, çevredeki nem, dış hava hareketi, kumaş kalınlığı, içerilen hava boşluğu, kumaş yapısı ve lif içeriği gibi faktörler terin buharlaşması ve ısı transferinin temelini oluşturmaktadırlar. En ideal olanı, giysinin çevresel değişimlere karşı bir tampon oluşturması ve ıslaklık hissi vermeden nemin uzaklaştırılmasıdır. Kumaşın su buharı direnci yüksek olduğunda, ter ve ısı yayılamayacak ve konforsuzluk hissi oluşacaktır. Su buharı geçirgenliği yüksek olan giysiler terin buharlaşarak uzaklaşmasına izin vererek konforlu bir durum sağlamaktadırlar.

Giysi sisteminde bulunan nemin, vücut ile çevre arasındaki ısı transferinde çok önemli bir etkisi vardır. Tekstil materyalinden ısı ve nem transferi birçok faktörden etkilenir. Bu sebeple, giysi içerisinde gerçekleşen ısı, nem ve hava hareketinin toplamı konforun değerlendirilmesinde çok önemlidir.

İnsan vücudu iç sıcaklığını yaklaşık 37°C 'de, deri yüzey sıcaklığını ise $33,4^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tutmaya çalışır ve bu sıcaklıktaki değişim $4,5^{\circ}\text{C}$ 'yi aştığında konfor problemleri ortaya çıkar. Çoğu iklim şartlarında vücut sıcaklığı çevre sıcaklığından yüksektir ve vücutta bu sıcaklık farkını muhafaza edecek bir iç ısı kaynağı bulunmalıdır. İhtiyaç duyulan ısı, kas gücü ve diğer vücut fonksiyonları için gerekli kalorinin yakılmasından, yani vücut metabolizmasından temin edilir. İnsan organizmasına yiyecek olarak alınan enerjinin sadece % 15-30'u metabolizma için gerekli aktiviteler için kullanılırken kalan

enerji ısı olarak ortaya çıkar. Vücut belirli bir termal dengeye sahip olmalıdır, çünkü ısı kazancı ve kaybı dengede olmazsa vücut sıcaklığındaki ani iniş-çıkışlar konfor problemlerine, hatta hayati tehlikelere neden olabilir (Saville 2000).

2.4. Termal Konforla İlgili Giysi ve Kumaş Özellikleri

Tekstil materyallerinin termal özelliklerini etkileyen faktörler:

- Lifin ve kumaş içinde tutulan havanın ısı iletkenliği
- Lifin özel ısısı
- Kumaş kalınlığı ve katman sayısı
- Kumaşın hacimsel yoğunluğu (kumaş içindeki hava boşluklarının sayısı, büyüklüğü ve dağılımı)
- Kumaş yüzeyi (kullanılan lif tipi, kumaşın yapısı, kumaştaki bitim işlemleri)
- Kumaş ve yüzey arasındaki temas alanı
- Deri ile kumaş arasında kontakt ısı kaybı
- Deri ile kumaş arasında konveksiyon ısı kaybı
- Işıma (radyasyon) ile ısı kaybı (deri ve kumaş yüzeylerinin emisyon kabiliyeti)
- Deri veya kumaştan suyun buharlaşması ile ısı kaybı
- Kumaşın su absorbe etmesi nedeniyle ısı kaybı veya artışı
- Dahili atmosferik şartlar: sıcaklık, nispi nem, çevredeki havanın hareketi, olarak sıralanabilir (Marmaralı ve ark. 2006).

Tekstilleri oluşturan lif, iplik ve kumaş temel parametrelerinin giysilerin termal konfor özelliklerine etkisi şu şekilde açıklanabilir:

- Lif Tipi: Kumaşlarda konforu sağlamak için kullanılan liflerin sahip olması gereken özellikler şunlardır:
 - Isı ve nem transferinin zayıflamaması için nem aldığında şişmelidir.
 - Teri kolayca emmeli ve kuruluk hissi vermelidir.
 - Ter kumaş katmanından hızlıca geçmeli, dışarı kolayca atılmalıdır.

- İplik Yapısı: Deri ile temas eden giysilerde giysi konforu, nem iletimi ve nem depolama kapasitesiyle bir derece sınırlandırılmıştır. Bu tür giysilerin kullanımında deri hassasiyeti önemlidir. Düzensüzlük, lif sertliği, iplik bükümü, geliştirilmiş efektler, tekstüre derecesi ve ilmek yapısı gibi faktörler, giyside yırtılma, sıkma, darlık hissi, ısı hassasiyeti gibi olumsuz etkilere neden olabilir. Bundan dolayı kumaşın iç ve dış yüzeylerinin yapısı ve özellikleri dikkate alınmalıdır.
- Örgü Yapısı: Giysinin ısı geçirgenliği, kumaş içerisindeki hava boşluklarının sayısına bağlıdır. Tekstil liflerinin ısı iletkenlikleri durgun havadan yüksektir. Bu yüzden, ideal yalıtkan malzeme durgun havadır. Hacimli malzemeler yapıları nedeniyle, içlerinde fazla hava tutma kapasitesine sahiptirler. Örneğin;
 - Dış giysilik bir kumaş { %25 lif + % 75 hava }
 - Battaniye { % 10 lif + % 90 hava }
 - Kürk ceket { %5 lif + %95 hava } dan oluşmaktadır.

Diğer bir deyişle, ısı yalıtımı yüksek bir tekstil malzemesinin iç yapısında yüksek miktarda hava bulunmalıdır. Isı yalıtımında lif dağılımının önemi ikinci sıradadır (Marmaralı ve ark. 2006).

Termal konfor açısından ideal kumaş şu özellikleri taşımalıdır:

- Soğuktan koruma için yüksek ısı direnç,
- Ilımlı ısı ortam şartlarında etkin ısı transferi için yeterli su buharı geçirgenliği,
- Yüksek ısı ortam şartlarında terlemeden dolayı oluşan rahatsız edici temas hissini elimine etmek ve etkin bir ısı transferi sağlamak için hızlı sıvı akışı (Marmaralı ve ark. 2006)

Termal konfor iki önemli faktörle karakterize edilmektedir:

- Isı transferi
- Kütle transferi

Isı transferi, insan vücudunun termal dengesinin sağlanması için ilgili giysi faaliyetlerini içerirken kütle transferi hava ve suyun giysi / kumaş içinden taşınabilmesiyle ilgilidir. Suyun taşınabilmesi ise sıvı suyun ve su buharının iletimini kapsar (Güneşoğlu 2005).

Isı geçirgenliği veya ısı iletkenliği, ısının belli bir kumaş alanından geçiş hızıdır. Kumaştan ısı geçişini tanımlayan çeşitli kavramlar söz konusudur.

- Özgül ısı (C) :Maddenin 1 birim kütlelerinin sıcaklığını 1°C yükseltmek için gerekli olan ısı miktarıdır (J g⁻¹ K⁻¹).

- Isıl iletkenlik: Bir materyalden, birim kalınlıkta, 1°C sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir.

Kumaşların ısı iletkenliğini etkileyen faktörler:

- Lifi ısı iletkenliği
- Kumaş yapısının hava akımını tutma yeteneği
- Kumaşın gramajı
- Lif, iplik ve kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri
- Kumaşlara uygulanan kaplamalar ya da reçine apresi
- Lifi veya ipliğin ısı etkisiyle eriyebilirliği
- Kumaş kalınlığı ya da katları
- Lif ve ipliklerin hava geçirgenliği
- Havanın nemi (Kanat 2007)

- Isıl direnç (R) (Stabil durumda) :Materyalin ısı akışına karşı dayanımıdır.

Isı akışına karşı direnç olarak tanımlanabilen ısı direnç, özellikle soğuk günlerde giysinin kişiyi soğuktan koruyabilmesi açısından önemli bir konfor parametresidir. Belirli ortam şartlarında ısı direnç değeri düşük olan kumaşlarda ısı enerjisi hızla azalmakta ve kişi soğuk hissi algılamaktadır. Bu nedenle soğuktan korunma amacıyla, yüksek ısı direnç değerlerine sahip giysiler tercih edilmelidir.

- Isıl soğurganlık (b) (geçici durumda) : Bir kişinin kumaşa ilk temas ettiği anda hissettiği sıcak veya soğuk algısının objektif bir ölçüm parametresidir. Isıl soğurganlık değeri yüksek ise, kumaş tarafından soğurulacak ısı artar ve kişi ilk temasta soğuk his algılar.

Kumaş ile deri arasındaki ani temas, kumaşın ciltten daha düşük bir sıcaklıkta olması durumunda vücuttan kumaşa doğru bir ısı akışı meydana geleceğinden, soğukluk hissedilmesine neden olur. Isı akışı malzemenin ısı iletkenliği ile artmaktadır. Bir malzeme daha fazla ısı enerjisi soğurduğunda, sıcak bir beden ile ilk temas anında daha soğuk bir his verir. Bu his tüketiciye bağlı olarak iyi veya kötüdür Çünkü sıcak yaz günlerinde soğuk bir his tercih edilirken, soğuk ortamlarda daha sıcak giysiler aranır. Kişinin bir tekstil ürününe ilk teması anında algıladığı sıcak-soğuk hissi, o ürünün termal konforunu belirleyen en önemli özelliklerden birisidir.

- Isıl yayılım (a) :Tekstil materyalinden geçen sıcaklığın yayılım hızının bir ölçüsüdür.

- Su buharı geçirgenliği : Su buharı geçirgenliği, buharın vücuttan dış ortama transfer edilme yeteneği olarak ifade edilebilir. Kumaşın su buharını geçirebilme yeteneğidir. Birim alandan birim zamanda bir paskal basınç altında gram cinsinden geçen su buharı miktarı olarak verilir (g/m^2hPa). Eğer kumaşın su buharı geçirgenliği değeri düşük, başka bir deyişle buhar direnci yüksek ise, vücutta depolanan ısı ve dolayısıyla oluşan ter uzaklaştırılmayacağından konforsuz bir his meydana gelecektir (Guanxiong ve ark. 1991).

- Su buharı dayanımı (R_{et}): Materyalin su buharı geçişine karşı gösterdiği dayanımdır. Bir malzemenin iki yüzeyi arasındaki su buharı basınç farkının, basınç değişimi yönünde birim alandaki buharlaşma ısı akışına oranıdır.

2.4.1. Kumaşlardaki Isı Transferi Mekanizmaları

Isı, yüksek sıcaklıklı bölgeden düşük sıcaklıklı bölgeye doğru geçme eğiliminde olan bir enerji çeşididir. Bu geçiş, dört mekanizmadan birisiyle gerçekleşir:

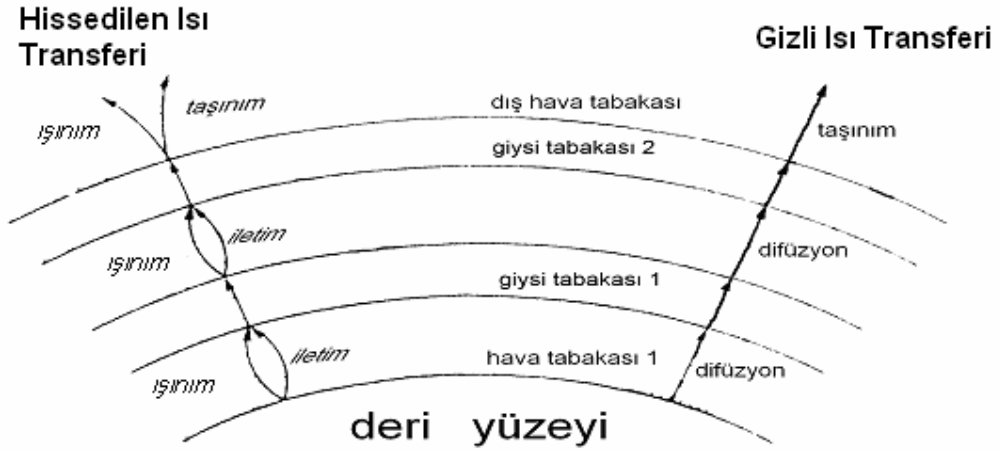
1.İletim (kondüksiyon):Katı cisimlerde en yaygın görülen mekanizmadır. Katı cisimlerde ısı iletimi, hızla hareket eden ya da titreşen, sıcak atom ve moleküllerin enerjilerini (ısılarını) temas halindeki komşu atom ve moleküllere aktarmasıdır.

2.Taşınım (konveksiyon):Genellikle sıvı ve gazlardaki yaygın mekanizmadır. Gaz veya sıvı akışkanlarda moleküllerin makroskobik hareketi sonucunda meydana gelir. Isı akışının doğal yollarda meydana geldiği duruma doğal taşınım, fan, pervane vb. cihazlarla ısı akışı meydana gelmesine zorlanmış taşınım denir.

3.İşınım (radyasyon):Malzeme içindeki atomların ve moleküllerin hareketlerinin bir sonucudur. Çünkü yüklü parçacıklar ihtiva eden atom ve moleküllerin hareketi elektromanyetik emisyonla sebep olur ve bu emisyon malzeme yüzeyinden enerji taşır. Elektromanyetik emisyonun miktarı yüzey sıcaklığı arttıkça artar. İşınım, vakumda görülebilecek tek ısı transfer mekanizmasıdır.

4.Yoğuşma: En az görülen mekanizmadır. Buhar halindeki sıvı, soğuk bir yüzeye temas ettiğinde yoğuşur ve çevreye ısı salınır. Buna benzer faz değişimleriyle ısının transfer edilmesi gizli (buharlaşma) ısı transferi olarak da adlandırılabilir.

Isı, giysi içinden taşınım (konveksiyon), işınım (radyasyon), iletim (kondüksiyon) ve terleme yoluyla (buharlaşma) uzaklaşabilir (Şekil 2.4). Düşük aktivite şartlarında deri yüzeyinden ısı kaybının %75'i taşınım, işınım ve iletimle gerçekleşir (Holcombe ve Hoschke 1983). Giysi, oluşan ısının, terin uzaklaşmasına izin verecek şekilde olmalıdır.



Şekil 2.4. Deriden çevreye olan ısı transferi diyagramı

Şekil 2.4.'de görülen kuru ısı transferi (hissedilen ısı transferi), sıcaklık farklılığıyla ısı değişimlerinin değerlendirilmesidir. Kuru ısı transferi, lifler ve hava içinden gerçekleşen iletim, liften life ve liften havaya olan ışınlım ve giysiden dış hava tabakasına gerçekleşen taşınımı içerir. Diğer yandan çevreden gelen ışınlım ısı da giysi tarafından absorbe edilmektedir. Tekstil kumaşlarında taşınım ile gerçekleşen ısı transferinin payı son derece azdır. Işınlım ile ısı transferinin payı ise %10-30 arasındadır. Gizli (buharlaştırma) ısı transferi ise buhar basıncı ya da su buharı konsantrasyon farklılığıyla vücuttaki toplam enerji değişimidir. Su buharının hareketi de konsantrasyondaki azalma doğrultusundadır. (Güneşoğlu 2005).

2.4.1.1. İletimle Isı Transferi

Termal iletkenlik ya da ısıl 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 (Matusiak 2006).

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot \frac{\Delta T}{h}}, [\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}]$$

(2.2)

Burada,

λ : Termal iletkenlik katsayısı,

Q : Isı transferi,

A : Alan,

Δt : Sıcaklık farkı,

h : Materyal kalınlığı (mm) dır.

Tekstil liflerinin termal iletkenlikleri durağan havanın termal iletkenliğinden ($k_{\text{hava}} \approx 0,026 \text{ W/mK}$) 5 – 20 kez daha fazladır. Havanın termal iletkenliği, çevre sıcaklığındaki 10 K artışta yaklaşık olarak $0,75 \times 10^{-3} \text{ W/mK}$ artar. Bu nedenle, çevre sıcaklığı ve dolayısıyla kumaş bünyesindeki havanın sıcaklığı kumaşların termal iletkenliği üzerine etkilidir (Güneşoğlu 2005).

Çizelge 2.2.'de çeşitli tekstil liflerinin termal iletkenlik değerleri verilmiştir. Lifin termal iletkenliği ne kadar fazlaysa kumaşın termal iletkenliği de o denli yüksek olacaktır. Tekstil liflerinin termal iletkenliği, genel olarak taşıdıkları nem içeriği arttıkça yükselir.

Çizelge 2.2. Tekstil liflerinin, suyun ve havanın termal iletkenlik değerleri

Lif tipi	Termal iletkenlik (W/mK)
Hava	0.026
Polipropilen	0.117
Poliüretan	0.126
Aramid	0.130
Polyester	0.141
Polivinilklorid	0.167
Yün	0.193
Poliakrilonitril	0.200
Poliamid 6, 6.6	0.250
Viskoz rayon	0.289
Pamuk	0.461
Su	0.600

KAYNAK: Güneşoğlu 2005.

Nem içeriği yanında bir lifin dolayısıyla kumaşın termal iletkenliğini belirleyen başka faktörler de vardır. Vücuttan giysiye olan ısı iletimi moleküler etkileşimlerden dolayı termal enerjinin transferi şeklinde tanımlanmaktadır. Buna göre kumaşın termal iletkenliği yüksekse iletilen ısı miktarı, dolayısıyla vücuttan transfer edilen ve giysi tarafından absorbe edilen termal enerji miktarı fazla olacaktır.

2.4.1.2. Taşınım İle Isı Transferi

Giysi sistemlerinde taşınım, vücut hareketine bağlı olarak değişen hava tabakasının hareketinin bir sonucudur. Vücutla giysi arasında taşınım ile gerçekleşen ısı transferi, vücudun hareket miktarına, vücut çevresindeki doğal taşınım ve çevredeki hava hızına bağlı olarak değişen zorlanmış taşınım ile bağlıdır. Zorlanmış taşınım oranının belirlenmesi daha zordur çünkü bu mekanizma hava akış hızına ve yönüne bağlı olarak değişir (Kaplan ve Okur 2005).

Giysilerden zorlanmış taşınım ile meydana gelen ısı kaybı doğal taşınım ile gerçekleşenden daha fazladır. Giysi içindeki kollar ve ayakların hareketi zorlanmış taşınım ile neden olmaktadır.

Hes ve ark. (2001) taşınım ile ısı transferinin vücut çevresindeki hava hızının karesi ile artacağını, ancak giysi içindeki hava tabakasının hızının klasik giysi sistemlerinde oldukça düşük olduğunu, giysilerdeki kol, boyun ve manşet gibi açıklıkların vücut çevresindeki havayı hızlandıracağını ifade etmişlerdir. Hava tabakasının hızlandırılması için giysi içine kanallar açılabilirliği öngörülmüştür. Tüm vücudu saracak şekilde uzun ve dikey kanallar açılmış özel bir giysi tasarımından gerçekleşen ısı kaybının bir termal mankenle ölçüldüğü çalışmalarında, içinde kanal açılmış giysiden daha fazla ısı taşınımını gerçekleştirdiği görülmüştür. Kanal içindeki havanın hızı da anemometre ile ölçülmüş, hava hızının havanın dinamik viskozitesine, sıcaklığa bağlı genleşme katsayısına, kanal çapına ve hava sıcaklığına bağlı olduğu bulunmuştur.

2.4.1.3. Işınım İle Isı Transferi

Bir cismin ışınım ile ısı kaybı veya absorpsiyonu cismin renginden etkilenir. Siyah, ısıyı hem en iyi absorbe eden hem de en iyi yayan renktir. Beyaz ve boyanmış materyallerin ise, enerjinin büyük bir kısmı yansıtıldığı için, absorpsiyon ve ısıma performansları düşüktür (Güneşoğlu 2005).

Giysi vücudu çevreleyen ilk çevresel katman olduğu için ve giysi sayesinde vücutla çevre arasındaki sıcaklık farkı azaldığı için ışınım ile ısı kaybını azaltıcı yönde etkiye sahiptir. Vücuttan ışınım ile kaybedilen ısı miktarını belirlemek kolay değildir çünkü vücut üzerindeki giysi baskı bölgeleri ve düzgün olmayan bir yüzey yapısı oluşturur (Kaplan ve Okur 2005).

Farnworth (1983), lifli yalıtım malzemelerinde iletim ve ışınım ile gerçekleşen ısı akışını incelemiş ve çeşitli ısı transfer mekanizmalarının toplam ısı transferine katkısını belirlemiştir. Ayrıca ısı transfer mekanizmalarının simültane fakat ayrı ayrı değil birlikte etki ettikleri olgusu incelenmiştir. Birçok araştırmada, ışınım ile ısı transferini, iletimden ve hava ile olan taşınımından ayırmak için, ısı transferi önce atmosferik basınç ve sonra vakum altında ölçülürken, bu çalışmada ölçümlerin tamamı atmosferik basınç altında tamamlanmış ve ışınım ile transferin katkısını çeşitlendirmek için numune kalınlıkları özel bir sıkıştırma düzeneği ile sürekli değiştirilmiştir. Son olarak, taşınım ile ısı transferi miktarını belirlemek için, diğer tüm parametreler sabitken düşük yoğunluklu kaplama çevresindeki sıcaklık farklılığında çeşitli varyasyonlar yapılmıştır.

2.4.2. Kumaşlardaki Termal Direnç

Çoğu kıyafet tasarımında göz önüne alınan en önemli termal parametre ise, kumaşların ısı transferine olan dirençleri yani termal dirençleridir. Kumaş ve giysinin birim alanının termal direnci ise termal yalıtım olarak nitelendirilir, bu nedenle malzemelerin termal yalıtım (izolasyon) özelliğinin ölçümü özellikle termal direncinin belirlenmesi ile mümkündür (Güneşoğlu 2005).

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 (Matusiak 2006).

$$r = \frac{h}{\lambda}, [\text{m}^2\text{KW}^{-1}] \quad (2.3)$$

Burada,

r : Termal direnç,

h : Materyal kalınlığı,

λ : Termal iletkenlik katsayısıdır.

Bir tekstil malzemesinin termal direnci, malzemenin iki yüzü arasındaki sıcaklık farkının, birim alandan gerçekleşen ısı akışına oranı olarak tanımlanır. Malzemenin herhangi bir noktasındaki ısı akışının büyüklüğü, termal dirençle ters orantılıdır yani direnç ne kadar fazla ise ısı transferi o denli azdır.

S.I. birim sisteminde termal direnç ($\text{K m}^2 \text{W}^{-1}$) ile gösterilir. Termal direncin yaygın kullanılan iki birimi ise tog ve clo' dur.

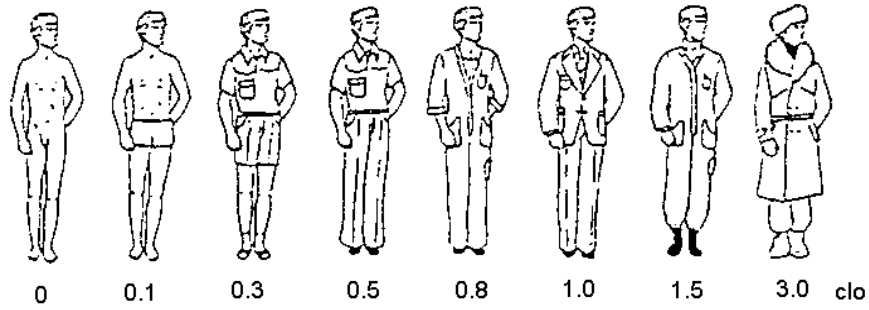
Tog, tekstil malzemesinin iki yüzü arasındaki $^{\circ}\text{C}$ cinsinden sıcaklık farkının ısı akışına oranının 1/10'udur. Bu ifade, şu şekilde ifade edilebilir:

$$1 \text{ tog} = 0.1 \text{ }^{\circ}\text{C m}^2 \text{W}^{-1} \quad (2.4)$$

Giyisilik kumaşların sıcak tutma kapasiteleri tog ile değerlendirilir. Tog değeri arttıkça sağlanan termal yalıtım artacaktır. Örneğin, tipik gömleklik kumaşların termal direnci 0,1 tog, klasik takım elbiselik veya süeterin direnci 1 tog' dur (Hollies ve Fourt 1970).

Clo, 21°C sıcaklık, %50 bağıl nem ve 0,1 m/s 'lik hava hareketi olan bir odada dinlenme durumundaki (1 met'lik ısı üreten) bir kişinin konforlu kalabilmesi için giysinin sahip olması gereken termal direncidir.

1 clo, 1.55 tog'a yani $0.155^{\circ}\text{C m}^2 \text{W}^{-1}$ 'e eşittir. Değişik giysi tiplerinin clo cinsinden termal dirençleri Şekil 2.5.'de örneklenmiştir (Li 2001).



Şekil 2.5. Klasik giysi tiplerinin termal direnç değerleri

Giyim esnasında giysi katına daima bir hava tabakası eşlik ettiğinden, iç ortamda hava tabakasından kaynaklanan 0,8 clo'luk direnç değeri de toplam yalıtıma eklenmelidir. Bu değer, çoğu giysi sisteminde toplam yalıtımın yarısından fazlasını hava tabakasının sağladığını göstermektedir. Lifli malzemeler, hacimlilikleri sayesinde yüksek hacimde hava hapsedme kapasiteleriyle bu amaca mükemmel hizmet ederler. Diğer bir deyişle, tekstil esaslı termal bir yalıtıcı en fazla hava hapsedme kapasitesine sahip olmalıdır; lifin termal yalıtıma katkısı ikincil seviyededir. Birden fazla katmandan oluşan bir giysi, katmanlar arasına daha fazla hava hapsedildiği için, tek katlı bir giysiye göre daha yüksek bir yalıtım değeri sağlar (Güneşoğlu 2005).

2.4.3. Kumaşlarda Termal Absorbtivite

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 2000)

Kuru kumaşların termal absorbtivite değerleri, 20-300 $Ws^{1/2}/m^2K$ arasında değişir. Bir kumaşın termal absorbtivite değeri arttıkça verdiği his “daha soğuk” olarak ifade edilir. Değişik tip kumaşların termal absorbtivite değerleri Çizelge 2.3.’de verilmiştir (Hes 2000).

Çizelge 2.3. Kumaş tipi, yapısı ve terbiye işlemlerinin termal absorbtiviteye etkisi

Termal absorbtivite $Ws^{1/2}/m^2K$	Kumaş tipi
20 – 40	Mikrolif veya ince liflerden mamul nonwoven astar
30 – 50	Düşük yoğunluklu şardonlu polyester örmeler, iğnelenmiş hafif polyester tülbentler
40 – 90	Sentetik (PAN) veya tekstüre 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 işlemi 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 dokuma veya örme kumaşlar
1600	Sıvı su

KAYNAK: Hes 2000

Termal absorbtivite değeri; kumaş yapısı, kompozisyonu, yüzey özellikleri ve gördüğü kaplama, şardon, zımpara gibi bitim işlemlerden etkilenmektedir (Hes 1999).

Termal absorbsiyon bir yüzey özelliği olmasından dolayı bitim işlemleriyle 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 (Hes 2002). Termal absorbsiyon değeri düşük olan kumaşlar sıcak hissi verirken, yüksek değeri olanlar soğuk hissi verirler. Termal absorbsiyon 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 absorbsiyonun geçerliliği, yaklaşık 100 kişinin subjektif duyumun sonuçları Alambeta cihazında ölçülmüş objektif değerlerle karşılaştırılarak yapılan birçok testlerle doğrulanmıştır (Hes 2002). Homojen materyaller için termal absorbsiyon katsayısı aşağıdaki denklemle açıklanabilir (Matusiak 2006).

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad , \quad [\text{Wm}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}] \quad (2.5)$$

Burada,

- b : Termal absorbsiyon katsayısı,
- λ : Termal iletkenlik katsayısı,
- ρ : Kumaş yoğunluğu,
- c : Kumaşın özgül ısı kapasitesidir.

Sıcak-soğuk hissinin bir diğer önemli özelliği, kumaş ıslandığında bu hissin 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).

2.4.4. Kumaşlarda Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, havanın lif, iplik ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme yeteneğidir. Birim basınçta, birim alandan, belirli zamanda geçen havanın miktarıdır. Aynı zamanda vücut ve giysi arasında kalan havanın dışarı iletilmesi ile de ilgili bir kavramdır.

Hava geçirgenliği, kumaşın her iki tarafı arasında belirli bir basınç farkı bulunduğu birim kumaş yüzeyinden geçen hava akımının hacmi olarak tanımlanmaktadır.

Hava geçirgenliği lif ve iplik yapısı ile kumaş içindeki boşlukların miktar ve dağılımına bağlıdır. Örneğin sık yapılı bir kumaşta havanın geçişi daha zordur. İplikleri hacimli hale getiren ve kumaş yüzeyini tüylendiren bitim işlemleri ise havayı hapsedip, vücuda sıcaklık sağlamaktır. Hava geçirgenliği giysi konforunu önemli derecede etkiler (Kanat 2007). Bir kumaşın hava geçirgenliği, konfor özelliğini birçok şekilde etkiler. İlk olarak, havayı geçirgen olan bir malzeme genel olarak buhar veya sıvı fazda suyu da geçirir; bu nedenle su buharı geçirgenliği ve sıvı su iletim özelliği hava geçirgenliği ile yakından ilişkilidir. İkinci olarak, bir kumaşın termal direnci ile üzerindeki durağan hava tabakası arasında kuvvetli ilişki vardır ve hava tabakası kumaş hava geçirgenliğinden etkilenmektedir. Yüksek hava geçirgenliğine sahip kumaşlar, rüzgârlı ortamda konveksiyonla daha fazla ısı kaybederler (Güneşoğlu 2005).

Kumaşların hava geçirgenliği de termal giysi konforunu etkileyen önemli bir parametredir. Havanın yer değiştirmesi termal konfor üzerinde önemli bir rol oynamakta ve ısıl stresi minimize etmektedir. Giysi ile vücut iklimi boşluğu arasındaki hava hareketi, kumaşın hava geçirgenliği, giysi tasarımı, vücut hareketi, rüzgar hızı ve iklimi hacmi ile belirlenir (Crockford 1988).

Kumaş içinden olan hava hareketi viskozik sürüklenmeye bağlıdır; bu nedenle örgü sıkılaştıkça hava geçirgenliği oldukça azalır (Güneşoğlu 2005).

Hava geçirgenliği ile ilgili terimler:

- Hava geçirgenliği: 1 cm² lik kumaştan bir dakikada 1 cm su basıncı altında geçen hava hacminin cm³ cinsinden değeri.
- Hava direnci: 1 cm³ lük havanın 1 cm² lik kumaştan 1 cm lik su basıncı altında geçiş süresinin dakika cinsinden değeri.
- Kumaş gözenekliliği: Tüm kumaş içindeki hava boşluğunun yüzdesel değeri olarak tanımlanmaktadır.

2.4.5. Kumaşlarda Su Buharı Geçirgenliği

Su buharı iletimi, kumaş tabakasının çevresinde oluşan buhar basıncı farkı sayesinde ortaya çıkar. Buhar basıncı farkı, aynı zamanda su buharı konsantrasyonu farkına işaret etmektedir. Su buharının, kumaş içinden olan hareketliliği büyük oranda kumaşın mikro gözenekli yapısına bağlıdır ve bu yapıyı değiştiren her işlem, kumaş ve giysilerin su buharı geçirgenliğini değiştirir. Su buharı iletimi, iplikler arası hava gözeneklerinin oluşturduğu bir özelliktir. Gözenek büyüklüğu iplik çapından, iplik çapı da lif kompozisyonundan etkilendiğinden su buharı geçirgenliğinin kumaş bünyesindeki liflerin nem alma özelliğinden etkilendiği düşünülür. Bir kumaş, bilinen çevresel şartlara bırakıldığında yoğunluk, gözeneklilik, kalınlık gibi parametreler özdeş olsa bile, su buharı geçirgenliği lif tipine göre büyük farklılıklar gösterebilir. Çünkü kumaş tabakası çevresindeki buhar basıncı farkı, liflerin su buharı absorpsiyon özelliklerine bağlıdır. Lifler, kimyasal kompozisyonları ve yapılarına bağlı olarak su buharı absorblayacaktır. Su buharı absorpsiyon oranı yüksekse su buharı basıncı farkı değeri düşük, dolayısıyla toplam su buharı geçirgenliği de düşük olacaktır. Kumaştaki açıklıklardan gerçekleşen su buharı iletimi ise lif tipinden etkilenmemektedir. Benzer şekilde su buharı geçirgenliği kumaş yüzey özelliklerinden önemli şekilde etkilenmemektedir. İki kumaş tabakası arasındaki hava katmanının sıcaklığı, su buharı iletimi gerçekleşince artmaktadır. Bu artış, kumaşların su buharı absorpsiyonu oranı ile de ilişkilidir (Güneşoğlu 2005).

Terin buharlaşarak deriden uzaklaşması ve böylece faal durumlarda aşırı ısınmanın önlenmesi konforlu hissetmenin gereğidir. Bazı durumlarda, ıslak vücuttan terin buharlaşma hızı, ter salgılama hızından düşük olabilir; vücut üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buhar hareketliliği konforsuzluk olarak algılanır; bu nedenle konforlu bir giysi yüksek su buharı geçirgenliğine sahip olmalıdır (Güneşoğlu 2005).

Giysi tasarımındaki önemli hususlardan bir tanesi, insan teninde oluşan ter buharını dışarı atabilmesidir. Dinlenme durumunda olan bir insanın ürettiği yaklaşık $15 \text{ g/m}^2\text{sa}$ civarında ter buharı giysinin çeşitli katlarından kolayca iletilir çünkü normal giysiler bu düşük miktardaki su buharını uzaklaştırmaya yetecek geçirgenliktedir. Terleme esnasında, deri içindeki buhar konsantrasyonu bir buhar akışı üretecek şekilde artar ve bu şekilde buharlaşma ısı deriden giysiye doğru taşınmış olur. Buhar konsantrasyonu, doymuş buhar konsantrasyonunu aşmadığı sürece, buhar çevreye taşınmış olur. Doymuş buhar konsantrasyonu, sıcaklıkla belirlendiğinden buhar konsantrasyonu yanında sıcaklık farkı da önemli olmaktadır. Konfor ortamında buharlaşma oranı çok düşük olduğu için yoğuşma görülmez. Ancak yüksek metabolik aktivitelerde çalışma esnasında önemli miktarda ter üretilir ve buhar konsantrasyonu o derece artabilir ki giysinin bir yerinde doyum noktasını aşabilir ve o bölgede yoğuşma meydana gelir. Genellikle bir giysi sisteminin en dış katmanının geçirgenliği diğerlerine göre daha zayıf olduğundan yoğuşma, giysinin geçirgenliğinin zayıfladığı yerde meydana gelecektir (Güneşoğlu 2005).

Giysi içinde buharlaşmış terin yoğuşması konfor için önemli bir faktördür. Yoğuşma sonucunda, buharlaşma ile deriden alınmış olan ısı, yoğuşma ısı olarak serbest kalır. Bu ısı, giysi sisteminin sıcaklığı üzerinde etkilidir. Çünkü serbest kalan ısı, lokal sıcaklığı yükselmeye zorlar, bu sayede giysi çevresindeki sıcaklık farkı, deri ile yoğuşmanın gerçekleştiği nokta arasında azalma, bu nokta ile çevre arasında artış olacak şekilde değişir. Bu proses, yoğuşma noktasını değiştirebilir (Güneşoğlu 2005).

Wang ve Li (2005) araştırmalarında, kumaş kalınlığı arttıkça su buharının ilerleyeceği kanal genişliklerinin artması sebebiyle buhar moleküllerinin difüzyonları esnasında daha fazla enerji ve zaman harcayacağını, ayrıca liflerin amorf bölgelerine

girme olasılığının da artacağını, bu nedenle kalınlık artışının su buharı iletim oranını olumsuz etkileyeceğini ileri sürmüşlerdir.

2.4.6. Kumaşlarda Sıvı Su İletimi (Kılcallık)

Terin uzaklaşması giysilerin gözenekliliğine ve kılcallık karakteristiğine bağlıdır. Kılcallık, “sıvının kapılar kuvvetler etkisiyle gözenekli bir yapıda kapılar kanallar içinden hareketliliği” olarak tanımlanabilir. Kılcallık için yapılan bir diğer tanım, “kumaşların kapılar akış oluşturma yeteneği” şeklindedir (Ghali ve ark. 1994, Kıssa 1996).

Kapilarite, sıvının gözenekli ortamda varolan gözeneklerin içinden kapılar hareketinden kaynaklanmaktadır. Bu gözenekler kumaşta lifler ve iplikler arasında bulunmaktadır. Bu kendiliğinden meydana gelen sıvı akışı, kapılar kuvvetler tarafından yürütülmekte ve kapılar kuvvetler ıslanma nedeniyle meydana gelmektedir. Kapılar etki terimi için birçok farklı tanım kullanılmaktadır. Genel olarak, kapılar etki, sıvının lifin yüzeyinden ilerlemesi ancak lif içine emilmemesi durumudur (Kanat 2007).

Lifler ve iplikler ne kadar ince ise, kapılar kanallar da o kadar dar olmakta ve kumaşın kapılar transfer etkisi de o derecede yüksek olmaktadır. Kapılar hareket birçok etkiye bağlıdır: sıvının yüzey tansiyonu, lif ve sıvı arasındaki kontakt açısı, gözenek yarıçapı, materyalin geçirgenliği, gözeneklilik, pürüzlülük, materyalin spesifik yüzey alanı gibi yapısal ve geometrik etkenler ve sıvının viskozitesi (Kanat 2007)

Terden kaynaklanan ıslaklık hissinin ortadan kaldırılması için, giysiyi oluşturan kumaşın vücut yüzeyindeki teri buhar yoluyla uzaklaşmasına izin verir yapıda olması yanında, aktivite sonrası kumaşta biriken, vücutla temas halindeki sıvı teri de mümkün olduğunca dağıtarak uzaklaştırması gerekir. Konfor için istenen bu ter emicilik ve çabuk kuruma özellikleri, bir ağacın köklerindeki suyu en uçtaki yapraklarına kadar iletilmesini sağlayan “kapılar (kılcal) kanal” doğa olayından esinlenerek geliştirilmiştir (Güneşoğlu 2005).

Ter, vücut yüzeyinden uzaklaşmadan burada buharlaşırsa vücut sıcaklığı hızla düşmekte ve soğuk hissine sebep olmaktadır. Kumaşın, nemi hızla kapılar etki ile deri yüzeyinden alışı, nemin kapladığı yüzey alanını arttırarak nemin hızla buharlaşmasını ve giyen kişinin kuru ve konforlu kalmasını sağlamaktadır.

Kapılar transfer etkisi, tekstil materyalleri için “sünger etkisi” olarak da bilinmektedir ve suyun ince kapıllar veya kılcal boşluklar yardımı ile fiziksel olarak yukarıya taşınması-yükselmesi olayıdır. Bir tekstil materyalinde, iplikler arası boşluklar ve ipliklerin içerisinde kalan lifler arası boşluklar bu tür kapılar kanalları oluşturmaktadırlar (Toprakkaya 1999).

Sıvıların tekstil malzemeleri ile etkileşimi, lif yüzeyinin ıslanması, lif yapısına sıvının taşınması, lif yüzeyinde adsorbsiyon ve sıvının içindeki liflere difüzyonu gibi birçok fiziksel davranışı içerir. Kumaş gibi lifli yüzeylerin ıslanmasında yayılma, emilme, adhezyon gibi çeşitli ıslanma mekanizmaları görülür. Islanma mekanizmalarıyla kumaş yapısına katılan sıvı, kapılar kanallar içinden ilerleyerek dağılır. Her ikisi ayrı birer fenomen olarak görülse de, ıslanma ve kılcallık birbirlerinden bağımsız değildir; kılcallığın görülmesi için ıslanma gerekir ve her ikisi tek bir prosesin (kapılar basınç etkisiyle sıvı akışı) sonucudur. Tekstil liflerini ıslatmayan sıvılar, kumaş içinde yayılamaz. Kılcallık, kapılar boşlukları bir sıvı ile ıslatılan yapılarda görülür; bu nedenle ıslanma, kılcallık için ön şarttır (Kıssa 1996, Wong ve ark. 2001).

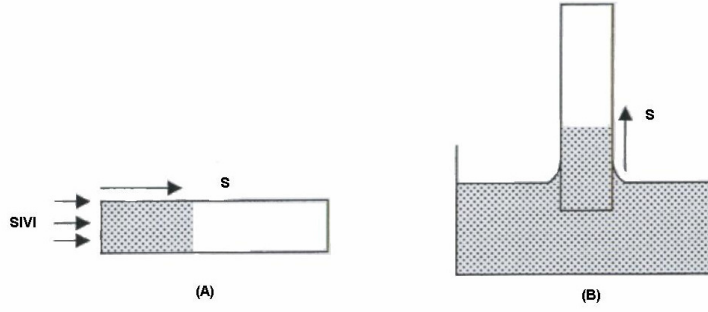
Islanma, katı-hava (buhar) ara yüzeyinin katı-sıvı ara yüzeyiyle yer değiştirmesidir. Daha geniş bir tanımlamayla ıslanma, katı-sıvı veya sıvı-hava ara yüzeyinin sıvı-sıvı ara yüzeyi ve katı-hava ara yüzeyinin katı-katı ara yüzeyiyle yer değişimidir. Islanma, katı yüzey üzerinde termodinamik etkileşimlerle bir sıvının migrasyonu olarak tanımlanmış dinamik bir prosestir ve lif, iplik veya kumaşın sıvıyla temasının başladığı andaki davranışı açıklamak için kullanılır. Kendiliğinden (doğal) ıslanma, termodinamik denge boyunca sıvının katı yüzeyde migrasyonudur. Zorlanmış ıslanma ise, katı-sıvı ara yüzeyini genişletmek için uygulanan hidrodinamik veya mekanik kuvvetlerin etkisi ile meydana gelir (Kıssa 1996, Wong ve ark. 2001).

İplik ve kumaş gibi lifli malzemelerin sıvılarla etkileşimi, lifli yapının geometrisine, lif yüzeyinin gözenek boyutu dağılımı, lif çapı, yüzey pürüzlülüğü gibi kimyasal doğasına ve yüzey gerilimi, viskozite, yoğunluk gibi sıvı özelliklerine bağlıdır (Wong ve ark. 2001).

Tekstil kumaşlarının kılcallık özelliği, lif yüzeyinin morfolojisi ve lif şekliyle etkilenebilir çünkü lif şekli kumaşlardaki kapılar boşlukların şekli ve geometrisini ve sonuçta kılcallık oranını değiştirmektedir. Kapılardaki sıvı akışı, geometrik düzensizlikler nedeniyle menüsküsün sınıra ulaşması ve sıvı-hava ara yüzeyinin düzleşmesi ile son bulur (Kıssa 1996).

Kılcallık, bir kumaş kısmen veya tamamen sıvı içine daldırıldığında veya belli bir miktar sıvı ile temas ettiğinde meydana gelir. Kumaşa katılan sıvı miktarı ve sıvı-kumaş temasının şekline göre kılcallık iki gruba ayrılabilir: Sınırsız bir sıvı haznesinden kaynaklanan kılcallık (sıvı içinde daldırılan kumaş bünyesine gerçekleşen absorpsiyon, yüzeyel ve boyuna yönde sıvı ilerleyişi) ve sonlu (sınırlı) sıvı haznesinden kaynaklanan kılcallık (kumaşa damlatılan tek damla suyun hareketi, birbiriyle temas halindeki ıslak kumaştan kuru olana gerçekleşen sıvı transferi) (Wong ve ark. 2001).

Kumaşların sıvı transfer kapasitesini değerlendirmek için genellikle düzlemsel kılcallık ölçümü yapılır. Kumaş içinde kılcallık, terleyen vücuttan alınan sıvı suyun giysi içindeki hareketine benzer şekilde, kumaş düzlemine dik veya paralel doğrultuda gerçekleşebilir. Bu amaçla yapılan ölçümler, yüzeyin bir kenarını sıvı içine daldırmak ve yüzey içinde sıvı hareketini, sıvı uç noktasının pozisyonunu takip ederek veya kütleli veya hacimsel değişimi belirleyerek gözlemek esasına dayanır. Kapılar basınç değeri sıvının ağırlığını (ρgh) geçtiği zaman sıvı kumaş içinde ilerlemeye başlar. Eğer sıvının hareket mesafesi yeterince uzunsa sıvı akış oranında yer çekiminin etkisini görmek mümkün olacaktır. Kapılar hareket yer çekimi ile dengelendiğinde bir eşitlik hali oluşur ve sıvı ilerleyişi durur (Güneşoğlu 2005). Şekil 2.6.'da, yatay ve dikey yönde düzlemsel kılcallık modeli görülmektedir.



Şekil 2.6. Kılcallık modelleri A- yatay kılcallık B- dikey kılcallık

Yatay kılcallığı, yani sıvının kumaş düzlemine paralel hareketini ölçmeye yönelik farklı metotlar geliştirilmiştir. Kumaşın gözenekli bir plaka üzerine yerleştirildiği ve altındaki suyun kumaşa transfer olan miktarının belirlendiği plaka metodu, özellikle havluların absorbanlık yeterliliğini ölçmek için kullanılır (Güneşoğlu 2005).

Alternatif olarak, su veya ıslatıcı çözeltisi seviyesinin kumaşa temas edecek şekilde yükseltildiği ve kumaş tarafından absorbe edilen sıvı hacminin ölçüldüğü ıslanma testi, ıslanabilirliği ölçmek için yapılan batma-yüzdürme testi, kumaşın sıvı üzerine düşürüldüğü düşürme testi gibi metotlar düzlemsel yatay kılcallığı ölçmek için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Dikey kılcallık, kumaşın geniş hacimdeki sıvı içine dikey olarak kısmen daldırıldığı durumda gözlenir ve genellikle sıvının ilerleme mesafesi veya gramaj veya alan başına absorblanan sıvı miktarı ölçülür (Kıssa 1996).

2.5. Yanma

Yanma üç girdinin sonucu oluşmakta; ısı, alev kaynağı ve oksijen. Önemli olan bu üçünün uygun oranlarda bir araya gelmesi çünkü ancak bu durumda yanma gerçekleşir. Yanıcı madde oksijenli ortamda tutuşma sıcaklığına kadar ısıtıldığı zaman alev olarak yanmaya başlayacaktır, yanma işlemi ortamda yanıcı madde ve oksijen kalmayınca kadar devam eder. Tutuşma, ısı açığa çıkmasına ve bu ısı da polimerin pirolizine neden olmakta ve dolayısıyla yanma devam etmekte. Yanma karbon, oksijen ve hidrojen içeren pamuk veya sentetik polimer zincirlerinin kırılmasına ve kırılan zincirlerde düşük molekül ağırlığında, kolay buharlaşan gazların çıkmasına neden olmaktadır. Bu gazlar kolaylıkla alev bölgesine giderek oksijenle birleşirler ve yanma şiddetini artırır.

Yanma sırasında karbonmonoksit (CO) yanında toksik birçok gaz da açığa çıkmakta; poliamid ve poliüretan yanması sonucunda hidrojen siyanür (HCN), PVC ve odun yanması sonucunda hidrojen klorür (HCl) gibi. Güç tutuşur malzemeler hayat kurtarmak ve yangınları önlemek için kullanılan en ekonomik yoldur aslında. Güç tutuşur kimyasalları tutuşmanın ilk anında kimyasal veya fiziksel olarak katı, sıvı ve gaz fazlarında etkili olurlar (Kayatürk 2003).

Tekstil mamullerinin yanması; ısınma, moleküllerin ayrışması (piroliz), tutuşma ve alevin yayılmasını kapsayan bir olaydır.

Bir tekstil mamulünün yanması olayı 4 adımda incelenir (Bayramoğlu 2003):

1. Mamulün Isınması
2. Makromoleküllerin termik parçalanması (piroliz)
3. Tutuşma
4. Yanma ve yanmanın ilerlemesi.

Çizelge 2.4. Bazı Liflerin Yanma Özellikleri

Lif	Tutuşma Kolaylığı	Yanma Hızı	Kendi Kendini Söndürme	Erime	Duman Yoğunluğu	Yanma Sırasında Ortaya Çıkan Zehirli Ürünler		
						CO	HCN	Diğer
Pamuk	Kolay	Hızlı	Hayır	Hayır	Hafif	X	-	-
Yün	Geç	Yavaş	Genellikle	Hayır	Orta	X	X	-
Rayon	Kolay	Hızlı	Hayır	Hayır	Hafif	X	-	-
Naylon	Kolay	Yavaş	Hayır	Evet	Hafif	X	X	NO ₂
Polyester	Kolay	Yavaş	Hayır	Evet	Orta	X	-	-
Polipropilen	Kolay	Hızlı	Evet	Evet	Hafif	-	-	-
Akrilik	Kolay	Orta	Hayır	Yumuşama	Ağır	X	X	-
Aramid	Zor	Çok Yavaş	Evet	Yumuşama	Hafif	X	-	-
Polyamid	Zor	Çok Yavaş	Evet	Evet	Hafif	-	-	-
PBI	Zor	Çok Yavaş	Evet	Hayır	Hafif	-	-	-

KAYNAK: (Çimşit 1999)

Kumaşların yanıcılığı hem lif hem de kumaş özelliklerinden etkilenir. Lifin kimyasal yapısı, yanıcılığı etkileyen önemli bir lif karakteristiğidir. Bununla birlikte, kumaşın dokusu (dokuma, örme, nonwoven gibi), gramajı, yüzey düzgünlüğü, geçirdiği kimyasal terbiye işlemleri de kumaşın yanıcılığını etkileyen faktörlerdir. Karışımlar için ise, karışımı oluşturan lif cinslerine ve oranlarına göre kumaşın yanıcılığı etkilenecektir. Özellikle pamuk-sentetik lif karışımlarında, sentetik lifin eriyip damlama özelliği, kumaşın yanması esnasında iskelet etkisi gösterecek ve yanmanın devamlılığını ve hızını arttıracaktır (Özcan 2002). Çizelge 2.4.'te bazı liflerin yanma özellikleri görülmektedir.

Kumaşın yanıcılığını etkileyen faktörleri maddeler halinde sıralarsak;

1. Lif tipi: Farklı lifler kimyasal yapılarındaki farklılıklar sebebiyle ısı ya da açık alev maruz kaldıklarında farklı davranacaklardır. Buna göre lifler;

a. Yanmaya hazır lifler (pamuk, sap lifler, rejenere selüloz lifleri ve PAN)

b. Düşük yanıcılıkta lifler (yün, ipek, polyester ve poliamid)

c. Yanıcı olmayan lifler (cam, mineral ve asbest gibi) olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

2. Kumaş konstrüksiyonu: Kumaş içinde gerçekleşecek ısı transferinin büyüklüğü, ısı kaynağından olan ısı akımının sıcaklığına ve kumaşın kalınlığı ve gramajı ile dengelenen kumaşın ısı iletkenliğine ve radyasyon transferine bağlıdır. Termal direnç kumaş kalınlığı ile yaklaşık olarak direk orantılıdır.

3. Oksijen konsantrasyonu: Oksijen konsantrasyonu kumaşın yanma tehlikesini önemli ölçüde arttırmaktadır fakat malzemelerin oksijene karşı hassasiyeti tahmin edilememektedir. Çoğu durumda oksijen konsantrasyonundaki artış alev yayılma hızında da benzer artışa sebep olmaktadır. Buradan hareketle bir çok araştırmacı kumaş yanıcılığını sadece sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) metodunu esas alarak incelemişlerdir (Özcan ve ark. 2002).

Limit oksijen indisi (LOI) test metodu: LOI test metodu malzemelerin alevlenebilirliği ve yanma karakteristiklerini görme açısından en iyi test metotlarından birisidir. LOI değeri, bir materyalin havada yanmaya devam etmesi için gereksinim duyduğu % oksijen miktarı anlamına gelmektedir. Yüksek LOI değeri standart atmosfer ortamlarında o malzemenin daha zor yanma karakteristiğine sahip olduğunu göstermektedir. LOI değeri 25'ten büyük olan materyal havada genelde kendiliğinden sönmekte; 25'ten küçük olan ise çok kolay yanmaktadır (Kutlu 2002). Çizelge 2.5.'te tekstil liflerinin yanma karakteristikleri görülmektedir.

Çizelge 2.5. Tekstil Liflerinin Yanma Karakteristikleri

Güvenlilik Durumu	Lif	Yanma Karakteristiği
<p style="text-align: center;">Az Güvenli</p> <p style="text-align: center;">↑ ↓</p> <p style="text-align: center;">Daha Güvenli</p>	Pamuk/Keten	Sıcak, kuvvetli bir alev ve hafif renkli bir dumanla yanar ve alevlenmeden sonra kızgın köz bırakır. Erimez ve alevden uzaklaşmaz.
	Rayon/Lyocell	Pamuk ve keteninkine benzer şekilde yanar, fakat çekebilir ve daha sıkı bir hale gelir.
	Asetat	Ani bir alevle yanar ve yanma esnasında erir. Tutuşma olmadan eriyebilir ve alev kaynağından uzaklaşabilir. Eriyen bölge kumaştan alev taşıyarak damlayabilir. Alev söndükten sonra kalıntı sıcak, eriyik şeklindedir ve herhangi bir yüzeyden uzaklaştırılması zordur.
	Akrilik	Asetata benzer şekilde yanar fakat ağır, yoğun, siyah bir dumanla yanar. Aşırı şekilde damlar.
	Nylon, Lastol, Olefin, Polyester ve Spandex	Yavaşça yanar ve yanma esnasında erir. Tutuşma olmadan eriyebilir ve ufak alevlerle uzaklaşabilir. Kalıntı eriyik halde, sıcak ve uzaklaştırılması zordur. Kendi kendine sönebilir.
	Yün ve İpek	Yavaşça yanar ve tutuşması zordur (özellikle kışlık kumaşlarda). Kendi kendine sönebilir.
	Modakrilik ve Saran	Eriyerek çok yavaşça yanar. Tutuşma olmadan eriyebilir ve ufak alevlerle uzaklaşabilir. Kendi kendine söner.
	Aramid, Novoloid ve Vinyon	Kömürleşir, yanmaz.

KAYNAK : (Kalın 2008)

2.6. Güç Tutuşurluk

Güç tutuşurluk İngilizce' de Flame Retardancy“ yani alev geciktirici olarak tanımlanmakta ve kısaca FR olarak sembolize edilmektedir.

Güç tutuşurluk, alev çarpmasına karşı koyabilme veya alevden koruma sağlama kabiliyetidir (Lyon 2005).

Güç tutuşur tekstiller, aleve veya yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında tutuşmayan, tutuşsa bile kendi kendine sönebilen tekstillerdir“ şeklinde tanımlanabilmektedir.

2.6.1. Güç Tutuşur Kumaşların Eldesi

Güç tutuşur kumaşlar elde etmek için dört farklı yöntem bilinmektedir. Bunlar:

1. Yapısı itibariyle güç tutuşan liflerin (karbon, asbest, cam, PBI, PTFE, Nomex, Kevlar gibi) kullanılması,
2. Liflerin kopolimerazasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi,
3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşma sağlayıcı kimyasalların ilave edilmesi
4. Kumaşın güç tutuşma sağlayan kimyasallar ile muamele edilmesi yöntemleridir. Bu dört yöntem de tekstil teknolojisinde geniş çaplı olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kumaşın kullanım alanına bağlı olarak bu yöntemler tek tek, ya da birlikte kullanılarak en iyi güç tutuşma ve yanma davranışını sergileyecek değişik kumaş yapıları elde edilebilmektedir (Özcan ve ark. 2004).

Bu metodlar, geniş bir çeşitlilikle liften kumaşa kadar geniş uygulama alanları bularak gelişmiştir. Fakat yinede dezavantajları vardır. Güç tutuşurluk temin eden aprelerin dezavantajları şunlardır:

- Bazıları kanserojen etkiye sahiptir. Örneğin; tris-(2,3-dibromo-propil)fosfat, 1977 yılında CPSC tarafından yasaklanmıştır. Kullanımda olan bir çoğunun ise ekotoksolojik riskleri tam olarak bilinmemektedir.
- Bileşiklerin bazıları kumaşın tutumunu etkilemekte ve sertlik vermektedir. Bazı apreler yıkama ve kuru temizleme sonrası etkinliklerini kaybetmektedir. Fosfatlı deterjanlarla kumaşın yıkanması sonucu özellik yeniden kazanılsa da bu defa fosfatın suyu kirletmesi söz konusudur (Özcan ve ark. 2004).

Lif çekimi esnasında polimere güç tutuşurluk sağlayacak kimyasalların ilave edilmesinde şu dezavantajlar vardır:

- Aynı gruptaki standart liften daha pahalıdırlar.
- İplik haline getirmek ve dokuyabilmek daha zordur.
- Daha sert bir tutum verirler.
- Özel terbiye ve boya tekniğine gerek duyarlar.
- Işık ve renk haslıkları problem oluşturabilir.
- Kullanılacak dikiş ipliği de ürünün yapısına göre seçilmelidir (Özcan ve ark. 2004).

Özel üretilmiş güç tutuşan liflerin de şu dezavantajları vardır:

- Bu lifler genel olarak modifiye liflerden daha pahalıdır.
- Estetik kaliteyi sınırlarlar, terbiye ve boyanma teknikleri sınırlıdır (Özcan ve ark. 2004).

2.6.2. Güç Tutuşan Lifler

2.6.2.1. Aramid Lifleri

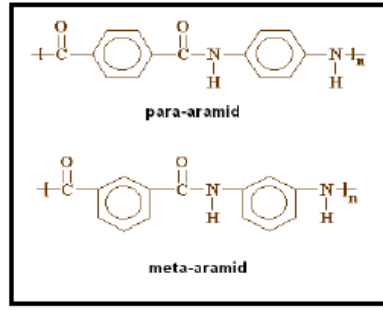
Aramid “Aromatik polyamidler” den imal edilen liflere verilen genel isimdir. Polyamidler uzun zincirli polimerlerdir ve aromatik halkaları (benzen halkaları) altı karbon atomundan, birbirine ve farklı hidrojen atomlarının farklı kombinasyonlarına bağlandığı moleküler yapılardır (Gök 1995).

Aramid lifi de cam ve karbon lifi gibi yüksek performanslı lifler olarak bilinir. Aramid lifinin kullanımının artmasındaki en önemli özellikler, iyi sıcaklık stabilitesi (uzun süreli aynı çalışma sıcaklığı) ve kimyasallara karşı mukavemet ve elastik modüllerdir (Güla 2004).

İlk defa 1961 yılında Du Pont firması tarafından piyasaya sürülen aramid lifler, Nomex ve Kevlar olarak bilinir. Mükemmel termal stabiliteye sahip olan bu lifler 371°C sıcaklıkta erimeden bozunmaya başlarlar. Petro-kimya sanayinde ve itfaiyeci üniformalarında kullanımları tavsiye edilir. Nomex'e göre daha yüksek mukavemete sahip olan Kevlar aynı zamanda mükemmel termal özellikler de sunmaktadır. Nomex'in % 5 Kevlar ile karışımından elde edilen Nomex III lifi yüksek ısıda ya da yanma esnasında bozunmayı engellemektedir. LOI değerleri 32,5'tur (Özcan 2002).

Aramid lifleri aromatik poliamid lifleridir. Amid bağlarının (-CO-NH-) en az % 85'i direkt olarak iki aromatik halka arasında bulunmaktadır. Aramidler bir amin grubu ile bir karboksilli grubunun reaksiyonu sonucu elde edilmektedir.

Polimerler daha ziyade ara yüzey polimerizasyonu ve düşük sıcaklık polikondenzasyonu gibi yöntemlerle elde edilmektedirler. Eriyik, ya da buhar fazında polimerizasyon reaksiyonlarından da bahsedilmektedir. Poliamidler çeşitli aromatik diaminler ve diasitler veya diasitklorürlerden üretilmektedirler. Polimerleri metaaramidler ve para-aramidler olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Paraaramidlerde aromatik grup 1. ve 4. karbon atomları üzerinden zincire dahil olmaktadır. En basit formu poli p-fenilentereftalamid'dir ve piyasada Kevlar® ve Twaron® lifleri olarak bulunmaktadırlar. Meta-aramidlerde aromatik grup 1. ve 3. karbon atomları üzerinden zincire dahil olmaktadır. Nomex® adı altında ticarileştirilen bu lifler, poli-m-fenilenisofthalamid yapısındadırlar. Meta-aramid lifleri düşük oryantasyon derecesi nedeniyle düşük modüllü olduklarından balistik koruma ürünlerinde tercih edilmemektedirler (Tarakçıoğlu ve ark. 2007). Şekil 2.7.'de para-aramid ve meta-aramidin kimyasal yapıları görülmektedir.



Şekil 2.7. Para-aramid ve Meta-aramidin kimyasal yapıları

PPTA yapısındaki aramidler genellikle düşük-sıcaklık polikondenzasyon reaksiyonu ile p-fenilendiamin ile (PPD) tereftaloilchlorür'den (TCI) elde edilmektedirler. Ayrıca tereftalik asit ve p-fenilendiamin'in polikondenzasyonu ile de elde edilebilir. Normal para-aramid liflerinin yanı sıra, üretimleri esnasında komonomer kullanılan aromatik kopoliamidler de mevcuttur. Tam ya da kısmi aromatik kopoliamidler, alkil grupları veya diğer çiklik ve heteroçiklik gruplar içerebilmektedirler. Bunlardan en önemlisi Teijin tarafından geliştirilen Technora®'dır (Tarakçioğlu ve ark. 2007).

Aramid liflerinin lif çekim çözeltileri sıvı kristalin yapısı göstermektedirler. Lif üretiminin ilk adımı % 100'lük sülfürik asit ile hazırlanan lif çekim çözeltisinin 80°C'a ısıtılmasıdır. Bu sıcaklıkta, ağırlıkça %10 civarındaki polimer konsantrasyonunun üzerindeki konsantrasyonlarda çözelti sıvı kristalin faza tekabül etmektedir. Çubuk-benzeri polimerler rijit olduklarından, kendilerini birbirlerine göre oryante etmektedirler. Burada β, normale göre oryantasyon açısıdır (Tarakçioğlu ve ark. 2007).

Nomex, Conex gibi metaaramid lifleri sıkça kullanılmakta olup özellikle itfaiyecilik ile ilgili alanlarda, yün gibi malzemelerin yerini tutmaktadır.

Aramidlerin ana polimerlerinin en önemlileri şunlardır:

1. Poli-m-fenilenizoflamlid (MPIA), meta tipi liflerin üretiminde kullanılır.
2. Poli-p-fenilen-taraftalamid (PPTA), para tipi liflerin üretimde kullanılır.
3. Poli-p-fenilen 3,4-difenilent para tipi kopolimer liflerin üretiminde kullanılır (Güla 2004).

2.6.2.2. Poliamid-imid Lifleri

Rhone-Poulenc firması tarafından piyasaya sunulan ve Kermel olarak bilinen poliamidimid lifi, sadece diğer lifler ile karışım halinde kullanılması tavsiye edilen yüksek performanslı bir liftir. % 50 Kermel / % 50 güç tutuşur viskoz rayonu karışımı, petro-kimya endüstrisinde ve itfaiyeci üniformalarında koruyucu lif olarak kullanılır. Kermel liflerin hafifliği, yumuşak tutumu ve teri vücuttan dışarı atabilme kabiliyeti önemli özellikleri arasındadır. Kimyasallara karşı direnci iyidir. LOI değeri 32' dir (Özcan 2002).

Nomex liflerine benzeyen, Kermel liflerinin diğer liflerle ile karışımları da yüksek LOI değerleri vermektedir. Kermel liflerinin değişik kumaş yapılarındaki LOI değerleri Çizelge 2.6.'da görülmektedir.

Çizelge 2.6. Kumaş kütlesinin, lif ve karışım oranının LOI'ye etkisi

Karışım	Kumaş Kütlesi (g/m ²)	LOI
% 100 Güç Tutuşur Viskoz	250	29.4
	250	32.8
% 100 Kermel	190	31.3
	145	28.7
% 50 Kermel- % 50 Güç Tutuşur Viskoz	255	32.1
	205	29.9

KAYNAK : (Cireli 2000)

2.6.2.3.FR Viskoz Lifleri

FR Viskoz çekim öncesinde eriyik içine güç tutuşurluk sağlayan aditifler ve dolguların ilavesi ile elde edilir. Halojen, azot ve fosfor bileşikleri içeren birçok aditifler ile viskoz lifleri güç tutuşur yapılabilir (Cireli 2000).

Viskoz lifinin güç tutuşurluk işlemi için; halojen, azot ve fosfor içeren maddelerin her biri kullanılabilir. Viskoz lifleri, lif çekim banyosuna uygun bir maddenin

katılmasıyla güç tutuşur yapılabilir. Viskozun yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk işlemi için en etkili olanın fosfazen türevleri olduğu bulunmuştur (Balcı 2006).

2.6.2.4. FR Pamuk Lifleri

Pamuk için kullanılan güç tutuşurluk maddeleri, katı fazlı etki göstermektedir. Selülozik liflerin yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk işlemleri, fosfonyum bileşikleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu işlemde iki çeşit fosfor içeren madde kullanılmaktadır:

- Yüksek oranda çapraz bağlı polimerik reçineler
- Selülozla kovalent bağ oluşturan reaktif kimyasallar (Kutlu 2002).

2.6.2.5. Karbon Lifler

Karbon lifler, kimyasal içerikleri nedeniyle neme ve pek çok kimyasala karşı dirençlidir. Yüksek ısı ve elektrik iletimine sahiptirler. Son derece sağlam, aşınma ve ateşe karşı dayanıklıdır. Oldukça hafif ağırlıkta, anti-statik ve anti-stres özelliklere sahip olan karbon lifler, diğer liflerle birlikte de kullanıma uygundur (Uçar 2006).

Karbon lifler, askeri alanda yanması geciktirilmiş kumaşlarda “iletken elyaf” olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Uçuş tulumlarında kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşların içeriğinde %2-5 oranında bulunabilirler. İletken elyaf olarak kullanılmalarıyla birlikte, uçak içerisinde kumaş üzerindeki statik elektriklenmeden kaynaklanan elektriksel yük boşalmalarının ve kıvılcım atlamalarının önüne geçilmiş olur. Bu sayede, elektronik sistemlerin zarar görmesini engeller.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, pilotların uçuş esnasında giydikleri uçuş tulumlarında kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşların konfor özelliklerinin araştırılması amacıyla farklı parametrelere sahip materyallerle deneyler yapılmıştır. Çizelge 3.1.'de çalışmada kullanılan kumaşlar ve özellikleri, Şekil 3.1.'de ise yanması geciktirilmiş kumaştan yapılmış uçuş tulumu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaşlar ve özellikleri

Kumaş Kodu	Malzeme Cinsi	Doku	Metrekare Ağırlığı (g/m ²)	Sıklık	
				Çözü (adet/cm)	Atkı (adet/cm)
1	% 93 Meta-aramid % 5 Para-aramid % 2 İletken elyaf	2/1 Dimi	200	29	23
2	% 50 Meta-aramid % 50 Viskon FR	Bezayağı	145	28	25
3	% 98 Meta-aramid % 2 İletken elyaf	Bezayağı	150	25	21
4	% 50 Meta-aramid % 50 Viskon FR	2/1 Dimi	170	23	22
5	% 100 Aramid	Bezayağı	145	24	20
6	% 93 Meta-aramid % 5 Para-aramid % 2 İletken elyaf	Bezayağı	150	28	21
7	% 93 Meta-aramid % 5 Para-aramid % 2 İletken elyaf	Bezayağı	155	22	19



Şekil 3.1. Yanması geciktirilmiş kumaştan yapılmış uçuş tulumu

Bu çalışmada kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşlara belirli bir apre işlemi uygulandıktan sonra testler gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar ilk olarak; 80 g/lit Florokarbon ve 10 g/lit İzopropil Alkol içeren apre reçetesine göre işleme tabi tutulmuşlardır. Burada, pH: 5-5,5 aralığındadır. Apre uygulanan kumaşlar, 1 dakika boyunca 120°C’de kurutmaya maruz bırakılmışlardır. Ardından 170°C’de 1 dakika fikse yapılmıştır. Kumaşlara en son olarak da sanfor işlemi uygulanmıştır.

3.2. Yöntem

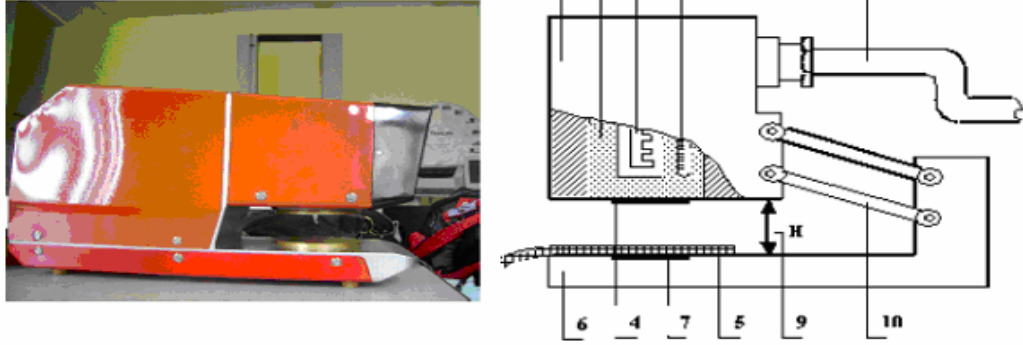
3.2.1. Termal Konfor Parametrelerinin Ölçülmesi

Termal konfor parametreleri “Alambeta” isimli bir cihazla ölçülmektedir. Alambeta cihazı, insan derisini simule eden termal karakteristik ölçüm cihazı olarak adlandırılmaktadır. Tekstil yüzeylerinin geçici ve durağan termofizyolojik özelliklerini

(termal yalıtım ve termal temas özellikleri) ölçmektedir. Cihaz, ölçümlerin istatistik analizini yapabilmekte ve sonuçları seri bağlanmış bilgisayara aktarabilmektedir.

Bu cihaz, ısı iletkenlik, ısı ısoğurganlık, ısı direnç ve örnek kalınlığı gibi ısı özelliklerin ölçülmesine olanak sağlamaktadır. Alambeta cihazı temelde kuru insan derisini taklit etmektedir ve prensibi, alt ölçüm plakası (22°C) ile ölçüm başlığı (32°C) arasındaki sıcaklık farklılığından dolayı test edilen kumaş içerisinde geçen ısı akımının zamana bağlı matematiksel işlemlerle belirlenmesine dayanmaktadır. Numune yerleştirildiğinde, ölçüm kafası aşağıya inmekte, kumaşa temas etmekte ve ısı akış seviyesi bilgisayarda işlenmekte ve ölçülen numunenin termofizyolojik özellikleri değerlendirilmektedir. Ölçüm sadece birkaç dakika sürmektedir. Böylece, ölçüm sırasında numune nemi neredeyse sabit kaldığından ıslak kumaşların güvenilir ölçümü mümkün olmaktadır.

Cihazın fotoğrafı ve basitçe çizilmiş kısımları Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Cihaz genel olarak bir ölçüm kafası ile numunenin üzerine yerleştirildiği bir tabandan oluşmaktadır. Ölçüm kafası (1), bir elektrikli ısıtıcı (3) vasıtasıyla insan deri sıcaklığını simüle etmek için 32 °C'ye ısıtılmış metal bir bloğu (2) içerir. Sıcaklık, regülatöre bağlı termometre (8) ile kontrol edilir. Isıtılmış bloğun alt kısmı ise direkt ısı akış sensörüyle (4) donatılmıştır. Bu sensör 0,2 mm inceliğinde yapılmıştır ve farklı bir sıcaklıkla temas ettiği anda 0,2 saniye içinde maksimum ısı akışına ulaşır. Buda yaklaşık 0,5 mm kalınlığındaki insan derisini simüle etmektedir. Teste başlamadan önce kafa belirli bir H yüksekliğinde korunur ve tekstil materyali (5) cihazın tabanı (6) üzerindeki plakaya (7) yerleştirilir. Kol mekanizmaları (10) ölçüm kafasının doğru hareket etmesini temin eder. 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 bilgisayarı ısı akış kursunu kaydeder. Aynı zamanda bir fotoelektrik sensör numune kalınlığını ölçer. Bu prosedür, insan parmağının oda sıcaklığındaki bir kumaşa dokunması işlemine benzerdir. Aynı zamanda cihazda; ter akışını simüle eden bir ıslatılmış tekstil ara yüzeyi (9) ve bağlantı boruları (11) da mevcuttur. Alambeta cihazının önden görünüşü Şekil 3.3.'te verilmektedir.



Şekil 3.2. Alambeta cihazının fotoğrafı ve kısımlarını gösteren kesit şekli



Şekil 3.3. Alambeta cihazının önden görünüşü

Alambeta cihazında gerçek kullanım şartları simule edilmiş ve bu nedenle cihazın kafa sıcaklığı, cilt sıcaklığı olan 32°C , kumaş sıcaklığı ise oda sıcaklığı olarak kabul edilen 22°C olarak alınmıştır. Ölçüm işleminin ardından, tüm veriler bilgisayarda bu amaçla hazırlanmış bir programa verilmektedir. Bu program, kısa sıcaklık değişimleri üzerine bir matematik model karakterize eder (Hes 2000). Kumaşların sıcak soğuk

hissini belirleyen parametre olan ısıl soğurganlık daha önceleri subjektif olarak değerlendirilirken, Alambeta cihazı ile objektif olarak ölçülebilmektedir.

Alambeta ile ölçülebilen kumaş parametreleri ve ölçüm aralıkları şu şekilde sıralanabilir:

λ : Termal (ısı) iletkenlik 0,010 -2,0 W/m.K

a: Termal difüzyon (m^2/s)

b: Termal absorbtivite 10 -1000 $Ws^{1/2}/m^2K$

h: Kalınlık 0,1 -20 mm

P:ısı akış yoğunluk oranı (q_{max}/q_s)

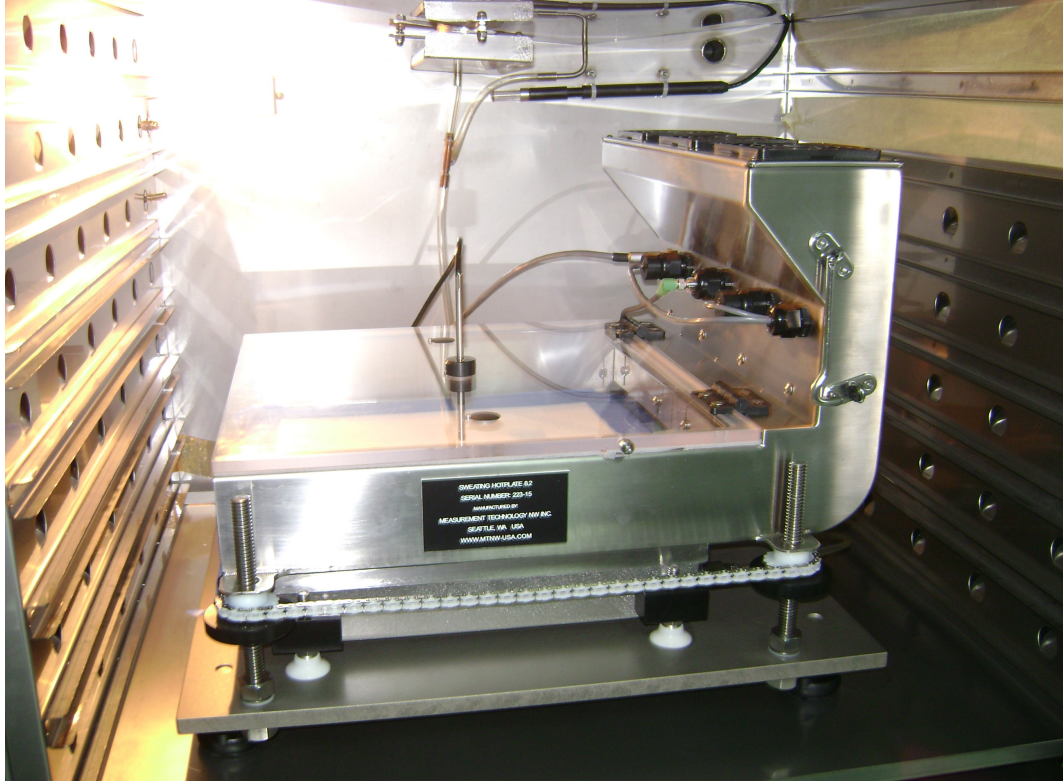
r: Termal direnç 0,005 – 1,0 Km^2/W

q: Isı akış yoğunluğu (q_{max}) (W/m^2)

b_{nem} : Nem absorbtivitesi ($Ws^{1/2}/m^2K$) (Kumaşın nemli haldeki termal absorbtivite ölçümü)

3.2.2. Su Buharı Direnci ve Su Buharı Geçirgenliğinin Ölçümü

Kumaşların su buharına karşı direnci ve su buharı geçirgenliğinin ölçümü MTNW SWEATING HOT PLATE cihazında yapılmıştır. Bu cihazda insan teni simule edilmekte, su buharı direnci ve geçirgenliği ölçülmektedir. Şekil 3.4.'te MTNW SWEATING HOT PLATE su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil 3.4. MTNW SWEATING HOT PLATE su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı

Ölçümler TS EN 31092 standardına göre yapılmıştır. Bu standart, buğuya karşı korunmuş kızgın plaka yöntemini içermektedir. Deneyi gerçekleştirebilmek için yaklaşık 30 cm X 30 cm boyutlarında numune gereklidir. Ölçümlerde cihaz parametreleri; ölçme ünitesinin sıcaklığı 35°C, hava sıcaklığı 35°C, % 40 bağıl nem ve 1 m/sn hava hızı gibi değerlere ayarlanmıştır. Direncin tayini için deney parçasından geçen ısı akışının kararlı duruma ulaşması beklenir. Cihazın çalışma prensibi alt plaka ısısının deri sıcaklığına üst plakanın da hava sıcaklığına eşitlenmesi ve aradaki ısı geçişinin bulunması şeklinde açıklanabilir.

Ölçüm için, elektrikle ısıtılan delikli bir plaka, su buharı geçirgenliği olan ancak sıvı haldeki suyu geçirmeyen bir membran ile kaplanır. Isıtılan plakaya beslenen su buharlaşır ve membrandan su buharı olarak geçer. Böylece deney parçasında sıvı halde su kalmaz. Membran üzerine yerleştirilmiş deney parçası ile plaka üzerinde sabit bir sıcaklığı muhafaza etmek için gerekli ısı akışı, su buharlaşması oranının bir ölçüsüdür ve buradan deney parçasının su buharı direnci tayin edilir.

Cihazdan elde edilen veriler; su buharı direnci (R_{et}) ve kumaştan geçen ısı akış miktarı (q)'dır. Bu veriler ışığında, kumaşların nefes alabilirliği değerlendirilmiştir.

Bağıl su buharı geçirgenliğini tespit edebilmek için, ilk önce numune olmadan bir ölçüm yapılır ve bu durumdaki ısı akış değeri (q_o) bulunur. Daha sonra, numune ile ölçüm yapılarak ısı kaybı miktarı (q_s) bulunur. Bu durumda bağıl su buharı geçirgenliği;

$$\% p = (q_s/q_o).100 \quad (3.1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada;

p: Bağıl su buharı geçirgenlik değeri (%)

q_s : Numune ile ısı akış değeri (W/m^2)

q_o : Numune olmadan su buharı geçirgenliği değeridir (W/m^2)

3.2.3. Hava Geçirgenliği Ölçümü

Kumaşların hava geçirgenliği ölçümleri Branca hava geçirgenliği ölçüm cihazında yapılmıştır. Cihazda, numuneye bir kompresör vasıtasıyla hava akışı sağlanır ve dijital ekrandan hava geçirgenlik değeri okunur.

Kumaşların hava geçirgenliği ölçümleri, TS 391 EN ISO 9237 no'lu Türk Standardına göre Şekil 3.5.'te görülen Branca hava geçirgenlik ölçüm cihazında yapılmıştır. Cihazda kumaş, dairesel numune tutucunun (test kafası) arasına yerleştirilmekte ve kompresörden gelen havanın kumaşın içinden geçmesi sağlanmaktadır. Kumaşa uygun hava basıncı cihaz üzerindeki dijital ekrandan ayarlanmaktadır.



Şekil 3.5. Branca hava geçirgenliği ölçüm cihazı

Bu çalışmada, deney yüzey alanı (dairesel numune tutucu) 20 cm^2 ve basınç düşmesi 100 Pa olarak seçilmiştir. Test sonuçları mm/sn cinsinden alınmaktadır. Her bir numune için 4 farklı ölçüm yapılmıştır.

3.2.4. Kılcallık Ölçümü

Kumaşların kılcallık özellikleri, DIN 53924 standardı esas alınarak numunenin su haznesine daldırıldığı durumda suyun kumaş içinde katettiği mesafenin belirli süreler sonunda ölçülmesi ile belirlenmiştir. Kılcallık düzeneği, distile su haznesi (beher) ve kumaş numunesinin distile su içine daldırılmasının temin eden destekten oluşmaktadır. Kâğıt kısıkaçı ($\approx 0.679 \text{ gr}$), kumaş numunesinin düz durmasını temin edecek ağırlık vazifesi görür. Kumaş numunesinin su haznesine dikey olarak daldırıldığı durumda alınan ölçümler dikey kılcallık, yatay durumda iken alınan ölçümler yatay kılcallık değerleri olarak tanımlanmıştır.

Kılcallık düzeneğinde, 2,5 x 20 cm. (1 x 8 inch) boyutlarındaki kumaş numunesi dalma derinliği 10 mm. olacak şekilde distile suya daldırılmış; kumaş boyunca suyun ilerlediği mesafe 2, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakika sonrasında bir cetvel vasıtasıyla ölçülmüş ve sonuçlar milimetre cinsinden kaydedilmiştir. Her kumaş numunesinden dikey ve yatay yönde 3 ölçüm alınmıştır. Dikey ve yatay yönde kılcallık ölçümleri, günlük giyim şartlarına tam uygunluk sergilemesi amacıyla yapılmıştır. Çünkü suyun (terin) giysilerde hareketi dikey ve yatay yönde olabilir. Her iki yönde yapılan ölçümler, sıvı suyun kumaşlardaki hareketine yerçekiminin etkisini açığa çıkartacaktır.

3.2.5. Kumaş Gramajı Ölçümü

Kumaş gramajı TS 251 no'lu Türk Standardına göre ölçülmüştür. Dairesel numune kesici ile kesilen numuneler hassas terazide tartılmış; kumaşların birim alanlarının ağırlıkları hesaplanarak gramaj değerleri belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Termal konfor testleri, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi'nde; su buharı direnci, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği testleri ise Teknoteks Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

4.1. Termal Konfor Testi Ölçüm Sonuçları

Termal özellikler “Alambeta” cihazı ile ölçülmüştür. Bu cihazda, kumaşların ısı iletkenlik, ısı soğurganlık, ısı direnç ve kalınlık değerleri ölçülmüştür. Çizelge 4.1.'de kumaşların termal konfor testi sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4.1. Kumaşların termal konfor testi ölçüm sonuçları

Numune Kodu	Isıl İletkenlik (W/ m K)	Isıl Soğurganlık (W s ^{1/2} / m ² K)	Isıl Direnç (m ² K / W)	Kalınlık (m)
1	0,04109	137,33	0,01443	0,00059
2	0,04105	158,10	0,01069	0,00044
3	0,03921	124,57	0,01406	0,00055
4	0,04022	132,00	0,01636	0,00066
5	0,04221	142,30	0,01143	0,00048
6	0,04073	124,00	0,01485	0,00060
7	0,04955	178,33	0,00783	0,00039

4.2. Su Buharı Direnci Ölçüm Sonuçları

Kumaşların su buharı direnci ölçümleri MTNW Sweating Hot Plate cihazında yapılmıştır. Çizelge 4.2.'de kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4.2. Kumaşların su buharı direnci ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	R_{et} ($m^2 Pa / W$)		
	Ölçüm-1	Ölçüm-2	Ortalama
1	15,0082	15,2527	15,1305
2	13,1519	13,3173	13,2346
3	12,1318	12,3025	12,2172
4	13,6680	14,5764	14,1222
5	13,5454	14,6718	14,1086
6	11,4964	12,5388	12,0176
7	12,5741	11,9647	12,2694

4.3. Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

Kumaşların su buharı geçirgenliği ölçümleri MTNW Sweating Hot Plate cihazında yapılmıştır. Çizelge 4.3.'te kumaşların ısı akış miktarları, Çizelge 4.4.'te ise ısı akış miktarı değerlerinden faydalanılarak elde edilen su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4.3. Kumaşların ısı akış miktarı ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Isı Akış Miktarı (W/m^2)		
	Ölçüm-1	Ölçüm-2	Ortalama
1	224,03	185,17	204,6
2	253,72	254,89	254,305
3	278,15	267,66	272,905
4	246,98	204,22	225,6
5	248,17	237,36	242,765
6	292,55	204,32	248,435
7	267,24	275,44	271,34

q_0 : $358,22 W/m^2$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Kumaşların su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	% Su Buharı Geçirgenliği		
	Ölçüm-1	Ölçüm-2	Ortalama
1	62,53	51,69	57,11
2	70,82	71,15	70,99
3	77,64	74,71	76,18
4	68,94	57,01	62,97
5	69,27	66,26	67,76
6	81,66	57,03	69,35
7	74,60	76,89	75,74

4.4. Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

Kumaşların hava geçirgenlikleri Branca cihazında ölçülmüştür. Çizelge 4.5.'te kumaşların hava geçirgenlik ölçüm sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4.5. Kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Hava Geçirgenliği (mm/sn)				
	Ölçüm-1	Ölçüm-2	Ölçüm-3	Ölçüm-4	Ortalama
1	128,0	137,6	137,3	138,8	135,425
2	534,1	554,9	553,0	501,5	535,875
3	453,3	515,4	490,6	466,4	481,425
4	319,2	330,4	423,0	336,9	352,375
5	322,7	316,4	309,7	294,8	310,9
6	334,8	407,4	380,2	338,2	365,15
7	576,7	684,9	657,8	544,0	615,85

4.5. Kılcallık Ölçüm Sonuçları

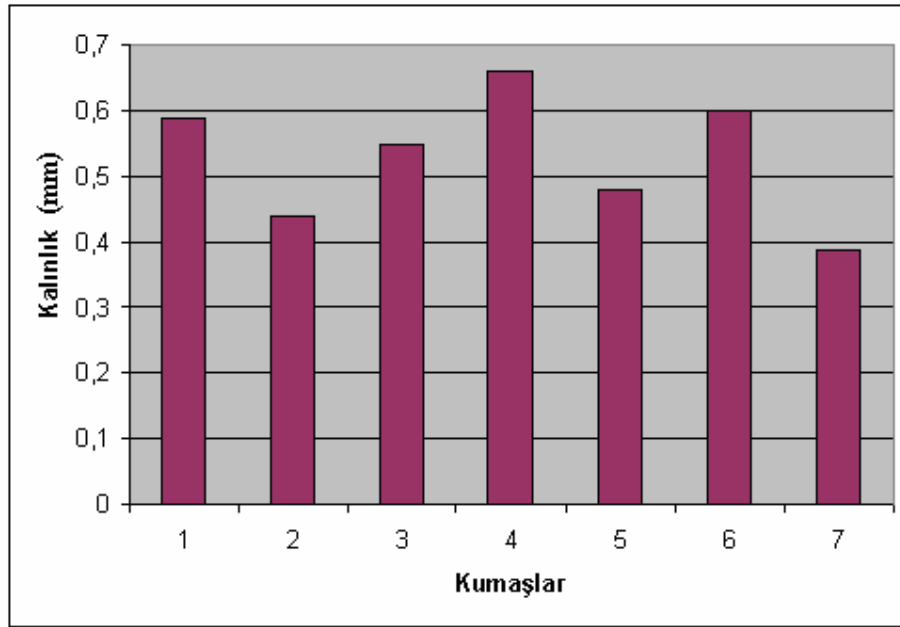
Kumaşlara hem dikey hem de yatay yönde kılcallık testi uygulanmıştır. 2, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakika sonunda kumaş numunelerinde sıvı ilerlemesi olup olmadığı kontrol edilmiştir. Test sonucunda, 30 dakika sonunda dahi hiçbir kumaş numunesinde sıvı ilerlemesi gözlenmemiştir. Yalnızca, 2 ve 4 numaralı kumaş numunelerinde suyun içerisinde kalan kısımlarında az miktarda ıslanma gözlenmiştir.

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Tartışma

Bu çalışmada; termal konfor, su buharı direnci, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve kılcallık ölçümleri yapılmış ve değerlendirilmiştir. Bu ölçümler, yanması geciktirilmiş kumaşların konfor özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak açısından yarar sağlamıştır. Elde edilen veriler Excel programında grafik haline getirilerek karşılaştırılmıştır. Ayrıca, çoklu ölçüm yapılabilen testler için varyans analizi yapılmıştır.

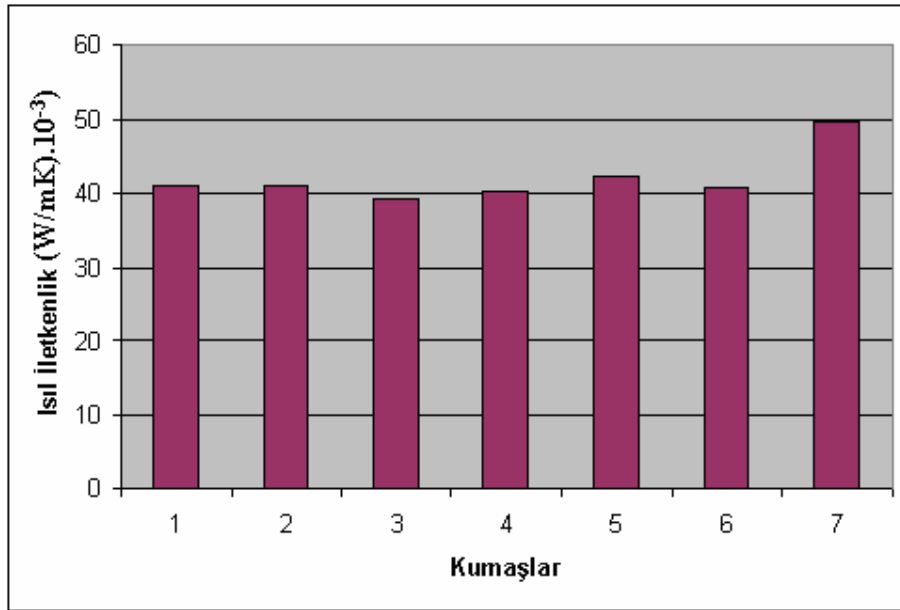
Bu çalışmada yapılan ölçümler sonucunda, kumaşların test edilen özelliklerine etki eden parametrelerin başında kalınlık gelmektedir. Kalınlıklarına göre kumaşları gösteren grafik Şekil 5.1.'de verilmektedir.



Şekil 5.1. Kumaşların kalınlık grafiği

5.1.1. Kumaşların Isıl İletkenlik (λ) Değerlerinin Karşılaştırılması

Kumaşların ısı iletkenliklerini gösteren grafik Şekil 5.2.'de verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi ısı iletkenliği en yüksek olan 7 numaralı kumaştır. 7 numaralı kumaş hem en düşük çözgü sıklığına hem de en düşük atkı sıklığına sahiptir. Bu da; gözenekli bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Kumaşın gözenekli olması nedeniyle de vücutta oluşan teri çok daha çabuk dışarıya atarak giysiyi giyen kişinin rahatsızlık hissini azaltır.

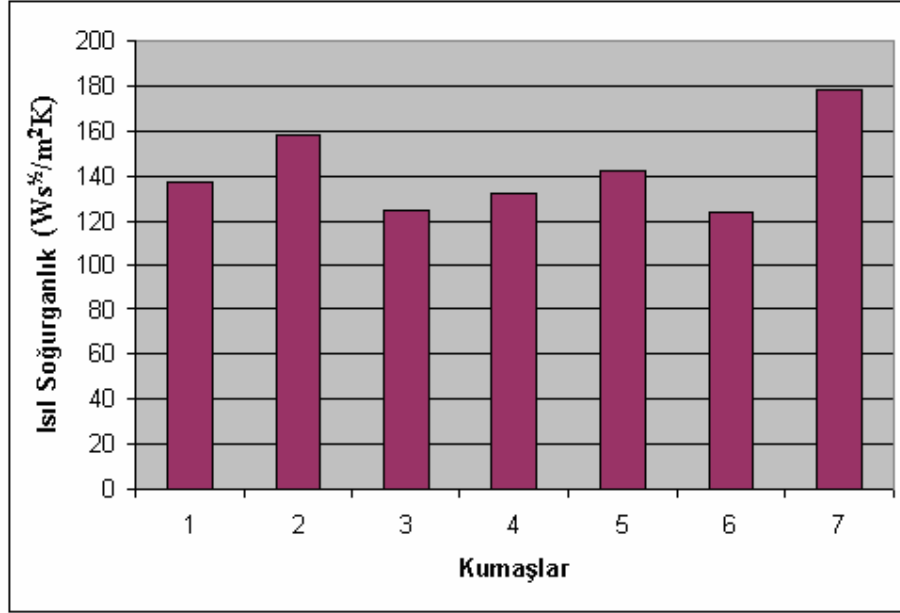


Şekil 5.2. Kumaşların ısı iletkenlik grafiğı

5.1.2. Kumaşların Isıl Soğurganlık (b) Değerlerinin Karşılaştırılması

Kumaşların ısı soğurganlık değerlerini gösteren grafik Şekil 5.3.'de verilmiştir. Isıl soğurganlık değeri düşük olan kumaşlar sıcaklık hissi verirken, yüksek olanlar serinlik hissi verirler. Burada; 7 numaralı kumaş en yüksek ısı soğurganlık değerine sahipken, 3, 4 ve 6 numaralı kumaşlar en düşük ısı soğurganlık değerlerine sahiptirler. Bunun başlıca sebebi kumaş kalınlığıdır. 7 numaralı kumaş en ince yapıya sahipken, diğerleri de kumaşlar arasında en kalınlarıdır.

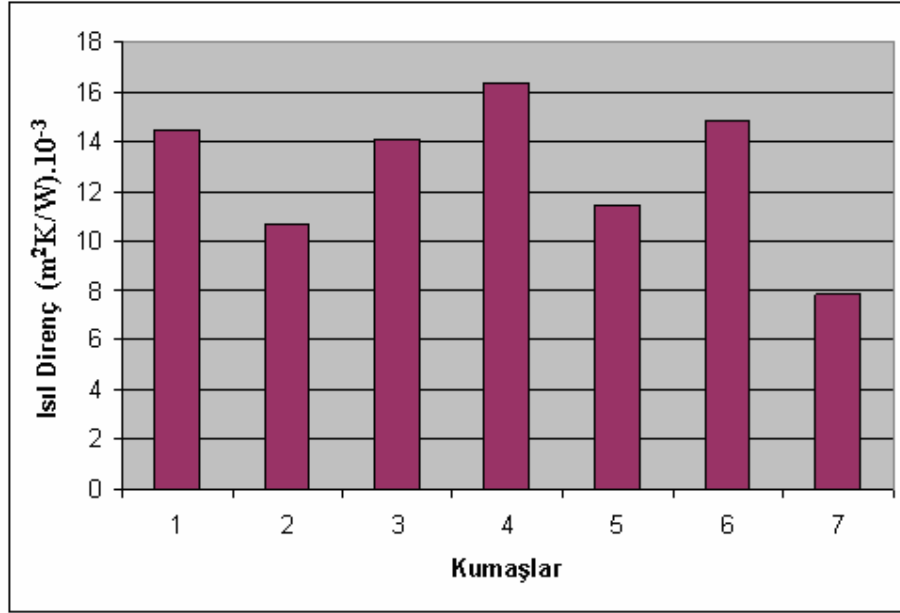
Sonuç olarak; 7 numaralı kumaş en yüksek ısı soğurganlık değeriyle sıcak ortamlarda giyen kişiye en serin hissi sağlayandır.



Şekil 5.3. Kumaşların ısı soğurganlık grafiği

5.1.3. Kumaşların Isıl Direnç (R) Değerlerinin Karşılaştırılması

Isıl direnç, kumaşların kalınlığıyla orantılı olarak değişkenlik göstermektedir. Kumaşların ısı dirençleri Şekil 5.4.'te karşılaştırılmıştır. Grafikten de anlaşılacağı gibi; 2, 5 ve 7 numaralı kumaşlar en düşük ısı direnç değerlerine sahiptirler. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında bu kumaşların ince yapıya sahip kumaşlar olduğu ortaya çıkmaktadır. En ince kumaş olan 7 numaralı kumaşın en düşük ısı dirence sahip olduğu, ısı direncin kalınlıkla doğru orantılı olarak değiştiğini göstermektedir.

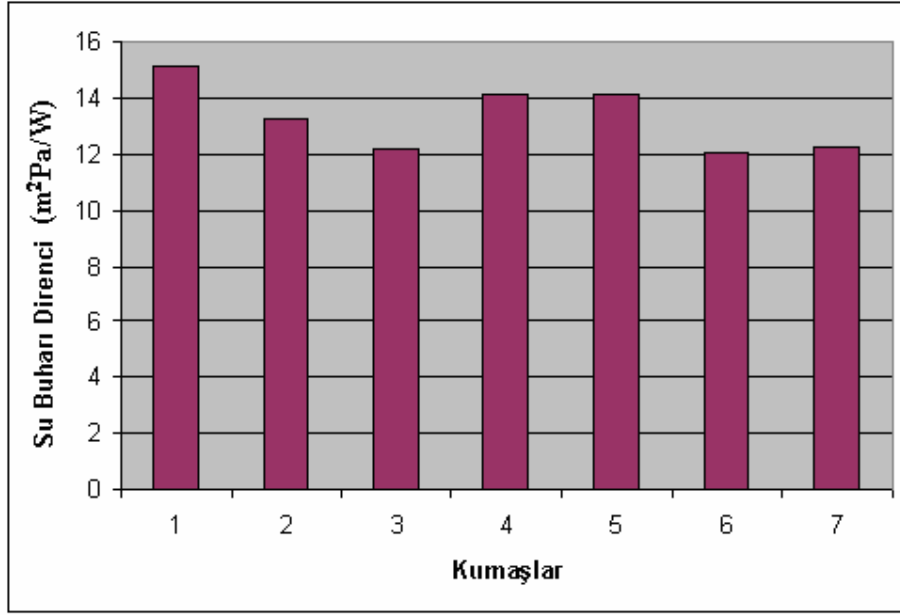


Şekil 5.4. Kumaşların ısı direnç grafiği

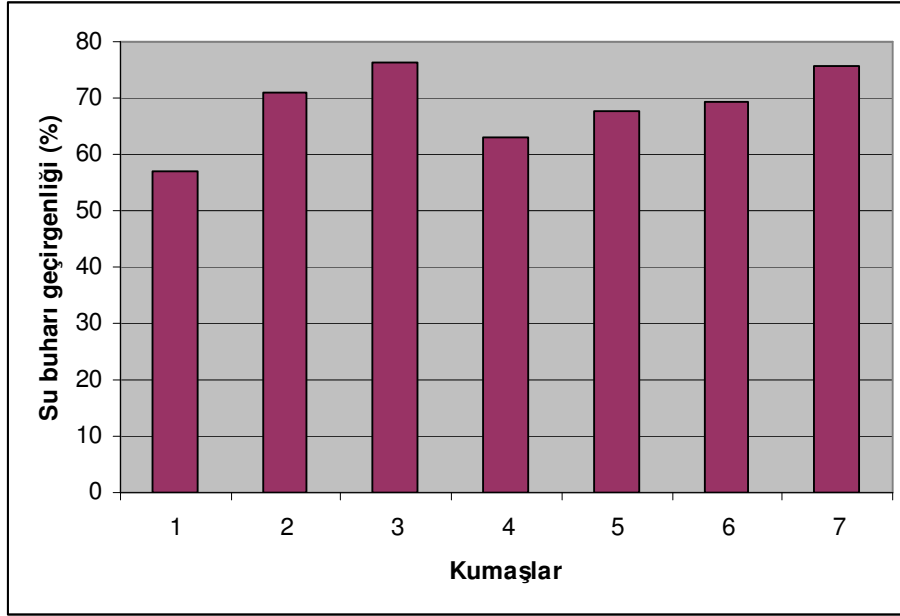
5.1.4. Kumaşların Su Buharı Direnci (R_{et}) ve Su Buharı Geçirgenliği Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5.5. ve 5.6.'da kumaşların su buharı direnci ve su buharı geçirgenliği değerlerini gösterir grafikler verilmiştir. Grafiklerden çıkan sonuca göre; su buharı direnci ve su buharı geçirgenliği kumaşın değişik parametrelerinden etkilenmektedir. Bunlardan başlıcaları; kalınlık ve gözenekliliktir. 1 numaralı kumaş numunesini ele alırsak; gramajı ve sıklık değerleriyle örtücülüğü en yüksek olan kumaştır. Ayrıca, bu duruma bir de kalınlığı eklersek kumaşın bir yüzeyinden diğer yüzeyine su buharının geçişi en alt seviyelerde olmaktadır.

Burada dikkati çeken bir diğer nokta da, direncin yüksek iken geçirgenliğin düşük oluşudur.



Şekil 5.5. Kumaşların su buharı direnci grafiği



Şekil 5.6. Kumaşların su buharı geçirgenliği grafiği

Çizelge 5.1.ve 5.2.'de kumaşların su buharı direnci ve su buharı geçirgenliğine ait varyans analizleri verilmektedir. Su buharı direncine ait varyans analizi değerlendirildiğinde; kumaş farklılığının direnç değerlerinde anlamlı farklar ortaya

çıkardığı sonucuna varmaktayız. Şekil 5.5.'teki grafikte birlikte değerlendirildiğinde ise; istisnai durumlar hariç su buharı direncinin yüksek olması kumaşın nefes alabilirliğini etkilediği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

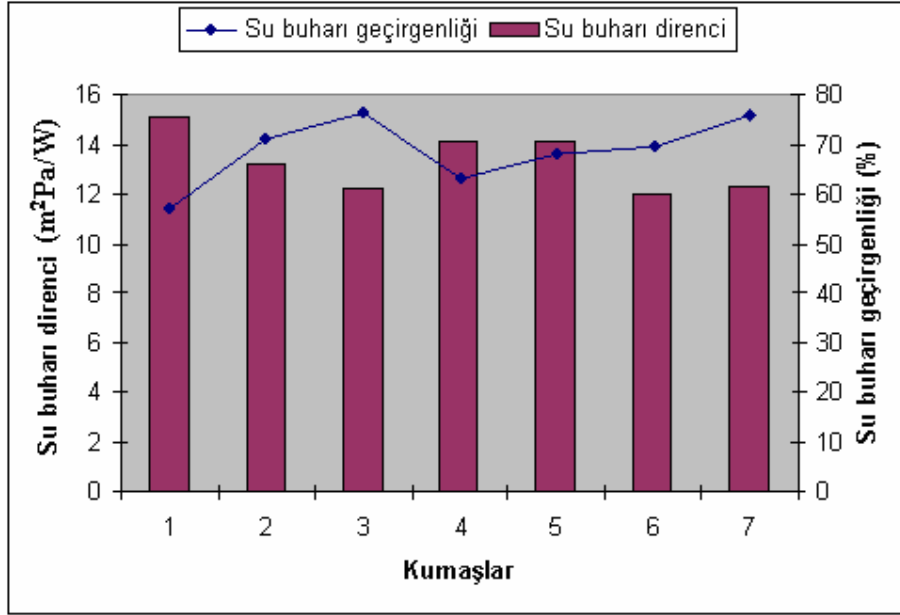
Su buharı geçirgenliğine ait varyans analizi değerlendirildiğinde; kumaş farklılıklarının sonuçlara anlamlı bir biçimde etki etmediği, su buharı geçirgenliğinin kumaşların yapısal farklılığından önemli ölçüde etkilenmediği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5.1. Kumaşların su buharı direncine ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _S	F _{TABLO}
Kumaş tipi	6	17,1275	2,8545	10,8991	3,87
Hata	7	1,8338	0,2619		
Toplam	13	18,9613			

Çizelge 5.2. Kumaşların su buharı geçirgenlik özelliğine ait varyans analizi

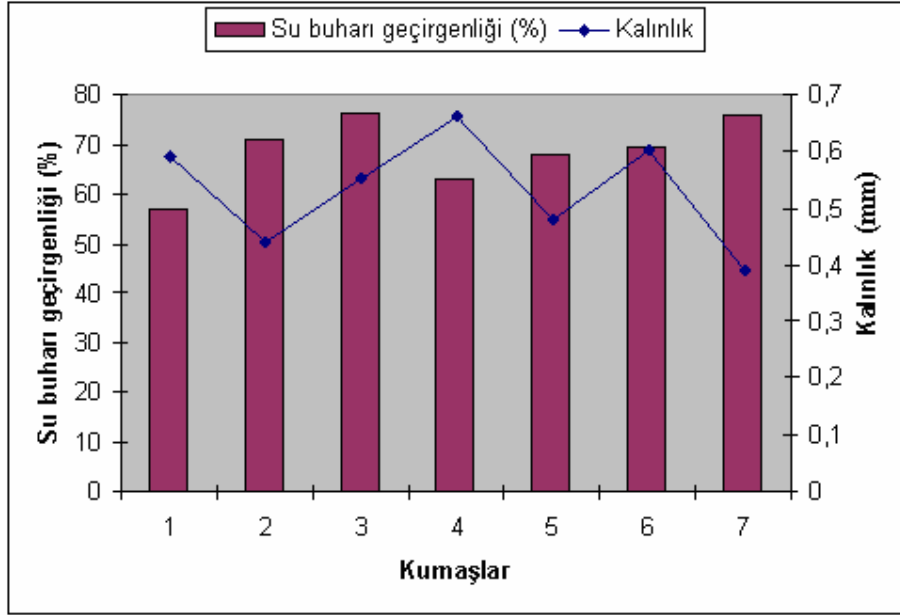
Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _S	F _{TABLO}
Kumaş tipi	6	558,0626	93,0104	1,4639	3,87
Hata	7	444,733	63,5332		
Toplam	13	1002,7956			



Şekil 5.7. Kumaşların su buharı geçirgenliği değerleriyle su buharı direnci (R_{et}) değerlerinin karşılaştırması

Şekil 5.7.'de görüldüğü üzere su buharı geçirgenliğinin en yüksek değere sahip olduğu kumaşlarda su buharı direnci en düşük değere sahiptir. Kumaşlar arasında bir değerlendirme yapılacak olursa su buharı geçirgenliği ile su buharı direnci ters orantılıdır denilebilir.

Kullanım açısından değerlendirildiği zaman; giysinin su buharı direncinin düşük, su buharı geçirgenliğinin yüksek olması tercih edilir. Bu durum vücutta oluşan terin kolaylıkla uzaklaştırılması için en ideal durumdur.

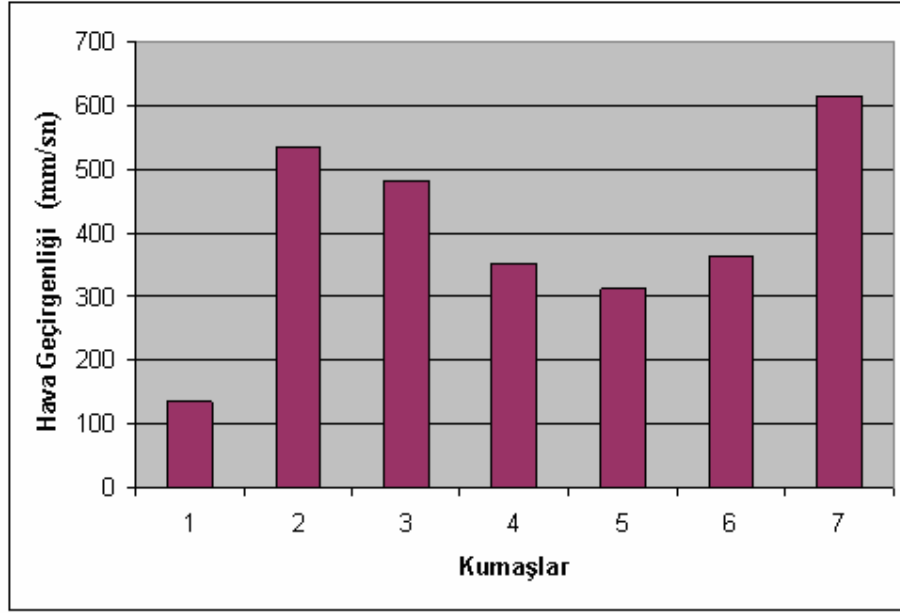


Şekil 5.8. Kumaşların su buharı geçirgenliği değerleriyle kalınlık değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.8.'de kumaş kalınlığının su buharı geçirgenliğine etkisi gösterilmektedir. Kumaş kalınlığı azaldıkça su buharı geçirgenliği önemli ölçüde artmaktadır. Bu da, nefes alabilirliği arttırarak vücutta oluşan terin kolaylıkla kumaşın diğer yüzeyine atılabilmesine olanak sağlamaktadır.

5.1.5. Kumaşların Hava Geçirgenliği Değerlerinin Karşılaştırılması

Kumaşların hava geçirgenlikleri Şekil 5.9.'da karşılaştırılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi 1 numaralı kumaş numunesinin hava geçirgenlik değeri tüm kumaşlar arasında en düşük değere sahiptir. Kumaşı oluşturan yapısal parametrelere bakıldığında sıklığın ve özellikle de gramajın bu durumda çok etkili olduğu görülmektedir. 1 numaralı kumaş 200 g/m² metrekare ağırlığıyla ve sıklık değerleriyle gözeneklilik bakımından en sık yapıya sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Gözeneklilik azaldığı için hava geçirgenlik değerleri de düşmektedir. Kumaşlardaki hava geçirgenliği özelliği için varyans analizi de Çizelge 5.3.'te verilmektedir.



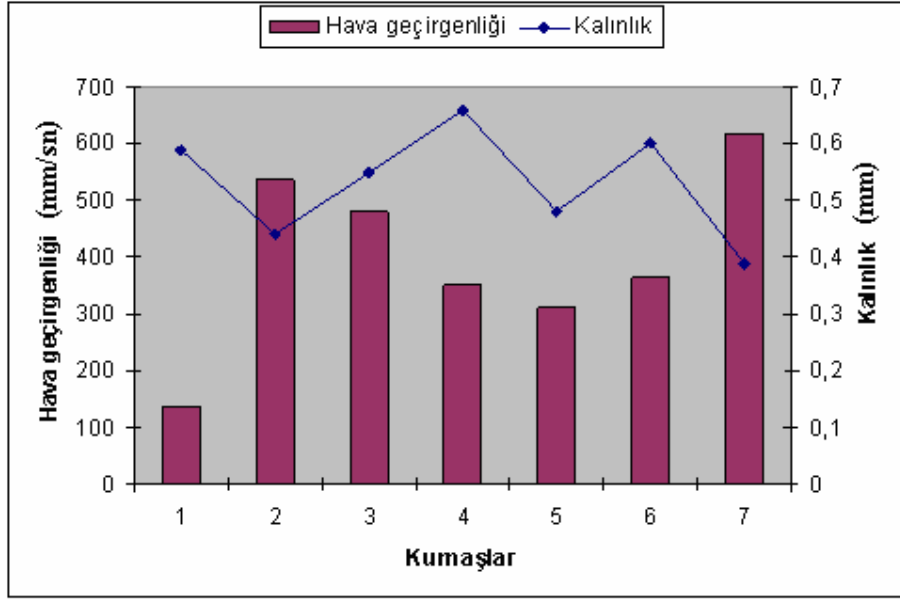
Şekil 5.9. Kumaşların hava geçirgenlik grafiği

Çizelge 5.3. Kumaşların hava geçirgenlik özelliğine ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	F _{TABLO}
Kumaş tipi	6	612413,5472	102068,9245	75,7593	2,575
Hata	21	28292,85	1347,2785		
Toplam	27	640706,972			

Genel olarak baktığımız zaman kumaşın hava geçirgenlik değerine etki eden parametreler arasında kalınlığı da sayabiliriz. Kumaşların hava geçirgenlik değerleriyle kalınlık değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.10.'da verilmektedir. Bu grafiğe göre; kalınlığın en yüksek olduğu değerlerde hava geçirgenliği en düşük değerlere sahiptir.

Özellikle, 7 numaralı kumaş numunesinde kalınlık en düşük değerine sahipken hava geçirgenliği de en yüksek değerine sahiptir. Bu da, kumaşın inceliğinden dolayı havanın kumaşın diğer tarafına etkisinin daha fazla hissettireceği anlamına gelmektedir. Bu durum, sıcak havalarda bir avantaj iken soğuk havalarda dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.10. Kumaşların hava geçirgenliği değerleriyle kalınlık değerlerinin karşılaştırılması

5.1.6. Kumaşların Kılcallık Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan testler sonucunda kumaşların aramid elyafı içermesinden dolayı kılcallık testlerine cevap veremediği ortaya çıkmıştır. Hiçbir kumaş numunesinde dakikalar boyunca sıvı ilerlemesi görülmemiştir. Bunun sebebi aramidin içerisine kolaylıkla nem hapsetmeyen bir lif oluşudur.

Ölçümlerde dikkati çeken bir diğer husus ise; 2 ve 4 numaralı kumaş numunelerinin sıvı içerisinde kalan kısımlarında hafif bir ıslanma gözlenmesidir. Bu durumun sebebinin ise, bu kumaşların içerisinde % 50 oranında viskon olmasıdır. Viskon, yapısı itibarıyla su tutabilen bir lif olduğu için aramide göre kat kat fazla nem çekme özelliğiyle bu durumun sebebi olarak gösterilebilir.

5.2. Sonuç

Bu çalışmada, uçuş tulumlarında kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşların konfor özelliklerini tespit edebilmek için testler yapılmıştır. Bu testler, konfor özelliklerinin objektif ölçümlere dayalı yöntemlerle belirlenmesi esasına dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Konfor özelliklerinin tayini için; kumaş parametrelerinin ısı iletkenlik, ısı soğurganlık, ısı direnç, su buharı direnci, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği değerlerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Elde edilen verilerden grafikler çıkartılarak ve analizler yapılarak incelemeler yapılmış ve kumaşlar arasındaki konfor özellikleri farklılıkları ortaya çıkartılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşlar her işletmenin kolaylıkla üretebileceği ve üzerinde değişik modifikasyonlar yapılabilecek kumaşlar değildir. Bunun sebebi de temelde aramid elyafına bağımlı olmasıdır. Aramid elyafı yurtiçinde üretilmemekte, yurtdışından sınırlı olarak temin edilmektedir. İplik ve kumaş oluşumları Türkiye’de yapılabilmektedir. Ancak, bu da yapısal özelliklerden dolayı bazı kumaş tipleriyle sınırlı kalmaktadır. Bu sebeple, seçilen kumaşlar birbirinden çok fazla farklılık göstermemektedirler. Kumaşlar arasındaki değişkenliği sağlamak için kumaşın bazı parametrelerinden yararlanılmıştır. Malzeme cinsi, doku, metrekafe ağırlığı, sıklık ve kalınlık kumaşları birbirinden ayırt edici unsurlardır.

Yapılan incelemeler göstermiştir ki; kumaş parametrelerinden bazıları konfor özellikleri üzerinde diğerlerine göre daha etkili olmuşlardır. Bunlar arasında, en önemlileri sıklık ve kalınlık olarak tespit edilmiştir.

Sıklık, kumaşın gözenekliliğine etki eden temel etmenlerden bir tanesidir. Kumaşlardan gerçekleşen ısı ve kütle transferinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Gözenekliliğin artması hem kumaştan gerçekleşen ısı transferini arttıracak, hem de hava ve su buharı geçirgenliğini yükseltecektir.

Kumaşın gözenekliliğine etki eden diğer etmenler de kumaşın dokusu ve gramajıdır. Bu çalışmada kullanılan kumaşlarda “bezayağı” ve “2/1 dimi” olmak üzere iki farklı

doku tipi mevcuttur. Doku tiplerini gözeneklilik bakımından karşılaştırdığımızda bezayağının, 2/1 dimi doku tipine göre daha sık bir yapıya sahip olması beklenir. Ancak burada gramaj da önemli bir faktördür. Yapılan çalışma sonucunda görülmüştür ki; 2/1 dimi kumaşlar bezayağı kumaşlara göre daha sık bir yapıya sahiptirler. Bu durumun nedeni gramajlarının fazlalığı ile açıklanabilir. Gramajın fazla olması da kumaşı oluşturan ipliklerin ve kumaşın kalınlığına dayanmaktadır.

Kalınlık da gözeneklilik gibi, ısı ve kütle transferi için önemlidir. Kalın bir kumaşa; ısı transferi az olacak, aynı zamanda hava ve su buharı geçirgenliği de azalacaktır.

Bu iki özellik birlikte düşünülecek olursa; bir kumaşın kullanım yerine göre sıklık ve kalınlık değerlerinden beklentiler değişkenlik gösterecektir. Soğuk ortamda giyilecek bir elbise için sıklık ve kalınlık fazla olmalı, sıcak ortamlar için ise seyrek bir yapıda ve ince bir kumaş tercih edilmelidir.

Uçuş tulumlarının kullanım yerleri incelendiğinde, çok soğuk ortamlarda kullanılmadığı görülmektedir. Kullanım yeri uçak kokpit ortamıdır. Kokpit, ya tek kişinin ancak sığabileceği kadar küçük bir alan olmakta ya da en fazla bunun 2-3 katı büyüklüğüne kadar olan bir alanı kaplamaktadır. Her iki durumda da, kokpit ortamı klimalı olduğundan dolayı giysinin kullanım koşullarını oda sıcaklığında bir ortam olarak tarif edebiliriz. Bu durumda tercih edilecek giysi kumaşının da, nispeten sıcak bir ortamda kullanılacağı göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Bu bilgiler ışığında, tercih edilecek kumaşa genel bir yaklaşımda bulunursak; kumaşın sıklığının ve kalınlığının düşük değerlerde olması beklenir.

Kumaşın bu parametrelerinin etkisinin, ortam koşullarında ne gibi değişik sonuçlar ortaya çıkarttığını gözlemleyebilmek için ise yapılan testlere ve sonuçlarına tek tek bakmak gerekmektedir.

Isıl iletkenlik değeri kumaşın gözenekliliğine bağlı olduğu için kumaş ne kadar seyrek bir yapıdaysa ısı iletkenlik o denli fazladır. Bu da, terin ve oluşan ısının çabuk bir şekilde dış ortama atılmasını sağlamaktadır.

Isıl soğurganlık ise, kumaşın giyen kişide bıraktığı hisle alakalıdır. Kumaşların kalınlıklarıyla ters orantılıdır. Yüksek ısı soğurganlık değeri, ısının vücut üzerinde kalmayıp hızlı bir şekilde dışarı transfer edildiğinin göstergesidir. Yüksek ısı soğurganlık değerine sahip kumaş kişiye en fazla serinlik hissi sağlayan kumaştır.

Isıl direnç, kumaşların kalınlıklarıyla doğru orantılı olarak değişen bir özelliktir. Kalınlık azaldıkça ısı direnç de azalır. Bu sayede vücutta oluşan fazla ısı birikmeyip dışarı atılır.

Su buharı direnci ile su buharı geçirgenliği birbirleriyle ters orantılı kavramlardır. Ancak birbirlerini tamamlayıcı unsurlardır. Konfor açısından en ideali su buharı direnci düşük su buharı geçirgenliği yüksek bir kumaş yapısıdır. Bu değerleri sağlayabilecek kumaşın da sıklığının ve kalınlığının düşük olması gerekmektedir. Böylelikle kumaşın nefes alabilirliği yüksek seviyelere çıkmaktadır. Bu sayede, oluşan ter iletim yoluyla hızlı bir şekilde dışarı transfer edilmektedir.

Hava geçirgenliği de kumaşların yine kalınlığı ve gözeneklilikleriyle bağlantılıdır. Sıklığı az olan bir kumaşın gözenekliliği fazla olacak bu sayede kumaşın her iki tarafına hava giriş çıkışı kolaylıkla gerçekleşebilecektir. Buna ilave olarak, kumaşın inceliği de havanın kumaş içerisinde aldığı yolu kısaltacağı için oluşan terin ve fazla ısının kumaştan dışarı atılabilmesi için iyi bir sirkülasyon ortamı oluşacaktır.

Sonuç olarak; kumaş tiplerine bakıldığında ısı iletkenlik değeri yüksek, yüksek ısı soğurganlık değerine sahip, ısı direnci düşük, su buharı direnci düşük, su buharı geçirgenlik değeri yüksek ve hava geçirgenlik değeri yüksek kumaşın konfor bakımından en iyi kumaş olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu bilgiler ışığında, çalışmada kullanılan kumaşların konfor değerlendirilmesi yapmak için objektif yöntemlerle yapılmış testlerin sonuçlarının esas alındığı bir skala oluşturulmuştur. Bu skalada test sonuçlarına göre, her bir kumaş numunesine her bir özellik için 1’den 7’ye kadar olan bir puan verilmiştir. Burada; 1 en düşük puanı, 7 de en yüksek puanı göstermektedir. Ölçülen parametrelerde konfor özellikleri bakımından en kötü sonuçları veren kumaşa “1” puan verilirken puanlar en iyi sonuçları veren kumaşa kadar kademeli olarak arttırılmıştır.

Çizelge 5.4. Kumaş Konforunu Değerlendirme Skalası

ÖLÇÜLEN ÖZELLİK	NUMUNE NO						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Kalınlık	3	6	4	1	5	2	7
Isıl İletkenlik	5	4	1	2	6	3	7
Isıl Soğurganlık	4	6	2	3	5	1	7
Isıl Direnç	3	6	4	1	5	2	7
Su Buharı Direnci	1	4	6	2	3	7	5
Su Buharı Geçirgenliği	1	5	7	2	3	4	6
Hava Geçirgenliği	1	6	5	3	2	4	7
TOPLAM	18	37	29	14	29	23	46

Değerlendirme skalasını incelediğimizde; 4 numaralı kumaş numunesi en düşük puanı alırken, 7 numaralı kumaş numunesi birçok özellikte en iyi performansı göstererek en yüksek puanı almıştır. Aynı zamanda, bu puanlama sistemi yukarıda sözünü ettiğimiz konforu oluşturan kumaş parametreleri hakkındaki tespitleri de doğru kılmaktadır.

Sonuç olarak; yapılan inceleme ve yorumlar doğrultusunda, 7 numaralı kumaş numunesinin yanması geciktirilmiş kumaşların kullanım amacına yönelik en ideal konfor şartlarını yerine getirebilecek özelliklere sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

BALCI, H. 2006. Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Adana

BARNES, J.C., B.V.HOLCOMBE 1996. Moisture Sorption and Transport in Clothing Wear. Textile Research Journal, 66(12): 777-786.

BAYRAMOĞLU, E.Ç. 2003. Lyocell ve Lyocell/Pamuk Karışımlarının Alev Etkeni Karşısındaki Davranışları. Marmara Üniversitesi Doktora Tezi, İstanbul

CİRELİ, A. 2000. Isıya ve Aleve Dayanıklı Koruyucu Giysiler. Tekstil & Teknik, Aralık, Sayı:191 sh:181-187.

CROCKFORD, G. W., (1988), The measurement of clothing air exchange and its role in clothing design, 1. B. Mekjavic, E. W. Banister, & J. B. Momson (Eds.), Environmental Ergonomics: Sustaining Human Performance in Harsh Environments (pp. 184-194). Philadelphia, PA: Taylor & Francis.

ÇİMŞİT, M. 1999. Makine Halılarının Alev Alma Özellikleri ve Yanmaya Karşı Gösterdikleri Direnç. İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

DAS, S., 2005, Comfort Characteristics of Apparel

FARNWORTH, B. 1983. Mechanisms of Heat Flow Through Clothing Insulation. Textile Research Journal, December:717-725.

FRYDRYCH, I., DZIWORSKO, G., BILSKA, 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, 40-44p.

GERALDES M.J., M.DE ARAUJO, L.HES 2001. High Performance Functional Knit Structures. Tecnitex 2001 Autex Conference. The University of Minho, Portugal:227-235.

GHALI, K., B.JONES, J.TRACY 1994. Experimental Techniques for Measuring Parameters Describing Wetting and Wicking in Fabrics. Textile Research Journal,64(2):106-111.

GÖK., T., 1995. Aramid Lifleri. Tekstil&Teknik Dergisi, Haziran, s28-32

GRABOWSKA, K.E. 2001. Personal Protection by Textiles in the Focus of Stabilisation Thermal Conditions. Texnitex 2001 Autex Conference. The University of Minho,Portugal:72-75.

GUANXIONG Q., YUAN Z. ve ZHONGWEI W., 1991, "Comfort in Knitted Fabrics", International Man-Made Fibres Congress Proceeding, Dornbirn, s: 112.

GÜLA, Ö.,2004. Yüksek Performanslı Lifler. Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, Adana

GÜNEŞOĞLU, S. 2005. Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özelliklerinin Araştırılması, Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi, Bursa

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. 2000. 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.,P OFFERMANN, I.DVORAKOVA. 2001.The Effect of underwear on Thermal Contact Feeling Caused by Dressing up and Wearing of Garments. Tecnitex 2001 Autex Conference.236-245 p.

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.

HES, L., 2004, Giysi Konforu Değerlendirilmesinin Pazarlama Hususları, 10. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, s: 152-157.

HOLCOMBE, B.V., N.HOSCHKE 1983. Dry Heat transfer Characteristics of Underwear Fabrics. Textile Research Journal, 53(3):368-374.

HOLLIES, N.R., L.FOURT 1970. Clothing Comfort and Function. Marcel Dekker Inc.New York, USA. 254p.

KADOLPH, S. J., Quality Assurance for Textiles and Apparel, IOWA State University, Fairchild Publications, 581 s., (1998), New York, USA.

KALAOğLU, F.1995.Giysi Konforunu Etkileyen Faktörler. Konfeksiyon Teknik, Ağustos:74-75.

KALIN, M.B. 2008. Tekstil Yüzeylelerinin Yanmaya Karşı Direnlerinin Arttırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş

KANAT, Z.E. 2007. Farklı İpliklerden Dokunan Kumaşların Konfor Özelliklerinin Karşılaştırılması, Ege Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İzmir

KAPLAN, S., A.OKUR. 2005. Kumaşların Geçirgenlik-İletkenlik Özelliklerinin Giysi termal konforu Üzerindeki Etkileri. Tekstil Maraton, Mart-Nisan:56-65.

KAYA Y. ve BAĞ O., 2003, Sportif Mamullerde Konfor Özellikleri, Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, 77 s.

KAYATÜRK, N., 2003. Florokarbon Esaslı Su, Yağ ve Kir İtici Apre Uygulamaları. ISTEK 2003, Uluslar arası Isparta Tekstil Kongresi, Isparta

KAYNAKLI, Ö., ATMACA D. ve KILIÇ M., 2005, Giysi Isıl Direnç Faktörünün İnsan Konforu Açısından Değerlendirilmesi, Mühendis ve Makina Dergisi, 46 (543), s: 20-28

KISSA, E.1996. Wetting and Wicking. Textile Research Journal,66(10):660-668.

KUTLU, B. 2002. Isıya Dayanıklı ve Isıdan Koruyucu Giysilerin Termal Analizi ve Performans Özellikleri. Dokuz Eylül Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İzmir

LI, Y.2001. The Science of Clothing Comfort. Textile Progress, The Textile Institute International, UK. 138p.

LYON, R.E. 2005. Flammability. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. John Wiley & Sons Inc.

MARMARALI A, KRETZSCHMAR S. D., ÖZDİL N, OĞLAĞÇIOĞLU N. G., 2006, Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler, Tekstil ve Konfeksiyon, 4: 241-246

MATUSIAK, M., 2006. Investigation of the Thermal Insulation Properties of Multilayer Textiles. Fibres&Textiles in Eastern Europe January / December, 14, 5(59), 98-102.

ÖZCAN, G., DAYIOĞLU, H., CANDAN, C. 2004. Tekstilde Güç Tutuşma Teknikleri. Tekstil & Teknik, Haziran, Sayı:233 sh:318-329

ÖZCAN, G., 2002. Örme Kumaş Yapısının Güç Tutuşma Özelliklerine Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora Tezi, İstanbul

ÖZCAN, G., DAYIOĞLU, H., CANDAN, C. 2002. Yumuşaticıların Örme Kumaşın Güç Tutuşurluk Özelliklerine Etkisi. İTÜ Mühendislik Dergisi Aralık, Cilt:1, Sayı:2 sh:99-106

SARKAR, R.K. 1994. Comfort Properties of Defence Clothings. Man-Made Textiles December:541-544.

SAVILLE, B. P., Physical Testing of Textiles, The Textile Institute Publications, 310 s., (2000), England.

TARAFDAR, N. 1995. Selection of Appropriate Clothing in Relation to Garment Comfort. Man-Made Textiles in India, January: 17-20.

TARAKÇIOĞLU, I., MECİT, D., ILGAZ, S., DURAN, D., BAŞAL, G., GÜLÜMSER, T. 2007 Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi Şubat

TOPRAKKAYA D., 1999 ,Termofizyolojik Açından Giyim Konforu, Tekstil ve Konfeksiyon, 5: 403-407

UÇAR, S. 2006. Teknik/Akıllı Tekstiller ve Tasarımda Kullanımları, Mimar Sinan Güel Sanatlar Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

UĞUR Ş.S., SİVRİ Ç., 2008. Tekstil Materyallerinde Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Metotlarının Karşılaştırılması, Teknolojik Araştırmalar, 2008 (3), 13-20

UTKUN, E. 2007. Farklı Model ve Dikim Özelliklerinin Giyim Konforuna Etkisi, Ege Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İzmir

WANG, Z. W., Heat and Moisture Transfer and Clothing Thermal Comfort, Doktora Tezi, The Hong Kong Polytechnic University, Institute of Textiles and Clothing, (2002), Hong Kong.

WANG, L.P., C.LI. 2005. A New Method for Measuring Dynamic Fabric Heat and Moisture Comfort. *Experimental Thermal and Fluid Science*.

WONG, K.K., X.M.TAO, C.W.M.YUEN, K.W.YEUNG. 2001. Wicking Properties of Linen Treated with Low Temperature Plasma. *Textile Research Journal*, 71(1):49-56.

YONENAGA, A. 2001. Kreatif Mühendislik, Aktif Spor ve Serbest zaman Giysi Tasarımlarına Yön Veriyor (Çeviri). *Tekstil Maraton Kasım-Aralık*:61-65.

YOO, H. S., Y. S. HU, E. A. KIM. 2000. Effects of Heat and Moisture Transport in Fabrics and Garments Determined with a Vertical Plate Sweating Skin Model. *Textile Research Journal*, 70 (6):542-549.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Tekirdağ'da tamamladıktan sonra, 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2004 yılında mezun olduktan ve askerlik hizmetini yerine getirdikten sonra 2005 yılından itibaren SANKO Tekstil İşletmeleri ve YÜNSA'da çalıştı. 2007 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca tez konusunun seğimi, çalıőmaların yönlendirilmesi ve tezin sonuçlandırılması konusunda destek olan, değerli yardım ve katkılarını esirgemeyen danıőmanım ve kıymetli hocam Prof.Dr. Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve tezimin her aőamasında beni destekleyen ve yalnız bırakmayan eőim őehnaz KARALOMLU'ya sonsuz sevgilerimi sunarım.