

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERLİT İÇEREN FONKSİYONEL BİR TEKSTİL
ÜRÜNÜNÜN TASARIMI

Bahar TİBER

Kasım, 2011

İZMİR

PERLİT İÇEREN FONKSİYONEL BİR TEKSTİL ÜRÜNÜNÜN TASARIMI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bahar TİBER

Kasım, 2011

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

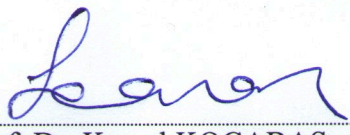
BAHAR TİBER, tarafından **PROF. DR. GÜLSEREN KURUMER** yönetiminde hazırlanan **“PERLİT İÇEREN FONKSİYONEL BİR TEKSTİL ÜRÜNÜNÜN TASARIMI”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Gülseren KURUMER

Yönetici


Prof. Dr. A. Merih SARIİŞİK

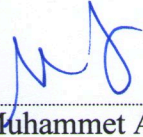
Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Kemal KOCABAŞ

Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Saide SARIGÜL

Jüri Üyesi


Doç. Dr. Muhammet AKAYDIN

Jüri Üyesi


Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam süresince karşılaştığım tüm güçlüklerde yardım ve desteğini benden esirgemeyen, sevgi ve hoşgörüsü ile sürekli yanımda olan, hayatımın sonraki zamanlarında da destek ve yol göstericiliğine ihtiyaç duyacağım çok sevgili Hocam Sayın Prof. Dr. Gülseren KURUMER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında değerli görüş ve eleştirileri ile bana yol gösteren tez izleme komitesi üyelerim Sayın Prof. Dr. Kemal KOCABAŞ ve Sayın Prof. Dr. A. Merih SARIŞIK'a destekleri için teşekkür ederim.

Tezimin deneysel çalışmaları süresince her konuda görüşlerine ihtiyaç duyduğum, bilgisini paylaşmaktan kaçınmayan, benden hiçbir yardımı esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Kemal ŞENGÜL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama değerli görüşleri ile katkıda bulunan D.E.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Sayın Prof. Dr. İsmet ÖZGENÇ'e, çalışmamın başında yardım ve desteğini gördüğüm aynı bölümden Sayın Prof. Dr. Cahit HELVACI'ya ve Maden Mühendisliği Bölümü'nden Sayın Prof. Dr. Halil KÖSE'ye çok teşekkür ederim.

Perlit tedarik etmemde yardımcı olan Eti Maden İşletmeleri İzmir İhracat Müdürlüğü'nden Hüseyin YILMAZ'a ve İperlit Ltd. Şti.'den Ozan TAŞKIRAN'a, perlitin özelliklerini ve tane boyutunu belirlemede yardımcı olan BATIÇİM A.Ş.'den Dr. Hayyer Yalnız'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında ihtiyaç duyduğumda benden yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Bengi KUTLU ve Arş. Gör. Dr. Gökhan ERKAN'a, Arş. Gör. Dr. Nurhan ONAR'a, Cr tutuculuğu ve antimikrobiyal özelliğin belirlenmesinde yardımlarını gördüğüm Ege Üniversitesi Biyokimya Bölümü'nden Doç. Dr. Nurdan PAZARLIOĞLU, Çiğdem UÇAR ve Emre ERDEN'e, akustik ölçümleri

yapabilmeme olanak veren İ.T.Ü. Makina Fakültesi'nden Doç. Dr. Haluk EROL ve Arş. Gör. Sinem ÖZTÜRK'e, akustik konusunda bilgisini ve yardımını benden esirgemeyen D.E.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Saide SARIGÜL'e, FTIR konusunda değerli zamanını ayırıp yardım eden D.E.Ü. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden Yrd. Doç. Dr. Aylin ALBAYRAK'a, tekstil atıksuyu filtrasyonu konusundaki çalışmalarda yardımını gördüğüm D.E.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü'nden Arş. Gör. Dr. Ezgi OKTAV AKDEMİR'e, zeytinyağı ölçümlerinde yardımcı olan Orkide Yağ Sanayi Kalite Güvence Müdürü Melike AĞUŞ'a ve yardımlarından ötürü Öğr. Gör. Dr. Hakan ÖZDEMİR'e çok teşekkür ederim.

Son olarak, hayatımın her döneminde yanımda olan sevgili annem Safiye TİBER ve sevgili babam Enur TİBER'e teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Bahar TİBER

Bu tez çalışması 2009.KB.FEN.068 nolu bilimsel araştırma projesi ile Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü tarafından desteklenmiştir.

PERLİT İÇEREN FONKSİYONEL BİR TEKSTİL ÜRÜNÜNÜN TASARIMI

ÖZ

Bu çalışmada perlit mineralinin ilk defa bir tekstil yüzeyine aplikasyonu gerçekleştirilmiştir. Perlit, gözenekli olması, aleve karşı dayanımı, ısı yalıtımı ve ses yutuculuğu gibi özellikleri ile birçok endüstri dalında kullanım alanına sahiptir. Bu özelliklerinden tekstilde de faydalanmak amacıyla öncelikle kumaş yüzeyine applike edilerek kumaşa ne gibi özellikler kazandırdığı araştırılmıştır.

Genleştirilmiş ve ham perlit ile %100 pamuklu kumaş tek taraflı ve çift taraflı olarak kaplanmıştır. Kumaşlara hava geçirgenliği, kopma mukavemeti, dökümlülük, su iticilik, su geçirmezlik vb. gibi tekstildeki birçok fiziksel ve kimyasal testlerin yanında SEM ve FTIR analizleri yapılmıştır. Bunların yanında antibakteriyal özellik, Cr tutuculuğu, tekstil atıksuyunda renk giderimi, zeytinyağı filtrasyonu, ısıl özellikler ile nem iletim özellikleri, yanma (dikey, yatay, eğik, LOI) davranışı, akustik özellikleri ve UV koruyuculuk özellikleri incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Perlit, tekstil, UV koruyuculuk, güç tutuşurluk, radyan ısı, ses yalıtımı, Cr tutuculuğu.

DESIGN OF A FUNCTIONAL TEXTILE PRODUCT WITH PERLITE

ABSTRACT

Application of perlite mineral to the textile surface was done first time in this study. Perlite is used in lots of industrial fields, by its porous structure, resistance to flame, heat insulation and sound absorption properties. Utilizing from these properties of perlite in textile, perlite was applied to a fabric surface and which properties fabric gained were investigated.

%100 cotton fabric was coated separately with expanded and unexpanded perlite by one side and both sides. Not only physical and chemical tests of textiles such as air permeability, breaking strength, drapability, water repellency, water penetration and so but also SEM and FTIR analysis have been carried out. Furthermore, antibacterial property, removal of Cr ions from aqueous solutions, removal of dye from textile wastewater, olive oil filtration, thermal properties and liquid moisture management properties, burning (vertical, horizontal, 45°, LOI) behavior, protection behavior from radiant heat, acoustical properties and UV protection properties have been investigated.

Keywords: Perlite, textile, UV protection, flame retardancy, radiant heat, sound insulation, removal of Cr ions.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Perlit	1
1.1.1 Perlit Yataklarının Dünyadaki Dağılımı	2
1.1.1.1 Türkiye’deki Perlit Rezervleri	3
1.1.2 Perlitin Özellikleri	5
1.1.2.1 Perlitin Fiziksel Özellikleri	5
1.1.2.2 Perlitin Kimyasal Özellikleri	6
1.1.2.3 Perlitin Kullanım Özellikleri.....	11
1.1.2.3.1 Düşük Yoğunluklu ve Gözenekli Olması.....	11
1.1.2.3.2 Aleve Karşı Dayanımı.....	11
1.1.2.3.3 Isı Geçirgenliği.....	11
1.1.2.3.4 Ses Yutuculuğu.....	12
1.1.2.3.5 Suya ve Neme Karşı Dayanımı.....	13
1.1.3 Perlitin Kullanım Alanları	13
1.1.3.1 İnşaat Sektöründe Kullanımı.....	16
1.1.3.2 Tarım Sektöründe Kullanımı	17
1.1.3.3 Filtre Endüstrisinde Kullanımı.....	17

1.1.3.4 Sanayi Sektöründe kullanımı	18
1.1.3.5 Tekstil Sektöründe Kullanımı	18
1.1.3.5 Diğer Kullanım Alanları	19
1.2 Önceki Çalışmalar	19
1.2.1 Antibakteriyal Özellik Konusundaki Önceki Çalışmalar	19
1.2.2 Tekstil Atık Suyu Renk Giderimi Konusundaki Önceki Çalışmalar.....	25
1.2.3 Zeytinyağı Filtrasyonu Konusundaki Önceki Çalışmalar.....	29
1.2.4 Güç Tutuşurluk Konusundaki Önceki Çalışmalar	30
1.2.5 Radyan ve Konvektif Isıya Karşı Koruma Konusundaki Önceki Çalışmalar	41
1.2.6 Ses Yutuculuk Konusundaki Önceki Çalışmalar.....	47
1.2.7 Isıl ve Nem Özellikleri Konusundaki Önceki Çalışmalar	58
1.2.8 UV Geçirgenliği Konusundaki Önceki Çalışmalar	71
BÖLÜM İKİ – MATERYAL METOT	87
2.1 Materyal.....	87
2.1.1 Kumaş.....	87
2.1.2 Perlit.....	87
2.1.3 Kimyasal Maddeler.....	90
2.2 Metot	90
2.2.1 Kumaşın Sanayide Perlit ile Kaplanması	90
2.2.2 Kumaşın Kaplama Düzeninde Ham Perlit ile Kaplanması.....	92
2.2.3 Araştırmada Kullanılan Test ve Analiz Yöntemleri	93
2.2.3.1 Kumaşların Mikroskop Görüntülerinin Alınması.....	93
2.2.3.2 SEM Analizi.....	93

2.2.3.3 FTIR Analizi	93
2.2.3.4 Yüzey Profili Ölçümü	93
2.2.3.5 Kaplama Kalınlığı	93
2.2.3.6 Kumaşın Birim Alan Kütlesinin Tespiti	94
2.2.3.7 Kumaş Kalınlığı Ölçümü	94
2.2.3.8 Hava Geçirgenliği Ölçümü	94
2.2.3.9 Kopma Mukavemeti Testi.....	94
2.2.3.10 Yıkama	95
2.2.3.11 Dökümlülük Tayini	95
2.2.3.12 Su Geçirmezlik: Hidrostatik Basınç Testi.....	96
2.2.3.13 Su İticilik: Sprey Testi	96
2.2.3.14 Su Buharı Geçirgenliği Testi	96
2.2.3.15 Yüzey Gerilimi/ Temas Açısı Ölçümü	96
2.2.3.16 Antibakteriyal Özellik Testleri	97
2.2.3.16.1 <i>Aspergillus Niger</i> ile agar difüzyon testi.....	97
2.2.3.16.2 <i>Staphylococcus Aureus</i> ile agar difüzyon testi	97
2.2.3.17 Kumaşların Cr Tutuculuğunun Belirlenmesi	98
2.2.3.18 Tekstil Atık Suyunda Renk Giderimi	99
2.2.3.19 Zeytinyağı Filtrasyonu	100
2.2.3.20 Dikey Yakma Testi	101
2.2.3.21 Yatay Yakma Testi	101
2.2.3.22 Eğik Yakma Testi	102
2.2.3.23 LOI (Limiting Oxygen Index) Ölçümü.....	102
2.2.3.24 Radyan Isıya Karşı Koruma Testi.....	104
2.2.3.25 Ses Yutma Katsayısı Ölçümü	105

2.2.3.25.1 Ses Yutma Katsayısı için Hazırlanan Örneklerin Kalınlık ve Ağırlık Ölçümü.	106
2.2.3.25.2 Ses Yutma Katsayısının Belirlenmesi.	106
2.2.3.26 Kumaşın Isı İletim Katsayısının Ölçümü.....	107
2.2.3.27 Isıl Özelliklerin Ölçümü	108
2.2.3.28 Nem İletim Özelliklerinin Ölçümü	110
2.2.3.29 UV Geçirgenliği Ölçümü.....	111
2.2.3.30 Varyans Analizi	113
2.2.3.31 Dikey Perde Tasarımı	113
BÖLÜM ÜÇ – ARAŞTIRMA SONUÇLARI	114
3.1 Yüzey Özellikleri ile İlgili Test Sonuçları	114
3.1.1 Kumaşların Mikroskop Görüntüleri	114
3.1.2 SEM Analizi Sonuçları.....	116
3.1.3 FTIR Analizi Sonuçları	118
3.1.4 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları	120
3.1.5 Kaplama Kalınlığı Sonuçları	123
3.2 Fiziksel ve Kimyasal Özellikler ile İlgili Test Sonuçları	125
3.2.1 Kumaşların Birim Alan Kütlesi Tayini Sonuçları	125
3.2.2 Kumaş Kalınlığı Sonuçları	126
3.2.3 Hava Geçirgenliği Sonuçları.....	127
3.2.4 Kopma Mukavemeti Testi Sonuçları.....	128
3.2.5 Dökümlülük Sonuçları.....	131
3.2.6 Su Geçirmezlik Testi Sonuçları.....	131
3.2.7 Su İticilik – Sprey Testi Sonuçları.....	132

3.2.8 Su Buharı Geçirgenliği Sonuçları	133
3.2.9 Temas Açısı Ölçüm Sonuçları	135
3.3 Diğer Özellikleri ile İlgili Test Sonuçları	136
3.3.1 Antibakteriyal Özellikle İlgili Test Sonuçları.....	136
3.3.1.1 <i>Aspergillus Niger</i> ile Agar Difüzyon Testi Sonuçları.....	136
3.3.1.2 <i>Staphylococcus Aureus</i> ile Agar Difüzyon Testi Sonuçları.....	138
3.3.2 Filtrasyon Alanıyla İlgili Test Sonuçları	140
3.3.2.1 Cr İyonları Tutuculuğu Sonuçları	140
3.3.2.2 Tekstil Atık Suyunda Renk Giderimi Sonuçları	143
3.3.2.3 Zeytinyağı Filtrasyonu Sonuçları.....	144
3.3.3 Yanma ve Isıya Karşı Koruyuculuk ile İlgili Test Sonuçları	145
3.3.3.1 Dikey Yakma Testi Sonuçları.....	145
3.3.3.2 Yatay Yakma Testi Sonuçları	151
3.3.3.3 Eğik Yakma Testi Sonuçları	155
3.3.3.4 LOI (Limiting Oxygen Index) Ölçüm Sonuçları	158
3.3.3.5 Radyan Isıya Karşı Koruma Testi Ölçüm Sonuçları.....	160
3.3.4 Akustik Özelliklerle İlgili Ölçüm Sonuçları.....	163
3.3.4.1 Ses Yutma Katsayısı için Hazırlanan Örneklerin Kütle ve Kalınlık Ölçüm Sonuçları	163
3.3.4.2 Ses Yutma Katsayısı Ölçüm Sonuçları	165
3.3.5 Konfor Özellikleri ile İlgili Test Sonuçları.....	178
3.3.5.1 Isı İletim Katsayısı Sonuçları.....	178
3.3.5.2 Isıl Özelliklerin Ölçüm Sonuçları	180
3.3.5.3 Nem İletim Özellikleri Sonuçları.....	187
3.3.6 UV Geçirgenliği Sonuçları	197
3.4 Dikey Perde Tasarımı.....	201

BÖLÜM DÖRT – SONUÇ ve ÖNERİLER..... 202

KAYNAKLAR 208

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesinin yanında, günümüzde doğal ürün ve malzemelere giderek artan bir talep olduğu gözlenmektedir. Tüketiciler kullandıkları ürünlerin üretiminde sağlığa zarar verebilecek yapıdaki kimyasal maddelerin kullanılmasını istememektedirler. Doğal malzemelerin kullanıldığı ürünler cazip hale gelmiş ve daha tercih edilir olmuşlardır. Perlit, tamamen doğal olarak doğadan çıkarılıp, hiçbir kimyasal işleme maruz kalmadan sadece mekanik işlemlerden geçirilerek elde edilen bir malzemedir. Bu malzeme yıllardır inşaat sektöründe ısı ve ses yalıtımında kullanılmaktadır. Yapısında çok sayıda açık ve kapalı gözenekler ihtiva etmesi perlite ısı yalıtımı özelliğinin yanında ses yalıtımı özelliği de sağlamaktadır. Perlitin bakteri ve mikrop barındırmaması, onun gıda sanayinde filtre malzemesi olarak kullanılmasına olanak vermiştir. Perlit inşaat, tarım, gıda, ilaç ve kimya sanayinin yanında başka birçok sanayi dalında da kullanılmaktadır. Dünya'daki tahmini perlit rezervlerinin yaklaşık %70 gibi bir oranının Türkiye'de bulunması, onu kolay bulunabilir bir malzeme kılmasının yanında, aynı zamanda ucuz bir malzeme olmasını da sağlamıştır. Rekabet koşullarının artık çok zorlaştığı çağımızda maliyetlerin azaltılması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda ülkemizde ucuz olarak ve bolca bulunan bu malzemeden tekstil alanında da faydalanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışma ile perlitin tekstil yüzeyine aplikasyonu yapılmış ve bunun sonucunda kumaşa ne gibi özellikler kazandırdığı incelenmiştir.

1.1 Perlit

Perlit adı, “perlstein” kelimesinden türemiş olup, inci taşı anlamına gelmektedir (Barnes, 1962; Taşkın, 1977). Perlit asit karakterli (SiO_2 'ce zengin), çok sayıda konsantrik yarıkları olan, uygun bir sıcaklığa ani olarak ısıtılınca çok hafif ve gözenekli bir hale geçen volkanik camsı bir kayadır (Orhun ,1969; Taşkın, 1977; Kuzvart, 1984; Özgenç ve Sarısözen, 1999). Perlitin inci parlaklığına sahip olması tipik özelliğini oluşturmaktadır. Bazı mineralojistler perlitin bir obsidiyen çeşidi olarak, diğerleri de zeolitin alt sınıfı altında volkanik zeolit olarak tanımlamışlardır

ancak Werner bu iki mineralden farklı olarak inci parlaklığına sahip olduğu için onu inci taşı anlamına gelen “perlstein” olarak isimlendirmiştir (Jameson, 1820). Perlit, 1800’lü yılların başına kadar araştırmacılar tarafından farklı isimlerle anılmıştır. Bu isimlerin başlıcaları perlstein (Werner), perlaire (Haüy), obsidien perlee (Brongniart), lave vitreuse perle (Lucas)’tır (Jameson, 1820; Beudant, 1822). İlk defa Beudant tarafından “perlite” ismiyle kullanılmıştır (Beudant, 1822).

Perlit, petrolojik olarak diğer asidik volkanik camlardan, % 2-5 oranında su içermesi, inci parlaklığına sahip olması, soğan kabuğu dokusu (perlitik doku) göstermesi ile ayırt edilir (Breese ve Barker, 1994). Perlit kelimesi hem ham perlit hem de genişmiş perlit için kullanılmaktadır. Ham perlit, kimyasal bileşimine göre 600-1280 °C aralığında yüksek sıcaklıklara ani olarak maruz kalınca içindeki suyun buhar haline geçmesiyle mısır gibi patlayarak hacmi 4 ile 40 kadar artarak genişmekte ve oluşan bu çok gözenekli ve hafif malzemeye genişmiş perlit adı verilmektedir (Kuzvart, 1984; Barker ve Santini, 2006). Ham perlitin rengi şeffaf açık griden parlak siyaha kadar değişmektedir ancak genişletilince rengi tamamen beyazlaşmaktadır (Orhun, 1969).

Perlit uzun yıllardır bilinmesine rağmen, olağanüstü boyutta genişlebilen bir karaktere sahip olduğu ilk defa 1941’de Amerika’nın Arizona eyaletinin Superior şehrinde tespit edilmiş ancak bu konudaki incelemeler ikinci dünya savaşı sonrasındaki yıllara ertelenmiştir (Barnes, 1962). Perlit endüstrisi esas olarak 1947’den sonra gelişmeye başlamış, Amerika’daki bu gelişme daha sonra Batı Avrupa ve Japonya’da bu sanayinin kurulmasına önder olmuştur (Orhun, 1969). Türkiye’de perlit üzerindeki çalışmalar ve ilk üretim ile ihracatı 1960’lı yıllarda başlamış (İzdar, 1975) ve 19 Ocak 1967 tarihli 12505 sayılı Resmi Gazetede çıkan yazı ile maden kanununa alınmıştır (Alp, 1977).

1.1.1 Perlit Yataklarının Dünyadaki Dağılımı

Dünya üzerindeki perlit yataklarının coğrafik dağılımı, volkanların dağılımına uyum göstererek 3 kuşak olarak belirlenmiştir (Köktürk, 2002).

- 1) Pasifik volkanik kuşağında bulunan perlit yatakları
ABD, Yeni Zelanda, Meksika, Avustralya, Filipinler, Japonya
- 2) Atlantik volkanik kuşağında bulunan perlit yatakları
İzlanda Adası, Mozambik
- 3) Akdeniz volkanik kuşağında bulunan perlit yatakları
Fransa, İtalya, Yugoslavya, Türkiye, Çekoslovakya, Yunanistan, Rusya

Başlıca perlit üreten ülkeler arasında; Yunanistan, Amerika, İtalya, Rusya, Macaristan, Türkiye, Japonya sayılmaktadır (Breese ve Barker, 1994; Barker ve Santini, 2006). Avrupa'ya ihracatın büyük bir kısmını önemli bir üretici olan Yunanistan ile İtalya ve Türkiye gerçekleştirmektedir (Breese ve Barker, 1994). Perlitin ülkelere göre 2005-2010 yıllarındaki üretim miktarları Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Ülkelerin perlit üretim miktarları (1000 ton) (Bolen, 2011)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
Amerika	508	454	409	434	348	375
Yunanistan	525	525	525	525	525	500
Macaristan	145	140	71	70	65	65
Japonya	240	240	240	230	220	220
Meksika	195	100	41	54	54	50
Türkiye	140	145	270	270	230	220
Diğer Ülkeler	200	205	204	205	209	230
Toplam	1.950	1.810	1.760	1.790	1.650	1700

* Tahmini

1.1.1.1 Türkiye'deki Perlit Rezervleri

Dünyadaki perlit rezervlerinden yarısından çoğu Türkiye'de bulunmaktadır (Houssa, 1999; Barker ve Santini, 2006). 2003 yılında 6 milyon dolar olarak gerçekleşen Türkiye perlit ihracatı, 2005 yılında 9 milyon dolara ulaşmış 2010 yılında 15 milyon doları geçmiştir (Maden Tetkik ve Arama Kurumu [MTA],

2011a). Türkiye’de bulunan perlit rezervleri Tablo 1.2’de verilmiştir, burada belirtilen rezervlerden ayrı olarak Kars-Göle civarında önemli ölçüde perlit varlığı bilinmektedir (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2001). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nce Türkiye’deki görünür ve muhtelif perlit rezervleri 5.688.021.716 ton olarak bildirilmiştir (MTA, 2011b).

Tablo 1.2 Türkiye perlit rezervleri (DPT, 2001)

Bölge	Rezerv (mümkün) Bin Ton
Ankara- Çamlıdere	8000
Ankara-Çubuk	32000
Ankara- Kızılcahamam	34200
Balıkesir- Evrind,	25000
Balıkesir- Savaştepe-Sındırğa	47.000
Bitlis-Adilcevaz-Tatvan-(Van-Erciş)	1.400.000
Çankırı-Orta	30.000
Çanakkale-Biga	3.400
Eskişehir-Seyitgazi	20.000
Erzincan-Merkez	27.000
Erzurum-Pasinler	100.000
İzmir-Bergama	16.500
İzmir-Dikili	8.000
İzmir-Foça	16.500
İzmir-Menderes (Cuma Ovası)	60.000
Kars -Sarıkamış	1.500.000
Manisa-Demirci-Soma	18.600
Manisa-Saruhanlı	18.000
Nevşehir-Acıgöl	862.000
Nevşehir-Derinkuyu (Niğde-Gölcük)	350.000
Toplam	4.576.200

1.1.2 Perlitin Özellikleri

Perlit; tektonik evrim ile ilgili volkanik faaliyetler sırasında, asidik bir magmanın lav halinde yüzeye çıkarak çok hızlı soğuması ve bu soğuma sırasında da atomik bünyesine bir miktar su almasıyla (hidrasyon) oluşmaktadır (Ohle ve Bates, 1981; Chamberlin ve Barker 1996). Bünyeye alınan suyun miktarı % 2-5 arasında değişim göstermekte olup bu miktarı zaman, sıcaklık ve kimyasal bileşim etkilemektedir. Su alma hızı sıcaklığın ve silisyum miktarının artması ile artış gösterirken, CaO ve MgO miktarının artması su alma hızını azaltmaktadır (Fisher ve Schminche, 1984; Breese ve Barker, 1994). Lavın soğuma hızı, taşın yapısını yani amorf ya da kristal oluşumunu belirlemektedir. Perlitteki camsı dokunun oluşumu, volkanik kayacın hızlı soğuması ile olmaktadır. Hızlı soğuma sonucu atomlar bir araya gelip kristal şebekesi meydana getiremeden kayaç volkanik cam halinde katılaşmaktadır. Yuvarlak ve kavisli konsantrik dokunun meydana gelmesi ise hızlı soğuma sonucu büzülmeler nedeni ile olmaktadır (Taşkın, 1977).

1.1.2.1 Perlitin Fiziksel Özellikleri

Ham ve geliştirilmiş perlit farklı fiziksel özellik göstermektedirler (Köktürk, 2002). Tablo 1.3 ve Tablo 1.4'te geliştirilmiş ve ham perlitin fiziksel özellikleri verilmiştir. Bunlara ek olarak perlit; sıcak konsantre alkali ve HF asitte çözünmektedir. Konsantre mineral asitlerde % 2 oranında, seyreltik mineral asit veya konsantre zayıf asitlerde % 0,1 oranında çözünmektedir (Kırırmer, 1976).

Tablo 1.3 Geliştirilmiş perlitin fiziksel özellikleri (Köktürk, 2002)

Özellik	Tanımlama
Renk	Beyaz
Ergime Noktası (°C)	1300
Spesifik Isı (kcal / kg °C)	0,20
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2,2-2,4
Yoğunluk (kg/m ³)	30-190
Isı iletkenliği (kcal/mhC ^o)	0,034-0,040
Ses Yalıtkanlığı (dB, 125 Hz'de)	18

Tablo 1.4 Ham perlitin fiziksel özellikleri (Köktürk, 2002)

Özellik	Tanımlama
Renk	Gri, siyah ve grinin tonları
Yumuşama Noktası (°C)	800-1100
Ergime Noktası (°C)	1315-1390
pH	6,6-8,0
Spesifik Isı (kcal / kg °C)	0,20
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2,2-2,4
Yoğunluk (kg/m ³)	1400-1700
Serbest Nem (%)	0.5
Ağırlık Kaybı (%)	0.5

1.1.2.2 Perlitin Kimyasal Özellikleri

Perlitin kimyasal bileşimi Tablo 1.5'te verilmiştir. Ayrıca bunlardan başka az miktarda TiO₂, FeO, MnO₂, SO₃, Cr, Ba ve serbest silis bulunabilir (Orhun, 1969; Köktürk, 2002).

Tablo 1.5 Perlitin kimyasal bileşimi (Orhun, 1969; Doğan, Alkan ve Çakır, 1997; Topçu ve Işıkdag, 2007)

Kimyasal Bileşim	%
SiO ₂	71,0 – 75,0
Al ₂ O ₃	12,5 – 18,0
K ₂ O	4,0 – 5,0
Na ₂ O	2,7 – 4,0
CaO	0,3 – 2,0
Fe ₂ O ₃	0,3– 1,5
MgO	0,1-0,5
H ₂ O	2,0-5,0

Perlitin kimyasal bileşimi çıkarıldığı ülkelere göre farklılık göstermekle birlikte, aynı ülke içinde bile çıkarıldığı bölgeye göre değişebilmektedir. Tablo 1.6'da bu

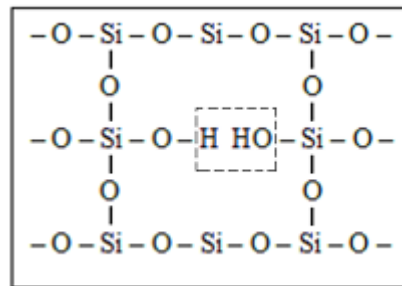
durum açık olarak görülmektedir, Tablo 1.6'da farklı ülkelerde bulunan perlitlerin kimyasal bileşimi verilmiştir (Harben ve Kuzwart, 1997).

Tablo 1.6 Perlitin farklı ülkelerdeki kimyasal bileşimi (%) (Harben ve Kuzwart, 1997)

	ABD Arizona	ABD N. Mexico	Yunanistan Milos	İtalya Sardinya	Macaristan	Bulgaristan
SiO ₂	73.6	74.1	73-74	72.8	73.5	72-75
Al ₂ O ₃	12.7	13.3	12-15	13.8	13	13-15
Fe ₂ O ₃	0.7	1.8	0.7-1.2	2.1	1.8	1.5
CaO	0.6	1.5	0.7	0.9	1.5	1
MgO	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6
K ₂ O	5	3.8	3.0-4.8		3.8	4.8
Na ₂ O	3.2	3.5	3.4-4.1	3.3	3.5	2.7
TiO ₂	0.1	0.05	0.06	0.3	-	-
H ₂ O	3.8	3	2.5	NA	3	3-6

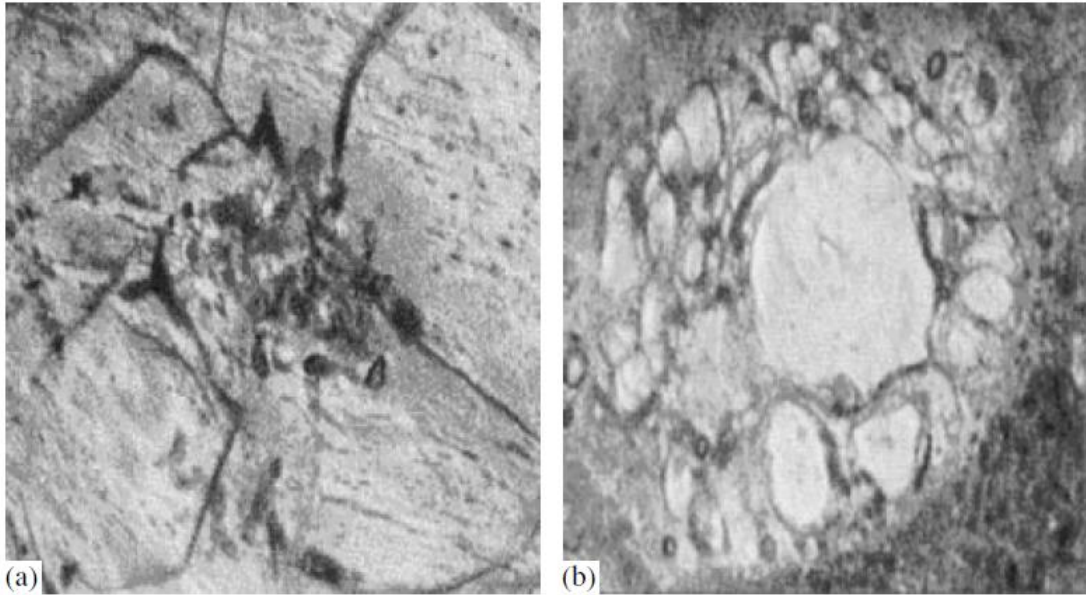
Perlitte en önemli komponent içerdiği su olup, perlitin endüstriyel kullanımında en büyük etkidir. Perlit mineralinde % 2-5 oranındaki su iki şekilde bulunmaktadır (Kırimer, 1976).

1. Sıkı bağlı su (kombine su, etkin su): Silikat tetrahedralleri arasında bulunan su molekülleridir. Bu haliyle kristal yapıyı önler ve perlitin cam halinde kalmasını sağlar. Perlitin genişletilmesinde etkilidir.
2. Gevşek bağlı su (serbest su): Perlitin yapısındaki çatlakların arasında bulunan su molekülleridir. Gevşek bağlı su ısıtılarak buharlaşıp kaybolur.



Şekil 1.1 Perlitin yapısındaki silikat tetrahedralinin açık formülü

Özgenç (1978), “hücre suyundaki su moleküllerinin kristal kafesleri içine, zayıf hidrojen bağları ile anyonlara veya zayıf iyonik bağlar ile metallere bağlı sular şeklinde girdiğini”, “düzenli su moleküllerinin ise kovalent bağ ile metallere bağlı olduğunu” belirtmiştir. 450°C’ye kadar ısıtıldığında perlitteki suyun %80-90’ı uçmaktadır. Kalan kısmı, genleşme işleminde aktif olan kombine sudur. Genellikle genleştirme işleminden önce bir ön ısıtma yapılarak serbest suyun uzaklaştırılması sağlanır. Genleşme 600-1280 °C’de meydana gelmektedir. Genleşme işlemi sırasında dışarıdan verilen ısı ile önce hidrojen köprü bağlarının enerji seviyesi aşılarak gevşek bağlı olan su uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra OH gruplarının enerji seviyesi aşılarak genleşmeyi sağlayan etkin su buharlaştırılmaktadır. Bunun için yüksek sıcaklıkta ve ani olarak ısıtma ile OH grupları kesilir, cam doku gevşer viskozitesi düşmeye başlar, ergir ve perlit içinde bulunan su, su buharına dönüşerek genleşmeye neden olur. Genleşme ile perlit içinde sayısız hava boşlukları oluşur. Daha fazla ısıtma ile Si-O ve Al-O bağları diğerleri ile birleşerek –Si– zincirleri oluşturur ki bu yapının ergime noktasını yüzlerce derece yükseltir (Kırimer, 1976). Şekil 1.2’de perlitin su buharı etkisi ile merkezindeki gözenek oluşumu ve genişlemesi görülmektedir.

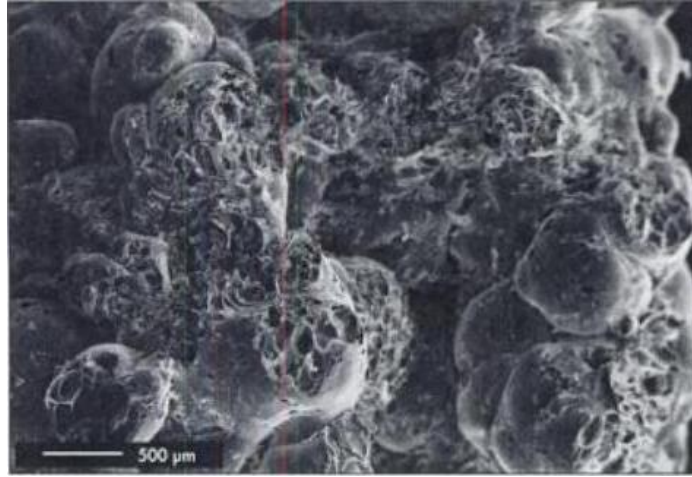


Şekil 1.2 Perlit hücresinin merkezinde gözenek oluşumunun başlangıç aşamaları (200x) a) 600 °C b) 1000 °C (Varuzhanyan, Varuzhanyan ve Varuzhanyan, 2006)

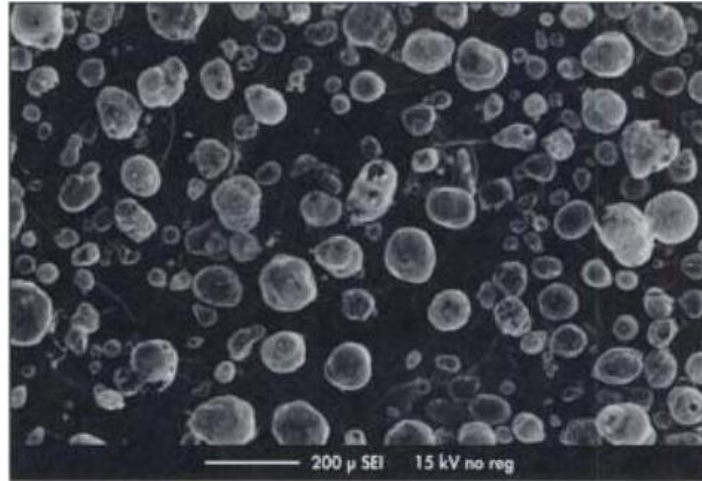
Genleştirme işlemi iki tip fırında yapılabilir. Bunlar aynı prensiple çalışan sabit dikey fırın ve döner yatay fırındır (Breese ve Barker, 1994; Barker ve Santini, 2006). Ham perlitin geliştirilebilmesi için öncelikle öğütülerek belli bir boyuta indirilmesi gereklidir (Köktürk, 2002). Belirli bir tane iriliğine getirilen ham perlit, hızlıca geliştirme fırınında sıcak bölgenin içine geçer ve burada yapısındaki kombine su buharlaşır. Sonuçta çok düşük yoğunlukta, yüksek yüzey alanına sahip, beyaz renkli köpük köpük görünen (Şekil 1.3, Şekil 1.4) parçacıklar elde edilir (Barker ve Santini, 2006). Eğer geliştirmek için öğütülen ham perlitin boyutu 25-30 mikrona kadar küçültülürse geliştirme ile Şekil 1.5'te görülen camsı, içi boş küre şekilli parçacıklar (perlit mikrokürecikleri) elde edilmektedir (Barker ve Santini, 2006). Bu parçacıklar bir veya daha fazla mikrohücre kabarcıklarından oluşmaktadır. Perlit mikrokürecikleri elde etmek için geliştirme dikey fırında 480-600 °C sıcaklıkta yapılmaktadır.



Şekil 1.3 Genleştirilmiş perlit – 900 °C'de 15 s süre ile geliştirilmiş (8x) (Varuzhanyan, Varuzhanyan ve Varuzhanyan, 2006)



Şekil 1.4 Genleştirilmiş perlit SEM görünümü (Barker ve Santini, 2006)



Şekil 1.5 Çok ince ham perlitten genleştirilmiş perlit mikroküreciklerinin SEM görünümü (Barker ve Santini, 2006)

Perlitin genişmesi; kimyasal bileşimine (özellikle su içeriğine), Ca, Na ve K miktarına, fırına besleme hızına, fırına beslenen perlitin tane iriliğine, yumuşama sıcaklığına, fırın sıcaklığına, parçaların ateşte kalma sürelerine bağlı ve bunların bir fonksiyonudur. Bunun dışında fırının bulunduğu ortamdaki nem, hava basıncı ve hava sıcaklığı da etkilidir (Kırırmer,1976; Barker ve Santini, 2006). Genleşme karakterine göre perlit aktif ya da pasif olarak sınıflandırılmaktadır. (Murdock ve Stein, 1950). Genellikle 900 °C sıcaklıktan daha düşük sıcaklıklarda genişleyen perlitlere aktif perlit, 900 °C'den yüksek sıcaklıklarda genişleyen perlitlere de pasif

perlit denilmektedir (Orhun, 1969). Perlitin aktif ya da pasif olması kalitesi için bir parametre olmayıp sadece genişleme koşullarını etkilemektedir.

1.1.2.3 Perlitin Kullanım Özellikleri

1.1.2.3.1 Düşük Yoğunluklu ve Gözenekli Olması. Perlit, yoğunluğu düşük olan bir malzemedir. Bu özelliği gözenekli bir yapıya sahip olmasının sonucudur. Genleşmiş perlitin yoğunluğu genel olarak $30-190 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Bu yoğunluk farkı genişleme koşulları ile genleşmiş perlitin sıkışma ve tane büyüklüğü dağılımına göre değişmektedir. Perlitin hafif olması onun prefabrik yapı malzemeleri üretiminde ve çeşitli dolgu maddelerinde kullanılmasını avantajlı kılmaktadır. Perlitin gözenekli yapısı, başta süzme yardımcı maddesi olmak üzere, tarım, kimyasal maddeler için (örneğin tarım savaş ilaçları, temizleyiciler) taşıyıcı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca sulardaki ağır metallerin (Cd, Cu(II), Cr(III)) ve bazı organik çözenler ile arsenik gideriminde kullanılabilmesi belirtilmektedir (Mostafaa, Chen, Jean, Liu ve Lee, 2011).

1.1.2.3.2 Alev Karşı Dayanımı. Perlit yanmayan bir malzeme olup bu çok önemli bir özelliğidir. Belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında bir değişim göstermeyen, 840°C 'yi geçince yumuşamaya başlayan ve $1200-1300^\circ\text{C}$ 'de ise eriyik haline geçmesine rağmen hala akışkanlığı az (vizkozitesi yüksek) bir malzemedir. Bu açıdan perlit yangına karşı koruyucu iyi bir malzemedir. Bu özelliğinden dolayı binalarda yangından koruma amaçlı perlitli sıva kullanılmaktadır.

1.1.2.3.3 Isı Geçirgenliği. Perlitin ısı iletkenliği oldukça düşüktür bu nedenle ısı yalıtımı sağlamaktadır. Isı yalıtıcılık özelliği, gözenekli bir yapının sonucu olarak beliren bir özelliktir. Perlitin bünyesinde açık ve kapalı binlerce hava boşluğu olması ona olağanüstü ısı yalıtım özelliği kazandırmaktadır. Kuru perlit dolgununun 24°C 'daki ısı iletkenlik değeri, kuru birim hacim kütesine bağlı olarak, 32 kg/m^3 birim hacim kütesinde $0,04 \text{ W/mK}$ ile 180 kg/m^3 birim hacim kütesinde $0,055 \text{ W/mK}$ değerleri arasında farklılık göstermektedir (Yalgın, 1983). ISO ve CEN standartlarına göre ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri $0,065 \text{ W/mK}$ 'den küçük

olması gerekmektedir. Piyasada satılan cam yünü yalıtım malzemelerinin 10 °C'deki ısı iletkenlik değerlerinin 0,031 ile 0,045 arasında olduğu bilindiğine göre perlitin yalıtım amaçlı olarak kullanılmasının uygun olacağı görülmektedir (İzocam, 2011). Perlitin farklı sıcaklıklara göre ısı iletkenlik değişimi Tablo 1.7'de verilmiştir.

Tablo 1.7 Perlitin farklı sıcaklıklardaki ısı iletkenlik değerleri (Gökhan, 1977)

Ortalama Sıcaklık °C	Isıl iletkenlik W/m.K
- 18	0.047
25	0.055
120	0.071
260	0.095
400	0.125
538	0.163
649	2.202

1.1.2.3.4 Ses Yutuculuğu. Gözenekli bir yapıya sahip olması perlite ses yutucu özellik kazandırmaktadır. Yapılan araştırmalarda perlitin, bünyesinde çok fazla sayıda açık ve kapalı gözenek ile durgun hava bulunması nedeniyle çok iyi ısı yalıtımı yanı sıra yüksek frekanslı darbeleri etkisiz hale getirdiği bildirilmiştir (Karaman, 2007). Perlitin ses azaltma katsayısı (Noise Reduction Factor) 125 Hz'de 0,18 olduğu, 4000 Hz'de 0,90'ı bulduğu, ortalama olarak bu katsayının 0,60 olarak alınabileceği belirtilmiştir (Gökhan, 1977). 5 cm'lik perlit dolgusunun 1000 Hz frekansında gelen seste 13 dB yalıtım sağladığı, bu değer aynı kalınlıktaki cam yünü için 12 dB ve strafor köpük için 13 dB olduğu bildirilmiştir (Topçu ve Işıkdag, 2007).

Perlitli betonun daha az ses geçirdiği bilinmektedir. Başka malzemelerle karıştırılarak özel panolar yapıldığında, bu ses yalıtım özelliğinden yararlanılarak kullanılabilir (Yılmaz ve Özdeniz, 2005). Bu malzemelerin başında alçı gelmektedir. Ayrıca alçı ile karıştırılarak ses yutuculuğu özelliğinden yararlanılarak akustik sıva yapımında kullanılabilir (Yalçın, 1983). Akustik amaçla sıva olarak kullanmanın yanında sprey formunda boyaların içinde de perlit kullanılmaktadır (Harris, 1997).

1.1.2.3.5 Suya ve Neme Karşı Dayanımı. Perlitin ağırlığına göre su emişi % 10-30 arasındadır. Perlit gözenekli olmasından dolayı nem çeken bir malzemedir. 2 saatteki su emişi 1,5 g/100 m³ kadar olup, iki günde hacminin %3'ü, ağırlığının ise %15'i kadar su emebilmektedir. Tane büyüklüğü küçüldükçe emiş oranının daha çok arttığı saptanmıştır (Gökhan, 1977). Tarım alanında, toprağın su tutma kapasitesini önemli ölçüde arttırmasının yanında toprağın buharlaşma ile su kaybını önlemekte ve gözenekli yapısının toprağın havalanmasına yardımcı olmasından dolayı çok kullanılmaktadır. Gözeneklere dolan suyun ısı iletkenliğini arttırmasından ötürü ısı yalıtıcılığı aranan durumlarda, perlitin nem çekme özelliği istenmemektedir. Bu durumda silikon veya bir maddeyle gözenekler pasifleştirilip perlit "hidrofobize" edilebilmektedir (Topçu ve Işıkdag, 2007).

1.1.3 Perlitin Kullanım Alanları

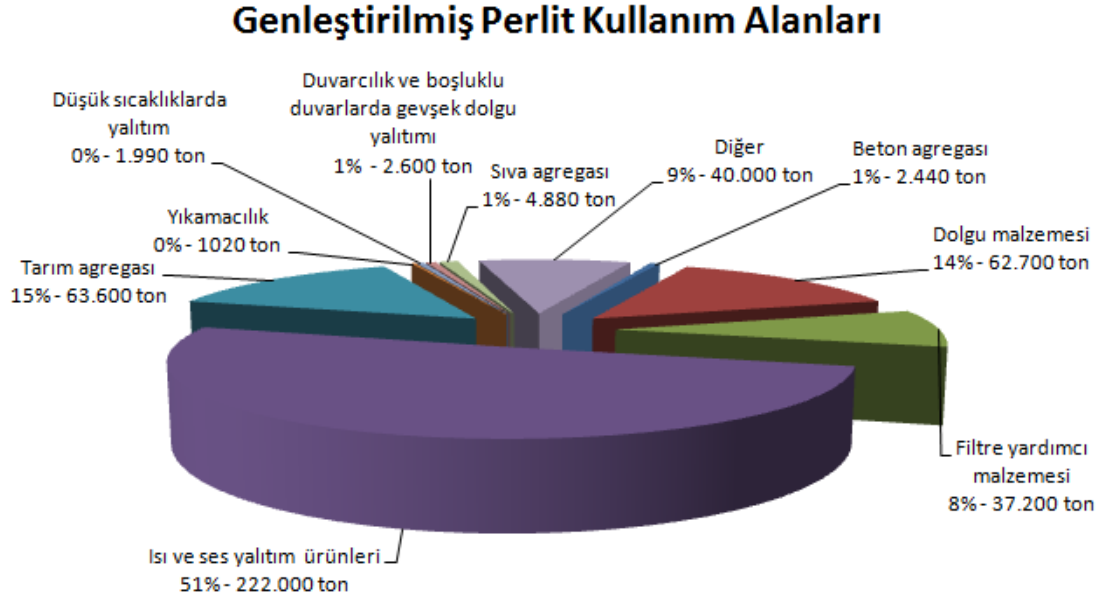
Perlit, sürekli gelişen çok geniş kullanım alanına sahip bir malzemedir (Köktürk, 2002). Dünyada perlitin kullanıldığı alanların başında inşaat sektörü gelmektedir. Bunun yanında tarım, metalurji, filtre endüstrisi, tekstil ve diğer birçok sektörde kullanılmaktadır. Tablo 1.8'de perlitin kullanım alanları sektörel bazda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 1.8 Perlitin kullanım alanları (DPT, 2001)

	A. İNŞAAT SEKTÖRÜ
a)	Şekillendirilmiş izolasyon malzemeleri (çatı ve zemin izolasyonlarında)
b)	Perlitli sıvalar
c)	Perlit agregalı hafif yalıtım betonu (Çimento veya alçı bağlayıcı)
d)	Perlit agregalı hafif yapı elemanları tavan kiremitleri, boru izolasyonları vs.
e)	Gevşek dolgu malzemesi olarak (tavan araları zemin ve duvar boşluklarında yalıtım malzemesi olarak; silikonla özel bir işleme tabi tutularak köpük halinde)
f)	Yüzey döşemelerinde (ısı ve ses yalıtıcı olarak)
g)	Çimento ve alçı dışındaki bağlayıcılarla yapılan özel amaçlı perlit betonları
	B. TARIM SEKTÖRÜ
a)	Tarla tarımında
b)	Bahçe tarımı ve seracılıkta (fide yetiştiricilik, kültür tarımı gibi)
c)	Çimli spor alanlarında
	C. SANAYİ SEKTÖRÜ
	C.1.Gıda, ilaç ve kimya sanayinde filtre yardımcı maddesi olarak
a)	Gıda sanayinde - Meyve sularını süzmede - Bitkisel yemeklik yağlarını süzmede - Şeker şerbeti süzmede - Mısır şerbeti süzmede (Glikoz / Dekstroz üretiminde) - Bira, şarap ve likörleri süzmede
b)	İlaç ve kimya sanayinde - Boyaların süzülmesinde - Kağıt sanayinde (Beyaz su filtrasyonu) - Antibiyotiklerin süzülmesinde - Pektin süzmede - Sitrik asit süzmede - Soda külü eriyiklerinin filtrasyonu - Sodyum silikat (su camı) - Sülfürik asit filtrasyonu - Uranyum şerbeti filtrasyonu - Flok süzmede (Alüminyum hidroksit ve flokülasyon işlemlerinde) - Fosforik asit süzmede
c)	Diğer süzme işlemlerinde - İçme suyu süzmede - Yüzme havuzlarının suyunu süzmede - Atık suları temizleme ve süzme işlemlerinde - Makina yağı süzmede (kullanılmış makina yağlarının rejenerasyonu)
	C.2. İlaç ve kimya sanayiinde dolgu maddesi olarak
a)	Çeşitli ilaçlarda (insan sağlığı ilaçları ve veteriner ilaçları)
b)	Haşere ilaçlarında (bitki koruma vb.)
c)	Temizleyici tozlarda
d)	Gübrelerde
e)	Dinamit üretiminde
f)	Testüre (yüzeyi grenli) örtücülüğü yüksek boyaların üretiminde
g)	Kozmetik sanayinde (sabun vb.)

Tablo 1.8'in devamı	
	C.3. Sanayide ısı yalıtım malzemesi olarak
a)	1000°C ye kadar sıcaklıktaki reaktörlerin, potanların vb. yalıtımında
b)	Soğuk hava depolarının yalıtımında
c)	Sıvılaştırılmış gaz tanklarının ısı yalıtımında - Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) - Sıvılaştırılmış doğal gazlar (LNG) - Sıvı oksijen - Sıvı azot ve amonyak - Sıvı propan, etan ve metan - Sıvı soygazlar, itici gazlar (propellanlar), soğutucu gazlar (refrigeranlar vb.)
	C.4. Seramik ve cam sanayinde katkı maddesi olarak
	C.5. Metalurjide
a)	Döküm kumuna katkı maddesi olarak
b)	Dökümcülükte metalurjik flaks olarak
c)	Potadaki ergimiş metalin korunmasında
d)	Demir-Çelik sanayinde ergimiş metalin cüruf kontrolünde
e)	Dövmede veya haddeye giden sıcak metal ingotların ısı kayıplarını önlemede
f)	Perlitli yalıtıcı refrakterlerin üretiminde - Seramik bağlayıcılı refrakter tuğlalar - Alüminyum fosfat bağlayıcılı perlit refrakter tuğla veya betonlar - Perlitli refrakter harçlar
	D. DİĞER ALANLARDAKİ UYGULAMALAR
1	Petrol, su ve jeotermal sondajlarda (çimentolama işlemini kolaylaştırıcı katkı maddesi olarak)
2	Gemi diplerini kaplama ve yalıtımında (kalafat macunları)
3	Petrol artıklarından veya diğer yağlı atıklarından kaynaklanan su kirliliğini gidermede (Bilhassa denizlerdeki)
4	Baraj göllerinde, kentlerde, açık su rezervuarlarda buharlaşmayla su kaybını önleyici olarak
5	Ambalajlamada dolgu malzemesi olarak
6	Plastik köpük ve plakalara dolgu ve katkı malzemesi olarak
7	Ucuz ve hafif plastik mobilya yapımında dolgu maddesi olarak (Bahçe sandalye ve masası)
8	Yangına karşı özellikle çelik kontrüksiyonlarda yalıtım katı olarak

Amerika’da 2009 yılında geliştirilmiş perlitin kullanıldığı alanlar ve toplam kullanım alanı içindeki yüzdeleri Şekil 1.6’da görülmektedir (Bolen, 2011).



Şekil 1.6 Genleştirilmiş perlitin 2009 yılında Amerika’da kullanıldığı alanlar (Bolen, 2011)

1.1.3.1 İnşaat Sektöründe Kullanımı

Perlitin en fazla tüketildiği endüstri dalıdır. Toplam perlit tüketiminin %60-70’i inşaat sektöründe gerçekleştirilmektedir. İnşaat endüstrisinde kullanılmasının nedenleri hafiflik, ısı ve ses yalıtım özelliği, alev dayanıklılık, kimyasal etkenlerden etkilenmeme ve inşaat kolaylığı (işçi azlığı) olarak özetlenebilir.

Binaların içindeki ve dışındaki sıvalarda kumun yerini perlit almaktadır. Ses yutuculuğundan ötürü akustik sıva yapımında kullanılmaktadır (Köktürk, 2002). Kumdan çok daha hafif olduğu için işçiliği kolay ve daha az yorucudur. Perlitli sıva, normal kum sıvalarına göre % 60 daha hafiftir (Köktürk, 2002). Perlit, çimento ile kullanılabilir gibi, alçı ile kullanıldığında da çok iyi sonuç vermektedir. Alçı kolay kurduğundan iç sıva olarak ince işlerin daha hızlı olarak tamamlanmasına olanak sağlamaktadır. Ses yalıtımının yanında, binada iyi bir ısı yalıtımı ve yangına karşı koruma da sağlamaktadır.

Perlit hafif beton yapımında da kullanılmaktadır. Hafif betonların ekonomik olarak en belirgin faydaları ısı iletkenliklerinin ve ağırlıklarının düşük olmasıdır (Yalgın, 1983; Köktürk, 2002) Binalara binen yükü azaltmak için hafif betonların kullanılmasının özellikle depremde korunma açısından önemli olduğu belirtilmektedir (Topçu ve Işıkdag, 2008). Perlit kullanılan betonların yangına karşı koruyucu oldukları bildirilmiştir (Yu, Ou ve Lee, 2003).

Bunun yanında geliştirilmiş perlit bağlayıcı malzeme kullanılmaksızın gevşek dolgu agregası olarak ısı ve ses yalıtımı amacıyla duvar sistemlerinde, döşemelerde ve sanayi tesislerinde kullanılmaktadır (Köktürk, 2002). Ayrıca akustik tavan panelleri, çatı yalıtım panolarının üretiminde de kullanılmaktadır.

1.1.3.2 Tarım Sektöründe Kullanımı

Perlit, seracılık, süs bitkileri, fide ve sebze yetiştiriciliğinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Perlit kullanılarak hazırlanmış karışımların veya tamamen perlit kullanılarak oluşturulmuş yetiştirme ortamlarının sağladığı birçok avantaj belirtilmiştir (Silber, Yosef, Levkovitch ve Soryano, 2010; Ors ve Anapali, 2010). Perlitin gözenekli yapısı nedeniyle yetiştirme ortamının havalanmasını sağlamak ve drenajı düzenlemektedir. Toprağın önemli bir fiziksel özelliği olan infiltrasyonu arttırmakta, buharlaşmayı da azaltarak suyu toprakta tutmaktadır (Munsuz ve Ataman, 1977). Nötr oluşu ve çözünebilir iyonların yok denecek kadar az olması nedeni ile tuzluluk ve alkalilik yönünden herhangi bir sorun yaratmamaktadır. Düşük ısıl iletkenliğe sahip olmasından dolayı bitkinin günlük sıcaklık değişimlerinden zarar görmesini en aza indirmektedir. Perlit tarım sektöründe toprağın iyileştirilmesinde ve tarım ilaçlarında, gübrelerde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır.

1.1.3.3 Filtre Endüstrisinde Kullanımı

Perlit gıda sanayinde; bira, şarap, şeker şerbeti, meyve suları ve bitkisel yağların üretiminde süzmede yardımcı madde olarak kullanılmaktadır. Filtre edilen malzeme

ile kimyasal etkileşime girmediği ve karışmadığı belirtilmiştir (Shackley ve Allen, 1992). Baraj içme sularının temizlenmesi, havuz sularının temizlenmesi, sanayi ve diğer atık suların temizlenmesinde de perlit kullanılmaktadır. Sulardaki ağır metallerin (Cd, Cu(II), Cr(III)) ve bazı organik çözenler ile arsenik gideriminde kullanılabileceği belirtilmektedir (Mostafaa, Chen, Jean, Liu ve Lee, 2011). Bunların yanında ayrıca ilaç ve kimya sanayinde, soda külü eriyiklerinin filtrasyonu, sülfürik asit filtrasyonu ve uranyum filtrasyonunda kullanılmaktadır.

1.1.3.4 Sanayi Sektöründe kullanımı

Döküm sanayinde, demir ve çelik dökümünde yaklaşık olarak döküm kumunun %8-12'si oranında, demir dışı metallerin dökümünde ise %20-30 oranında perlit kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklara (1050°C) dayanıklı olması gereken fırın, kazan, tavlama-dövme, ısıl işlem ve ergitme ocaklarında kullanılan tuğlaların üretiminde katkı maddesi olarak perlit kullanılmaktadır. Düşük sıcaklıklarda (-270 °C'ye kadar) sıvılaştırılmış bütün gazların, kriyojenik tanklarda sıvılaştırma sıcaklığında muhafazası, tankın çift cidarı arasına perlit doldurularak sağlanmaktadır.

1.1.3.5 Tekstil Sektöründe Kullanımı

Perlit tekstilde ise yıkama işlemlerinde özellikle denim yıkamacılığında kullanılmaktadır. Denim kumaşlardan üretilen pantolon vb. giysilerde “stone-washed” ya da “taşlanmış” diye adlandırılan efekt elde edilmektedir. Perlitin bu amaçla tekstil yüzeylerini ve renk tonlarını değiştirmek için kullanımı WO/1997/012088, WO/1997/020096 ve WO/1995/009225 nolu patentlerde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. WO/1995/009225 nolu patentte selülaz enzimi, genişletilmiş perlit, fosfat tampon ve seyreltici içeren bir karışımla 55-60 °C'de 60 dakika yıkama yapılarak “stone-washed” ürün elde edilmektedir. WO/1997/020096 nolu patentte denim mamuller, belli miktarda pomza, perlit ve kostik soda ile karıştırılıp döndürülerek 20 dakika muamele edilmekte ve bu kuru bitim işlemi olarak adlandırılan işlemlerle ürünlerin görünüşlerinin iyileştirildiği belirtilmektedir. WO/1997/012088 nolu patentte ise su, genişletilmiş perlit ve selülaz enzimi içeren

bir flotteyle muamele edilen ürünlerde daha kadifemsi bir tuşe, eşit bir renk tonu solması ile birlikte hiç bir kesik ve yırtık olmadığı ifade edilmektedir.

1.1.3.5 Diğer Kullanım Alanları

Perlit abrazyonlarda, kriyojenik mühendislik dalında, kalafat macunu, lastik boya, emaye, seramik, plastik, reçine ve sabun yapımında dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Gres ve yağ emicisi olarak sıvı oksijen, hidrojen, propan ve metan gazı tanklarının yalıtımında kullanılmaktadır. Ambalajlama için dolgu maddesi olarak soğuk hava depolarının soğutma cihazlarının yalıtımında, sıcak su ve buhar ileten boruların yalıtımında da kullanılmaktadır. Ayrıca yalıtım çimentosu olarak gemi diplerinin doldurulmasında, petrol kuyularında, paketleme (ambalaj) malzemesi olarak da kullanılmaktadır.

Türkiye, dünyanın en zengin perlit rezervlerine sahip ülkelerinden birisidir. Ancak, bugüne kadar söz konusu perlit varlığının değerlendirilmesi konusunda çok fazla gelişme sağlanamamıştır.

1.2 Önceki Çalışmalar

Tez konusu kapsamında araştırılan özellikler ile ilgili yapılmış önceki çalışmalar aşağıda konu başlıkları halinde verilmiştir.

1.2.1 Antibakteriyal Özellik Konusundaki Önceki Çalışmalar

Takai ve diğer. (2002), ticari olarak bulunan antibakteriyal bitim işlemi görmüş tekstil ürünleri üzerinde kuru ve yaş ortamda 6 bakteri türünü kullanarak inceleme yapmışlardır. İnceledikleri ürünler % 100 pamuk ve değişik oranlarda pamuk/poliester karışımlarıdır. Kumaşlarda bulunan antibakteriyal ajanlar her bir kumaş için Ag, Zn, Cu-zeolit; Ag, Zn, amonyum zeolit; alifatik imid; kuaterner amonyum türevidir; çitosandır. Antibakteriyal etkinliğe ortamın kuru veya yaş olmasının, ortamda organik madde (kan vb.) bulunmasının etkisinin olduğunu ifade

etmişlerdir. Kuru ve yaş ortamın ikisinde de en iyi antibakteriyal etki iki üründe elde edilmiştir. Bunlar Ag, Zn, amonyum zeolit ile çitosan aplike edilmiş ürünlerdir. Bunların ortama organik madde eklenmesi durumunda çok güçlü olmasa da antibakteriyal etkinliği hala sürdürdükleri gözlemlenmiştir. Ticari olarak satılan bu ürünlerin hepsinin birbirinden farklı antibakteriyal etki gösterdiği ve her bakteriye karşı dirençli olmadığı tespit edilmiştir.

Taneri, Güneri, Aigner ve Kata (2002), farklı siklodekstrin türevlerinin içine ketokonazol mantar ilacını kapsüllemişlerdir. Kapsüllerin özelliklerini geliştirmek amacıyla farklı inklüzyon oluşturma yöntemleri (örme (yoğurma), püskürterek kurutma gibi.) kullanarak farklı ketokonazol/siklodekstrin mol oranlarında kapsülleri oluşturmuşlardır. Mikrokapsülleri termal yöntemlerle karakterize ederek, bir çok fiziksel ve kimyasal özelliklerini inceleyerek geliştirmeye çalışmışlardır.

Tarimala, Kothari, Abidi, Hequet, Fralick ve Dai (2006), %100 pamuklu dokuma kumaşa sol-jel yöntemine göre nano gümüş doplanmış silika aplike ederek antibakteriyal özellik kazandırmaya çalışmışlardır. Antibakteriyal etkinliği 600 nm'deki optik yoğunluğu ölçerek belirlemişlerdir. Yapılan çalışma ile *E. coli* bakterisine karşı çok yüksek antibakteriyal etki sağlamışlardır. Bu yöntem ile geliştirilen kumaşların tek kullanımlık bandajlarda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Jantas ve Gorna (2006), pamuklu kumaşa önce kloroasetil klorid ile birlikte pridin ile sonra potasyum tuzu ile muamele ederek antibakteriyal bitim işlemi uygulamışlardır. Antibakteriyal etkinlik *E. coli* bakterisi üzerinde incelenmiş olup, başlangıçtaki ve 24 saat sonrasındaki bakteri sayımı ile belirlenmiştir. Antibakteriyal bitim işlemi görmüş kumaşın güçlü bir antibakteriyal etki sağladığı, bakterilerin büyümesini önlemenin yanı sıra onları yok ettiğini vurgulamışlardır.

Wang ve Cai (2008), işlem görmemiş ve monoklortriazin aplike edilmiş pamuklu kumaşlara mikonozol nitrat içeren etanol çözeltisi ile muamele etmişlerdir. Kumaşların antimikrobiyal etkileri üç farklı mantar türünde (*Candida albicans*,

Aurococcus ve *Colon bacillus*) incelenmiştir. Monoklortriazin applike edilmiş kumaşlarda mantar mikroorganizmalarında %80-90 arasında azalma olduğu, 10 yıkama sonunda antibakteriyal özelliğin % 70'inin korunduğu saptanmıştır. *Candida albicans* türü ile yapılan deneylerde daha iyi sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir.

Fahmy (2009), PVP [poli(N-vinil-2-pirolidon)] ve DMDHEU (dimetilol dihidroksietilenüre) ile bitim işlemi görmüş pamuklu kumaşlara gümüş nitrat ile muamele ederek antibakteriyal özelliğini incelemiştir. *S.aureus* ve *E.coli* bakterileri kullanılarak yapılan testlerde inhibisyon bölgesi çaplarının sırasıyla 20 mm ve 17 mm'ye çıktığını tespit etmiştir.

Ibrahim, El-Gamal, Gouda ve Mahrous (2010) kına, zerdeçal ve soğan gibi doğal maddelerden elde edilen boyalarla ve farklı metal tuzlarını mordan maddesi olarak kullanarak, pamuklu kumaşları boyamış ve bu kumaşların antibakteriyal özelliklerini incelemiştir. *S.aureus* ve *E.coli* bakterileri kullanarak AATCC 100-1999 test metoduna göre antibakteriyal etkinliği araştırmışlardır. Mordan maddesi kullanılmadan boyanmış kumaşta bakteri sayısındaki azalma yüzdesi *S.aureus* ve *E.coli* için sırasıyla %83,3 ve %79,4 bulunmuştur. Mordan maddesi olarak Zr, Cu, Zn ve Al tuzları kullanılmış ve tuzların tümü bakteri sayısındaki azalma yüzdesini arttırmıştır. En iyi sonuç %97,3 ve %95,8 ile Zn tuzu kullanılması ile elde edilmiştir. Kullanılan doğal boyaların bakteri sayısında %95 ve üzerinde azalma sağladığı ancak zerdeçaldan elde edilen boyarmadde ile boyanmış kumaşın *S.aureus* ve *E.coli* bakterileri için sırasıyla %99,0 ve %96,6 azalma sağlamasıyla en iyi sonucu verdiği bildirilmiştir.

Ibrahim, Fahmy, Rehim, Sharaf ve Abo-Shosha (2010), hyperbranched poli(ester-amin) [HBP] kullanarak pamuklu kumaşın antibakteriyal özelliğini geliştirmeye çalışmışlardır. *S.aureus* ve *E.coli* bakterilerini kullanarak AATCC 147-1988 test metoduna göre antibakteriyal özelliği incelemiştir. Farklı HBP konsantrasyonlarında farklı apre maddeleri ile Cu veya Zn tuzları kullanarak işlem görmüş kumaşlarda inhibisyon bölgesinin çapının, *S.aureus* ve *E.coli* bakterileri için

sırasıyla 26 mm ve 24 mm'ye kadar çıktığı saptanmıştır. Zn tuzunun kullanılmasının, Cu tuzunun kullanılmasına göre daha iyi antibakteriyel etki sağladığı ifade edilmiştir.

Gouda ve Keshk (2010) pamuklu kumaşa kaplama tekniği ile çitosan applike etmişlerdir. Çitosan ile birlikte titanyumdioksit ve zirkonyumoksit de kullanmışlardır. Kaplanmış kumaşların antibakteriyel özelliğini *S.aureus* ve *E.coli* bakterileri kullanarak AATCC 100-1999 test metoduna göre araştırmışlardır. *S.aureus* ve *E.coli* bakterilerinin sayısındaki azalma yüzdesi sırasıyla çitosan kaplanmış kumaşta %80 ve %70,5; çitosan ile birlikte titanyumdioksit kaplanan kumaşta %86 ve %84, çitosanla beraber zirkonyumoksit kaplanan kumaşta %97 ve %95 olarak bulunmuştur. Çitosanla birlikte her iki metal oksitin kullanıldığı kumaşta ise bakteri sayısında %96 ve %93 oranında azalma gözlenmiştir. Metal oksitlerin kullanıldığı örneklerde 30 yıkama sonrasında bakteri sayısındaki azalma miktarı %80'in üzerinde olmuştur, bu iyi etkinin metal oksitlerin selüloza hidrojen bağı ile bağlanmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Dastjerdi, Montazer ve Shahsavan (2010) nanoboyutlu TiO_2 kolloidal solüsyonu, nanoboyutlu Ag kolloidal solüsyonu ve polisiloksan (nano parçacıklar için stabilizatör olarak) kullanarak bunları farklı konsantrasyonlarda poliester kumaşa applike etmişlerdir. AATCC 100 test metoduna göre antibakteriyel özelliklerini incelemişlerdir. Kumaşların çoğunda bakteri sayısında %98'in üzerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Polisiloksan kullanılmayan kumaşların yıkama sonrasında antibakteriyel etkinliklerinde epey düşme gerçekleşirken polisiloksan kullanılmış kumaşlarda çok az bir düşme olmuştur. Yıkama sonrasında sadece TiO_2 ile işlem gören kumaşlarda bakteri sayısında artış görülmüştür. Yıkama suyuna karışan TiO_2 parçacıklarının, yıkama süresince liflerin yapısını bozmuş olabileceğinden, kumaştaki lif oryantasyonunun bozulması ile oluşan küçük boşluklara, bakterilerin yerleşerek çoğalmış olabileceğini söylemişlerdir. TiO_2 ile birlikte Ag'ün kullanılması, antibakteriyel özelliğin yıkama sonrasında azalsa bile hala kalmasına sebep olmuştur.

Mihailovic ve diğ er. (2010) poliester kumaşa alginat ve nano TiO₂ applike etmiş ve *E.coli* bakterisini kullanarak AATCC 25922 test metoduna göre antibakteriyal özelliğini incelemiştir. Alginat applike edilmiş kumaşta bakteri sayısında %9,6 azalma olurken TiO₂ applike edilmiş kumaştaki bakteri sayısındaki azalma %91,3 olduğu belirlenmiştir. Alginat ve TiO₂ birlikte applike edilen kumaşta, bakteri sayısında %99,9 azalma olduğu ve 5 yıkama sonrasında ise azalmanın %99,8 olduğu saptanmıştır.

Jiang, Qin, Guo ve Zhang (2010) poliester kumaşın yüzeyini manyetron yöntemi ile gümüş nanoparçacıkları ile kaplamışlardır. *S. aureus* ve *E. coli* bakterilerinde AATCC 100 test metoduna göre bakteri sayısındaki azalma yüzdelerini belirlemiştir. Gümüş kaplanmış poliester kumaşın *S. aureus* ve *E. coli* bakterilerinin sayılarını sırasıyla %99,8 ve %99,7 azalttığı gözlemlenmiştir. Gümüşün normal metal durumunda tesirsiz olduğu ancak derideki nem ile ya da yaradaki sıvı ile etkileşime girdiğinde iyonize olarak reaktifliği yüksek bir hale geldiği bildirilmiştir. İyonize gümüşün de doku proteinlerine bağlanarak, bakteri hücre duvarında ve çekirdekte yapısal değişikliklere yol açarak bakteriyi öldürdüğü ifade edilmiştir. Ayrıca bakteri DNA ve RNA'sına bağlanarak bunların doğal yapısını bozarak bakterinin replikasyonunu engellediği belirtilmiştir.

Üreyen, Gök, Ateş, Günkaya ve Süzer (2010), deniz yosunu ve gümüş iyonu içeren SeaCell® Active lifleri ile pamuk liflerini karıştırarak oluşturdukları örme kumaşların antibakteriyal özelliklerini incelemiştir. Kumaş karışımındaki Seacell lifinin miktarı %3 ile %53 arasında değişen 5 farklı oranda kullanılmıştır. *S. aureus* ve *Klebsiella pneumoniae* bakterileri kullanılarak AATCC 100 test metoduna göre her 10 yıkama sonrasında (toplam 60 yıkama) kumaşlar test edilmiştir. Test sonuçlarına göre kumaşa iyi bir antibakteriyal etkinlik kazandırıldığı ifade edilmiştir. Karışımında olan Seacell yüzdesinin artmasıyla antibakteriyal özelliğin geliştiği bunun yanında güçlü bir antibakteriyal etki için kumaşın gümüş içeriğinin 50 mg/kg'ın üzerinde olması gerektiği belirtilmiştir. Yüksek oranda Seacell içeren kumaşlarda 60 yıkama sonrasında hala antibakteriyal etki gözlenirken, bu oran düşükçe antibakteriyal etkinin de kaybolduğu belirtilmiştir.

Mahlitig ve Fischer (2010) gümüş içeren SiO₂ solünü viskon bezayağı dokuma kumaşa aplike etmişlerdir. Aplikasyon ile kumaşların üzerindeki Ag miktarının ağırlıkça %0,04 ile %3,5 arasında değiştiği bildirilmiştir. *E. coli*, *Candida cariosilignicola* ve *Candida glabrata* bakterilerine karşı antibakteriyal etki incelenmiştir. İşlem görmüş kumaşların her üç bakteri türüne karşı çok yüksek antibakteriyal etki gösterdiği, 10 yıkama sonrasında da bu etkinin %0,9 ve üzeri miktarda gümüş içeren kumaşlarda aynı olduğu saptanmıştır. Bu şekilde işlem gören kumaşların antimikrobiyal giysilerde kullanılabilmesi ifade edilmiştir.

Anita, Ramachandran, Rajendran, Koushik ve Mahalakshmi (2011), çinko oksit nanoparçacıklarını kapsülleyerek çektirme yöntemine göre bezayağı pamuklu kumaşa aplike etmişlerdir. *S. aureus* ve *E. Coli* bakterilerini kullanarak AATCC 100 ve AATCC 147 metodlarına göre antimikrobiyel özelliklerini incelemişlerdir. Agar difüzyon testi sonucunda oluşan inhibisyon bölgelerinin çaplarının *S. aureus* ve *E. Coli* bakterileri için sırasıyla 2,8 mm ve 2,5 mm olduğu belirlenmiştir. AATCC 100 testinin sonucunda bakteri miktarındaki azalma *S. aureus* ve *E. Coli* bakterileri için sırasıyla %99,99 ve %92,71 olduğu tespit edilmiştir. Antibakteriyal etkinliğin 5 yıkama sonrasında yaklaşık olarak % 3,5 ve 10 yıkama sonrasında yaklaşık %7 azaldığı belirtilmiştir.

Chen ve diğer. (2011), sol-jel yöntemine göre siloksan sulfopropilbetain kullanarak çevre dostu bir antibakteriyal bitim işlemi geliştirmişlerdir. Antibakteriyal etkinlik *S. aureus*, *E.coli* bakterileri türleri ile *C. albicans* mantar türü üzerinde incelenmiştir. Üç mikroorganizma için de antibakteriyal etkinin %99,9 olduğu, 50 yıkama sonrasında antibakteriyal etkinin hala %90'ın üzerinde olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca sentezlenen maddenin tavşanlar üzerinde yapılan deneylerde toksit olmadığı, insanlar üzerinde yapılan testlerde, insan derisinde herhangi bir iritasyon oluşturmadığı ortaya konulmuştur.

Shafei ve Okeil (2011) farklı oranlarda (%2-6) ZnO karboksimetil çitosan bionano-kompozit süspansiyonu ile muamele ettikleri pamuklu kumaşın antibakteriyal özelliklerini incelemişlerdir. Antibakteriyallik *S. aureus*, *E.coli*

bakterilerini kullanarak inhibisyon bölgesi metoduna göre test edilmiştir. İnhibisyon bölgelerinin çapları %2 bionano-kompozit konsantrasyonunda *S. aureus*, *E.coli* bakterileri için sırasıyla 12 mm ve 6 mm, %4 konsantrasyonda 26 mm ve 22 mm, %6 konsantrasyonda 25 mm ve 22 mm olduğu belirlenmiştir. ZnO karboksimetil çitosan bionano-kompozit ile muameleyle pamuklu kumaşın antibakteriyal özelliğininin önemli ölçüde geliştirildiği bildirilmiştir.

1.2.2 Tekstil Atık Suyu Renk Giderimi Konusundaki Önceki Çalışmalar

Akbari, Remigy, Aptel (2002) acid red 4, acid orange 10, basic blue 3, direct yellow 8, direct red 80, dispers blue 56 ve reactive orange 16 boyarmaddelerini aktif katmanı poliamid olan ince-film kompozit nanofiltrasyon membranı (Desal 5DK) kullanarak filtre etmişlerdir. Direct yellow 8, direct red 80 gibi molekül ağırlığı yüksek boyarmaddelerde membranın boyarmaddenin %100'ünü tuttuğu belirtilmiştir. Diğer boyarmaddelerde de %95'in üzerinde renk giderimi görülmüştür.

Pala, Tokat (2002) tekstil atıksuyunun aktif çamur ile renk giderimi konusunda çalışmışlardır. Spesifik organik flokülant (DEC), aktif karbon tozu (PAC), bentonit, aktif kil ve ticari sentetik inorganik kil maddelerinin aktif çamur sistemine eklenmesinin renk giderimine etkisi araştırılmıştır. Aktif çamur sistemine 120 mg/L ve 100 mg/L DEC ilavesi ile sırasıyla %78 ve %65 renk giderimi sağlanırken , 200 mg/L ve 400 mg/L PAC ilavesi ile sırasıyla %77 ve %86 renk giderimi sağlandığı belirtilmiştir.

Voncina ve Majcen-Le-Marechal (2003), reactive yellow 15, reactive red 22, reactive blue 28, remazol dark black N 150%, reactive blue 220 ve reactive black 5 indeks numaralı boya larını (10mg/L) içeren sulu solüsyonlarının ultrases ve kombine ultrases/H₂O₂ kullanarak renk giderimini incelemiştir. Ultrases ile 7 saat işlem görmesi sonucunda en yüksek renk giderimi % 96,2 oranında reactive black 5'te, en düşük renk giderimi ise %70,4 oranında reactive blue 220'de elde edilmiştir. Boya solüsyonlarına H₂O₂ ilave edilerek yapılan 4 saatlik ultrases işlemi ile en düşük ve en

yüksek renk giderim oranları sırasıyla reactive blue 28 için % 91 ve reactive black 5 için de % 98,6 olarak tespit edilmiştir.

Al-Ghouti, Khraisheh, Allen ve Ahmad (2003), diatomit (diatom fosillerini içeren silisli bir kaya) kullanarak tekstil atıksularında renk giderimini incelemişlerdir. Methylene blue, cibacron reactive black C-NN ve reactive golden yellow MI-2RN boyarmaddelerinin farklı konsantrasyonlarda sulu solüsyonları 48 saat süre ile diatomit ile karıştırılarak renk giderimleri belirlenmiştir. Methylene blue'nun 50 mg/dm³ konsantrasyonu için renk giderimi %100 iken artan konsantrasyonlarda azalarak 400 mg/dm³ konsantrasyonunda %50,1'e kadar düştüğü görülmüştür. Cibacron reactive black C-NN'in 100 mg/dm³ konsantrasyonu için renk giderimi % 26,8 olarak artan konsantrasyonlarda biraz artarak 1000 mg/dm³ konsantrasyonunda % 30,76'ya yükseldiği belirlenmiştir. Reactive golden yellow MI-2RN rengi için 100 mg/dm³ konsantrasyonu için renk giderimi % 18,9 olduğu artan konsantrasyonlarda ise azalarak 1000 mg/dm³ konsantrasyonunda % 14,28'e düştüğü görülmüştür.

Çapar, Yetiş ve Yılmaz (2004), bir halı fabrikasına ait baskı ve asit boyama atık sularının membran proses ile arıtımı konusunda çalışmışlardır. Selüloz, cam lifi, selüloz asetat malzemelerinden mikrofiltrasyon membranları, polietersülfon, kompozit floro polimer malzemelerinden ultrafiltrasyon membranları ve poliester üzerine ince film nanofiltrasyon membranı kullanılmıştır. Baskı atık sularında tüm membranlarda %90'ın üzerinde renk giderimi sağlanırken, asit boyama atık sularında mikrofiltrasyon ile %82, ardından nanofiltrasyon ile %100 renk giderimi sağlandığı belirtilmiştir.

Doğan, Alkan, Türkyılmaz ve Özdemir (2004), methylene blue adsorpsiyon yoluyla renk gideriminde perlit kullanımını incelemişlerdir. Farklı konsantrasyonlarda ($[1,5; 2 \text{ ve } 2,5] \times 10^{-4}$ mol/L) methylene blue içeren solüsyona 10 g/L perlit ilave edilerek, 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra 15 dakika 5000 rpm'de santrifüj işlemi yapılmıştır. Konsantrasyonun, sıcaklığın ve pH'nın artması perlit üzerine boyanın adsorpsiyonunu arttırdığı belirlenmiştir. 30°C ve pH 7'de $1,5 \times 10^{-4}$ mol/L methylene blue konsantrasyonunda $1,49 \times 10^{-5}$ mol/L

adsorpsiyon elde edilirken $2,5 \times 10^{-4}$ mol/L konsantrasyonunda $1,81 \times 10^{-5}$ mol/L adsorpsiyon elde edilmiştir.

Aguedacha, Brosillon, Morvan ve Lhadi (2005) reactive black 5 ve reactive yellow 145 indeks numaralı boyarmaddelerin sulu solüsyonlarının renk giderimini fotokatalitik bozunma yöntemiyle incelemiştirlerdir. Fotokatalizör olarak doğal selülozdan 2 mm kalınlığında dokusuz yüzey filtre malzemesi üzerine SiO_2 bağlayıcı kullanılarak TiO_2 kaplanmış materyal kullanılmıştır. Fotoreaktörün iç duvarına fotokatalizör malzemesi yerleştirilerek üzerine 500 ml reactive black 5 veya reactive yellow 145 solüsyonları ilave edilerek UV ışığına maruz bırakılmıştır. 5 saatlik ışığa maruz kalma süresi sonunda reactive black 5 ve reactive yellow 145 boyalarının sırasıyla % 64 ve % 62 oranında bozunduğu tespit edilmiştir.

Elmacı, Yonar, Özengin ve Türkoğlu (2005), yaygın olarak kullanılan 3 alg türü ile (*Chara sp.*, *Cladophora sp.* ve *Chlorella sp.*) sentetik olarak hazırlanan bir hidroliz boyar maddenin Remazol Turkish Blue-G'nin renk giderimi üzerinde çalışmışlardır. Yapılan çalışmada en iyi renk giderimi *Chlorella sp.* alg türü ile %27 oranında elde edilmiştir.

Lee, Choi, Thiruvenkatachari, Shim ve Moon (2006) reactive black 5 ve reactive orange 16 boyarmaddeleri ile sentetik olarak hazırlanmış kirli sudan koagülasyon+adsorpsiyon+membran filtrasyon yöntemi ile %99,9 oranında renk kazanımı elde etmişlerdir. Çalışmada, içi boş liflerden yapılmış polietilen mikrofiltrasyon membranı kullanılmıştır.

Hanay ve Hasar (2007), fenton oksidasyon prosesi ile bir tekstil firmasından tedarik ettikleri atık suda renk giderimi çalışmışlardır. Fe^{+2} ve H_2O_2 konsantrasyonu, pH, reaksiyon süresi ve sıcaklık gibi parametrelerin değişmesine bağlı olarak %85-96 arasında değişen renk giderim verimleri elde edilmiştir.

Ahmad ve Puasa (2007), reactive black 5 (0,5g/L) ve reactive orange 16 (0,5g/L) boyarmaddelerini içeren sulu solüsyonları iki adımlı olarak filtre etmişlerdir. Birinci

adım olan koagülasyonun ardından ikinci adım olarak misel destekli ultrafiltrasyon işlemi uygulanmıştır. İnce film ultrafiltrason membranı kullanılmıştır. Bu iki işlemle, reactive black 5 boyarmaddesi içeren suyun renginin %99,75 ve reactive orange 16 boyarmaddesi içeren suyun renginin de %99,98 oranında giderildiği bildirilmiştir.

Vishnu ve Joseph (2008) reactive red 120, reactive yellow 84, reactive blue 5, cibacron yellow LSR, cibacron red LS6G, cibacron blue LSG boyarmaddelerinin nanofiltrasyon membran işlemi ile renk giderimini incelemiştir. Çalışmada farklı konsantrasyonlarda boya (150-2400 mg/L arasında değişen), tuz (10-90 mg/L arasında değişen) ve poliamid nanofiltrasyon membranı kullanılmıştır. Tüm renk tonları için %90'ın üzerinde renk giderimi, tuz içeren solüsyonlarda ise %95'in üzerinde renk giderimi elde edilmiştir.

Şahinkaya, Uzal, Yetiş ve Dilek (2008), aktif çamur işlemi ile birlikte nanofiltrasyon uygulayarak denim boyama yapan bir işletmenin atıksuyunun tekrar kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Aktif çamur işlemi ile renk giderimi verimi 75 ± 10 olarak elde edilmiştir. Biyolojik işlemin ardından nanofiltrasyon uygulanarak atıksuyunun tekrar kullanılabilirlik kriterlerini sağladığı bildirilmiştir.

Zongo ve diğer. (2009) elektrokoagülasyon yöntemi ile tekstil atıksularının arıtımını incelemiştir. Bu amaçla alüminyum ve demir elektrotların kullanıldığı elektrokoagülasyon sistemi kullanılmıştır. Sistemde atık suyun 60 dakika dolaştırılması sonucu %90'ın üzerinde renk giderimi elde edilmiştir.

Damas, Miranda, Pia, Clar, Clar ve Roca (2010), seramik membran kullanarak tekstil atık suyunun filtrasyonunu incelemiştir. Araştırmada boyama, baskı ve bitim işlemlerinin yapıldığı bir işletmeden alınan, içerisinde çeşitli boya ve kimyasalların bulunduğu bir atık su kullanılmıştır. Çalışmada sekiz kanallı tüp şeklinde destek katmanı TiO_2 , aktif katmanı ZrO_2 olan seramik membran kullanılmıştır. Atık su önce kartuş filtreden geçirilmiş ardından seramik membran ile ultrafiltrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Akış hızı ve membranın değişen molekül ağırlığı sınırına bağlı olarak renk giderimi verimi %82 ile %98 arasında elde

edilmiştir. (Molekül ağırlığı sınırı, membran tarafından %90 oranında tutulan bir molekülün mol ağırlığıdır (Mulder, 1996).)

Mahmoodi, Salehi, Arami ve Bahrami (2011), direct red 23 and acid green 25 anyonik boyarmaddelerinin renk gideriminde çitosan kullanmışlardır. 25-100 mg/L arasında değişen boya konsantrasyonlarında renk giderimi 30 dakika süre sonunda %70-90 arasında elde edilmiştir. Konsantrasyon arttıkça renk giderimi yüzdesinin azaldığı görülmüştür. 50 mg/L başlangıç boya konsantrasyonundaki suya NaCl, Na₂SO₄, NaHCO₃ tuzlarının eklenmesinin renk giderimi performansını düşürdüğü belirtilmiştir.

1.2.3 Zeytinyağı Filtrasyonu Konusundaki Önceki Çalışmalar

Bottino ve diğer. (2004), sızma zeytinyağlarının çeşitli membranlarla filtrasyonunu incelemiştir. Araştırmada polipropilen ya da PTFE polimerden düz yaprak şeklinde mikrofiltrasyon membranları, destek katmanı Al₂O₃ veya karbon, aktif katmanı ise TiO₂ olan tüp şeklinde tek veya çok kanallı ultrafiltrasyon veya mikrofiltrasyon seramik membranları kullanılmıştır. Zeytinyağının serbest yağ asidi (% oleik asit cinsinden), peroksit ve UV absorbans değerleri ölçülmüştür. Zeytinyağı, sistemde 3 saat süre ile filtre edilmiştir. Polimerik membranlardaki süzülme akısının (L/m²h), aynı koşullarda ve aynı gözeneklilikteki seramik membranlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Ölçümler esnasında bazı seramik membranlarda akının çok düşük olduğu görülmüş ve ölçüme bu membranlarla devam edilmemiştir. Sıcaklık arttıkça yağın viskozitesinin düşmesi sebebiyle akının da arttığı görülmüştür. Sıcaklığın 20°C'den 50°C'ye yükselmesi akıyı 24 L/m²h'den 50 L/m²h'ye yükseltmiştir. Polimerik membranda sabit basınç altında zamanla akıda meydana gelen düşüşün, seramik membranda meydana gelen düşüşten daha fazla olduğu belirtilmiştir. Süzülmemiş yağın asit değerinin 0,42 olduğu bunun membran filtrasyonu sonrasında aynı kaldığı, peroksit değerinin 7,5 iken membran filtrasyonu sonrası 8,2 ile 8,7 arasında değerler aldığı ama bunun önemli bir değişiklik olmadığı, UV absorbansının da değişmediği tespit edilmiştir.

Fregapane, Lavelli, Leon, Kapuralin ve Salvador (2006), uzun süreli saklama durumunda zeytinyağının filtre edilip edilmemesinin zeytinyağına etkisini incelemişlerdir. Filtre kağıdı ile filtre edilen zeytinyağı ile filtre edilmemiş zeytinyağı, 25 °C'de 12 ay, 40°C'de 8 ay süre ile kapalı şişelerde saklanmıştır. 25 °C'de muhafaza edilen yağların asit değerlerinde pek değişim olmadığı ancak 40°C'de muhafaza edilen yağlarda asit değerlerinin arttığı, filtre edilmemiş yağın asit değerinin filtre edilmiş yağa göre daha fazla arttığı tespit edilmiştir.

Caravaca ve diğer. (2007), filtre işleminin sızma zeytinyağındaki fenolik içeriğine etkisini incelemişlerdir. Zeytinyağı, pamuk ve filtre kağıdı olmak üzere iki farklı filtre sistemi ile süzümüştür. Filtrasyondan sonra yağın oksidasyon stabilite indeksinde düşüş olduğu, özellikle pamuk filtre ile süzümüş yağın hidroksitirosol (güçlü bir antioksidan) miktarında önemli düşüş olduğu görülmüştür. Her iki sistemle filtre edilen yağlarda ilginç olarak fenol içeriğinde belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. Buna sebep olarak, filtre sırasında yağda bulunan suyun uzaklaştırılması sonucu azalan su miktarının fenol %'sini arttırdığı ifade edilmiştir. Ayrıca filtrasyonun yağın yeşil renginin yoğunluğunu azalttığı bildirilmiştir.

Sanchez, Carretero ve Gutierrez (2011), iki farklı sızma zeytinyağını diatomit, selüloz (Filtracel 1000, Vitacel L90) ve mısır nişastası ile filtre ederek fenolik bileşiklerdeki değişimi incelemişlerdir. Zeytinyağları laboratuvar ortamında vakum pompası kullanılarak filtre edilmiştir. Bunun için 70 gram zeytinyağına karşılık 1 gram filtre malzemesi kullanılmıştır. Zeytinyağı (70 g) diatomit ile 5 saat, Filtracel 1000 ile 3 saat 45 dakika, nişasta ile 3 saat 30 dakika ve Vitacel L90 ile de yine 3 saat 30 dakika filtre edilmiştir. Tüm filtre edilen yağların fenolik konsantrasyonunda önemli bir kayıp olduğu belirlenmiştir.

1.2.4 Güç Tutuşurluk Konusundaki Önceki Çalışmalar

Wang ve diğer. (2000), pamuklu kumaşı farklı oranlarda halojen/antimon karışımı ile kaplayarak güç tutuşurluk özelliklerini incelemişlerdir. Antimon trioksit ile halojen olarak kullanılan klor ve brom için vinil klorit akrilik kopolimer ve

dekabromodifenil bileşikleri kullanılmıştır. Tek başına antimon (Sb) kullanılarak kaplanmış kumaşın LOI değeri %23,2 iken buna kloroparafın eklenmesi ile %26,4'e yükseldiği kaydedilmiştir. Br/Sb kullanılan kumaşlarda Br oranı arttıkça LOI değeri beklenilenin aksine %26,4'ten %24'e düştüğü belirtilmiştir. En yüksek LOI değerleri, Cl+Br/Sb mol oranının 2,5+3,5/1 olduğu durumlarda elde edildiği ifade edilmiştir. Br/Cl oranının 0,5'ten fazla olması LOI üzerinde ters etki yaparak LOI değerini düşürdüğü bildirilmiştir. Araştırmacılar ayrıca, Sb-Br yerine başka maddeler kullanılarak aynı etki sağlanıp sağlanamadığını incelemişlerdir. Bunun için amonyum fosfat, halkalı fosfonat, alüminyum trihidrat ve çinko hidroksistannat kullanmışlardır. Amonyum fosfat, halkalı fosfonat bileşiklerinin fosfor içerdikleri için güç tutuşurluk özelliğini arttırdığını ancak yüksek oranda kullanıldığında kumaşta sararma ve yapışkanlık oluştuğunu bildirmişlerdir. Alüminyum trihidrat ve çinko hidroksistannat'ın iyi bir güç tutuşurluk sağlayabilmeleri için %50'den daha fazla oranda kullanılmaları gerektiği belirtilmiştir.

Horrocks, Wang, Hall, Sunmonu ve Pearson (2000) pamuk ve pamuk/poliester (65/35) kumaşları ticari olarak kullanılan fosfor içerikli güç tutuşurluk maddeleri ile kaplayarak kumaşların güç tutuşurluk özelliklerini incelemişlerdir. Kullanılan maddeler melamin fosfat, dipentaeritritol, halkalı fosfonat, amonyum fosfat, etilendiamin fosfat, melamin halkalı dipentaeritritol asit fosfat ve halkalı dipentaeritritol asit fosfat içeriklidir. Kaplanmış kumaşların LOI değerlerinin %24,2 ile %31,6 arasında değiştiği saptanmıştır. Aynı reçete ile kaplanmış %100 pamuklu kumaşların LOI değerlerinin, pamuk/PES karışım kumaşlarının LOI değerlerinden yaklaşık sayısal olarak 1 veya 2 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Devaux, Rochery ve Bourbigot (2002), poliüretan reçinenin içine montmorillonit kili (düşük oranda Al, Na, Fe ve Mg içeren bir kil) ve polihedral oligomerik silseskuoksan (POSS) (organik-inorganik hibrit materyal) ekleyerek poliester ve pamuk kumaşların güç tutuşurluk özelliklerini iyileştirmeye çalışmışlardır. PU/montmorillonit ve PU/POSS ile kaplanan kumaşların yangına karşı daha koruyucu olduğu, montmorillonitin güç tutuşurluk özelliğini POSS'a göre daha

sınırlı olarak iyileştirdiğini belirtmişlerdir. POSS kimyasal yapı zincirine eklenmiş olan kimyasal grupların güç tutuşurluk davranışını etkilediğini ifade etmişlerdir.

Özcan, Dayıoğlu ve Candan (2003) fiziksel parametrelerin örme kumaşların güç tutuşurluk özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Kumaşlara BS 5438'e göre dikey yakma testi uygulamışlardır. Kumaşın birim alan kütlelerinin artmasının tutuşma zamanını arttırdığı, alev yayılma hızını azalttığı belirtilmiştir. Kumaşın örtme faktörü ve kalınlığının sadece tutuşma zamanını etkilediği ve bu parametrelerin artmasının tutuşma zamanını arttırdığı belirlenmiştir. Hava geçirgenliği ve ilmek yoğunluğunun kumaşın yanma özelliğine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Yanma sırasında kumaşın yönünün (atkı ve çözgü) yanma hızı üzerinde bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Kumaşta kullanılan lycra yüzdesinin yanma davranışı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, bunun lycra yüzdesinin kumaşın yanma davranışını değiştirebilecek kadar yeterli bir miktarda olmamasından kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir. Pamuk ile viskon veya PET karışımı durumunda alev yayılma hızının arttığı, tutuşma süresinin azaldığı bildirilmiştir. Kumaşta open-end iplik kullanılmasının ring iplik kullanılmasına göre, kumaşın %50 daha hızlı yanmasına sebep olduğu belirtilmiştir. İplik numarası ve büküm miktarının kumaşın yanıcılığını etkilemediği ancak iplik numarasının yanma davranışını etkilediği belirtilmiştir. İplik numarasının artması tutuşma süresini kısalttığı belirlenmiştir. Alev yayılma hızının 2 iplik futter kumaştan, pike kumaşa ve süprem kumaşa doğru arttığı, buna paralel olarak da tutuşma süresinin bu sıra ile azaldığı bildirilmiştir.

Kosuge, Takayasu ve Hori (2005), otomobillerde kullanılacak ses yalıtım malzemelerinin aynı zamanda güç tutuşur olması gerekliliği konusunda çalışmışlardır (FMVSS 302). Aramid liflerinin pahalı olması sebebiyle üreticiler dokusuz yüzeylere %50'den fazlası para-aramid olmak kaydıyla PET lifleri de karıştırarak maliyeti azaltma yoluna gitmişlerdir. Ancak bu oluşan dokusuz yüzeyin de hala pahalı olması sebebiyle araştırmacılar %50'den daha az oranda para-aramid kullanarak bir ürün geliştirmeyi amaçlamışlardır. Farklı oranlarda para-aramid, meta-aramid, PET ve düşük erime noktasına sahip PET kesikli lifleri kullanarak iğneleme ve su jeti ile sabitleme yöntemleri ile dokusuz yüzeyler elde etmişlerdir. Güç

tutuşurluk özelliği ISO 10047:1993 standardına uygun olarak incelenmiştir. Kumaştaki para-aramid oranının %20'den fazla olması ve kumaş yoğunluğunun $0,054 \text{ g/m}^3$ 'den az olması koşulları ile dokusuz yüzey kumaşın kendi kendine sönebilen davranış gösterdiği belirlenmiştir. Güç tutuşurluğun %50'den az para-aramid oranı ile elde edilmesi, kumaşın yoğunluğunun azalması ve kesikli lif kullanımını ile açıklanmıştır. Para-aramid içeren kumaş ateşe maruz kaldığında önce PET liflerinin eridiğini ve sonra bunun en yakındaki para-aramid liflerine yapışarak ateşe maruz kalan bölgede yanıcı materyal kalmadığını ifade etmişlerdir. Ancak aynı oranda (%30) meta-aramid içeren dokusuz yüzey kumaşın yandığı bunun sebebi olarak da PET lifleri eriyip meta-aramide yapıştığında meta-aramid liflerinin para-aramid liflerinden farklı davranış gösterdiği, bu iki aramid lifinin ısıl çekme özelliğindeki farklılıktan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Tsafack ve Grützmacher (2006), pamuklu kumaşlara fosfor bileşiklerini argon plazması ile applike ederek kumaşların LOI değerlerini belirlemişlerdir. Dietil(akriloiloksietil)fosfat (DEAEP), dietil-2-(metakriloiloksietil)fosfat (DEMEP), dietil(akriloiloksimetil)fosfat (DEAMP), dimetil(akriloiloksimetil)fosfat (DMAMP), dietil(akriloiloksi)etilfosforamidit (DEAEPN), akriloiloksi-1,3-bis(dietilfosforamidit)propan (BisDEAEPN) bileşiklerini ağartılmış pamuklu kumaşlara (120 ve 210 g/m^2) farklı oranlarda ayrı ayrı applike etmişlerdir. İşlem görmemiş pamuklu kumaşın LOI değeri %19 iken işlem görmüş kumaşların LOI değerleri % 20 ile 29,5 arasında değişim göstermiştir. En iyi sonuç DEAEPN ve BisDEAEPN bileşikleri applike edilmiş kumaşlarda sırasıyla % 28,5 ve %29,5 olarak elde edilmiş ve bu iyi sonuç bileşiklerdeki azot varlığına dayandırılmıştır. Azotun fosfor bileşiklerinin güç tutuşurluk özelliğini iyileştirdiği ifade edilmiştir.

Gaan ve Sun (2007), pamuklu kumaşa 6 farklı fosfor bileşiği emdirmiş ve bu kumaşların LOI değerlerini ölçmüşlerdir. Araştırmada kullanılan fosfor bileşikleri, diamonyum fosfat, trialil fosfat, tribütil fosfat, trialil fosforik triamid, N-metilol-3-(dimetilfosfono)propionamid ve fosforik asittir. Kumaşlar üzerindeki fosfor yüzdelerinin % 1, 2 ve 4 olduğu belirtilmiştir. İşlem görmemiş pamuklu kumaşın LOI değeri %18,5 olarak tespit edilirken fosfor bileşikleri ile muamele edilmiş

kumaşların LOI değerlerinin %21,5 ile %35,5 arasında olduğu saptanmıştır. Diamonyum fosfat, fosforik asit ve N-metilol-3-(dimetilfosfono)propionamid emdirilmiş kumaşların LOI değerlerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek LOI değerleri diamonyum fosfat ile fosforik asit bileşiklerinde elde edilmiştir. Diamonyum fosfat ile işlem görmüş kumaşın % 1, 2 ve 4 fosfor içeriği için LOI değerleri sırasıyla, % 24,5; 28,5 ve 35,5 olarak elde edilirken, fosforik asit için LOI değerleri sırasıyla % 24, 27 ve 31 olarak elde edilmiştir. N-metilol-3-(dimetilfosfono)propionamid emdirilmiş kumaşın LOI değerleri ise % 1, 2 ve 4 fosfor içeriği için sırasıyla %23,5; 26 ve 31 olduğu belirlenmiştir. Kumaşlarda yanma sonrasında oluşan kalıntıların SEM görüntüleri incelendiğinde, bu 3 fosfor bileşiği ile işlem görmüş kumaşlardaki lif morfolojisinin korunduğu ayrıca N-metilol-3-(dimetilfosfono)propionamid ile işlem görmüş kumaştaki liflerin üzerinde yanma sonrasında yanmayan bir kaplama tabakası olduğu belirlenmiştir. Bu tabakanın, alt katmanları yanmaya karşı korumada etkili olabileceği ifade edilmiştir.

Gu (2009), Nomex ve Lenzing Viskoz FR liflerini farklı oranlarda harmanda karıştırarak iplik eğirmiş ve bu ipliklerden bezayağı kumaş dokuyarak, bu kumaşların dikey yakma ve LOI testlerini yapmıştır. LOI ölçümleri ASTM D7348-08'e uygun olarak yapılmıştır. Dikey yakma testinde (ASTM D6413) asılı pozisyonda duran kumaş alt ucundan 12 s süre ile aleve maruz bırakılmış ve sonra hasar görmüş olan bölgenin uzunluğu ile yanmanın devam etme süresi ölçülmüştür. Dikey yakma testi sonucunda hasar görmüş bölgenin uzunluğu en fazla 46 mm ile %100 Viskoz FR kumaşta, en az da 23 mm ile %80/20 Nomex/Viskoz FR kumaşta olduğu belirlenmiştir. %100 Nomex kumaşta hasar gören uzunluğun 33 mm olduğu ve karışım kumaşlardan daha fazla olduğu saptanmıştır. Yanmanın devam etme süresi %100 Viskoz FR kumaşta 1,2 s ile en fazla olduğu ve karışımdaki Nomex miktarı arttıkça bu sürenin kısalarak %100 Nomex kumaşta 0,1 s'ye kadar indiği belirtilmiştir. Tüm kumaşların LOI değerlerinin %27'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. %100 Viskoz FR kumaşın LOI değerinin %100 Nomex kumaştan çok az daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Karışım kumaşların LOI değerlerinin %100 kumaşlardan daha yüksek olduğu, en yüksek LOI değerine %36,1 ile %80/20

Nomex/Viskoz FR kumaşın sahip olduğu saptanmıştır. Liflerin güç tutuşurluk etkilerinin iyi olması, Nomex'te aromatik halka ile amid bağlarının makromoleküle termal stabilite vermesiyle, Viskoz FR de ise yüksek sıcaklıkta lifin dehidrasyona uğraması, karbonize olması ve yanıcı gazların azalmasına dayandırılmıştır. Nomex/Viskoz FR karışımı malzemelerin güç tutuşurluk amaçlı kullanılabileceği ifade edilmiştir. %80/20 Nomex/Viskoz FR karışımı malzemelerin %100 Nomex'e göre daha iyi sonuç vermesi ve ondan daha ekonomik olması bakımından güç tutuşurluk amaçlı üretilmesi önerilmiştir.

Erdem, Cireli ve Erdoğan (2009), halıların hav ipliğinde kullanılmak üzere güç tutuşur PP ipliği elde etmek için SiO₂ nanoparçacıklarını kullanmışlardır. %0,3; %1 ve %3 SiO₂ nanoparçacıkları içeren polimer eriğinden lif çekmişlerdir. Filamentlerin LOI ölçümleri ASTM D-2863-76'ya göre yapılmıştır. PP'nin alifatik yapısından dolayı çok hızlı yanıcı bir lif olduğu LOI değerinin de %18 olduğu belirtilmiştir. %0,3; %1 ve %3 SiO₂ nanoparçacıkları içeren filamentlerin LOI değerlerinin sırasıyla % 20, 21 ve 22 olduğu belirlenmiş, SiO₂ nanoparçacıklarının miktarındaki artışın kademeli olarak LOI değerini arttırdığı belirtilmiştir. Ancak filamentlerin hiçbirinin güç tutuşurluk sınırına (LOI=%28) ulaşamadığı bildirilmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından LOI değeri %20,95 ve 28 arasında olan malzemelerin yavaş yanıcı olarak nitelendirildiği ve dolayısıyla % 1 ve %3 SiO₂ nanoparçacıkları içeren filamentlerin de yavaş yanıcı materyal olarak nitelendirilebileceği ifade edilmiştir.

Wu, Yang ve He (2010), pamuklu polar kumaşları farklı sayıda karboksilik grup içeren polikarboksilik asit ile emdirmiş, kurutmuş ve kütleme yapmışlardır. Kullandıkları asitler; 1,2,3,4-bütantedrakarboksilik asit, sitrik asit, süksinik asit ve malik asittir. ASTM 1230 standardına göre 45° eğik yakma testi yapmışlardır. Bu teste göre kumaşlar 3 sınıfa ayrılmaktadır. Sınıf I, normal yanıcı kumaşlar (konfeksiyon ürünü olarak kullanılabilir), Sınıf III ise yanıcı kumaşlar (Bu sınıfa dahil kumaşlar kullanımı araştırmacıların buldukları ülke olan Amerika'da yasaklanmıştır). İşlem görmemiş kumaş ile asit emdirilmiş ama kürlenmemiş kumaşların Sınıf III olduğu belirlenmiştir. Kürlenmiş kumaşların Sınıf I olduğu, kürlenmenin kumaşı Sınıf III'ten Sınıf I'e indirdiği saptanmıştır. Güç tutuşurlukta en

etkili asidin sitrik asit olduğu ortaya konmuştur. 10 yıkama sonrasında da tüm kumaşların Sınıf I olduğu, 15 yıkama sonrasında ise malik asit kullanılmış kumaşın Sınıf III'e gerilerken diğerklerinin hala Sınıf I düzeylerini korudukları ifade edilmiştir.

Hassan, Hammuda, Salah ve Attia (2010), pamuklu kumaşları malonil üre ve kloro dimalonil üre fosfin oksit bileşikleri ile kaplayarak güç tutuşurluk özelliklerini incelemiştir. LOI ölçümlerini ISO 4589'a, alev yayılma ölçümlerini ise ISO 3795'e göre yapmışlardır. İşlem görmemiş pamuklu kumaşın LOI değeri %18, alev yayılma hızı 153 mm/dak olarak tespit edilmiştir. %40 malonil üre ile kaplanmış kumaşın LOI değeri %21, alev yayılma hızı 73 mm/dak ve Sınıf III (güç tutuşurluk bakımından kötü sınıf) olarak belirlenmiştir. %65 malonil üre ile kaplanmış kumaşın LOI değeri %25, alev yayılma hızı için sayısal bir değer verilmemiş sadece Sınıf I (güç tutuşurluk bakımından iyi sınıf) olarak ifade edilmiştir. Malonil ürenin güç tutuşurluk mekanizması, içerdiği yüksek azotun kömürleşmeyi arttırıcı olması ve bu kömürleşmenin alevin yayılmasına karşı bir bariyer oluşturması şeklinde açıklanmıştır. Malonil ürenin yüksek oranlarda pamuklu kumaş için iyi bir güç tutuşurluk sağladığı ancak yüksek konsantrasyon kullanıldığı durumda kumaş yüzeyine zor yayıldığı belirtilmiştir. Kloro dimalonil üre fosfin oksit ile %40 ve %50 konsantrasyonlarında kaplanmış kumaşların LOI değerleri sırasıyla %26 ve %29 olarak tespit edilirken alev yayılma hızı için Sınıf I ifadesi kullanılmıştır. LOI değeri %24'e eşit ve büyük olması durumunda kumaşın alev yayılma testinde Sınıf I'e kolaylıkla ulaşabileceği belirtilmiştir. Kloro dimalonil üre fosfin oksit bileşiğinin pamuklu kumaşın güç tutuşurluk özelliğini geliştirdiği ancak bileşiğin asitliğinin yüksek olması yüzünden pamuğun bozulmasına yol açtığı bildirilmiştir. Pamuklu kumaşın kopma mukavemetinin 1062 kg/m'den kloro dimalonil üre fosfin oksit ile %40 ve %50 oranında kaplandığında sırasıyla 188 kg/m ve 141 kg/m değerlerine düştüğü belirlenmiştir. Pamuğun bozulmasının önüne geçmek için kloro dimalonil üre fosfin oksit ile birlikte sodyum karbonat kullanılarak kumaşlar kaplanmıştır. Kloro dimalonil üre fosfin oksit ve sodyum karbonat oranları %30+%20 ve %20+%30 olmak üzere iki farklı oranda uygulanmıştır. %30+%20 oranında kaplanmış kumaşın LOI değeri %22, alev yayılma hızı 87 mm/dak (Sınıf II) ve kopma mukavemeti 1519 kg/m olarak, %20+%30 oranındaki kumaşın ise LOI

değerinin %26, alev yayılma hızının Sınıf I olduğu, kopma mukavemetinin de 1196 kg/m olduğu tespit edilmiştir. Mukavemetteki artışın, kumaş yüzeyinde veya içinde oluşan polimer tabakasının kalınlığından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Yang, He, Lyon ve Hu (2010), dimi, bezayağı ve futter pamuklu kumaşlara N-metilol fosfonopropionamid (MDPA), fosfor içeren maleik asit oligomeri (PMAO) ve süksinik asit uygulayarak güç tutuşurluk özelliklerini incelemişlerdir. Bezayağı ve dimi kumaşlara MDPA emdirilmiş, futter kumaşa ise süksinik asit ve PMAO emdirilmiştir. Tüm kumaşlar ölçümlerden önce bir kez yıkanmıştır. LOI ölçümü ASTM D-2863-08'e göre dimi ve bezayağı kumaşlara uygulanmış, futter kumaşa 45° eğik yakma testi uygulanmıştır. MDPA ile işlem görmemiş kumaşın LOI değerinin %18,4'den %26,6'ya kadar arttırıldığı bildirilmiştir. İşlem görmemiş futter kumaşın 45° eğik yakma testi sonucunda giysilik olarak kullanılamayacağı (Sınıf III) bildirilmiştir. Ancak hem PMAO ile işlem görmüş kumaşın hem de süksinik asit ile işlem görmüş kumaşın test sonucu 'Sınıf I' olarak nitelendirildiği, işlem görmemiş halde iken 'Sınıf III' olan ve giysilik olarak kullanılamayan futter kumaşın PMAO ve süksinik asit ile giysilik olarak kullanılmaya uygun hale getirildiği belirtilmiştir.

Li ve diğer. (2010) montmorillonit kili ve dallanmış polietilenimin kullanarak pamuklu kumaşa güç tutuşurluk özellik kazandırmak istemişlerdir. Sıra ile bir pozitif yüklenmiş solüsyona, bir negatif yüklenmiş solüsyona kumaşın daldırılması ile kumaştaki liflerin üzeri tabaka tabaka kaplanmıştır. Bu işlem 5 ve 20 kez tekrarlanmıştır. Kumaşlara ASTM D 6413' e göre dikey yakma testi uygulanmıştır. Yakma testi sonunda işlem görmemiş kumaşın tamamen yanarak yok olduğunu, kaplanmış kumaşların da yandığını ancak yanma sonrasında kumaşın örgü yapısını aynen korumakta olan bir kalıntı bıraktığı belirtilmiştir. 20 tabaka kaplanmış kumaşın 5 tabaka kaplanmış kumaştan daha iyi sonuç verdiğini, montmorillonit kili ve dallanmış polietilenimin kullanılarak yapılan bu kaplama işleminin güç tutuşurluk özelliğini geliştirdiği belirtilmiştir.

Xing ve diğer. (2011) bezayağı dokuma pamuklu kumaşa aplike edilen tri(akriloiloksietil) fosfat ve triglisidil izosiyanurat akrilat bileşiklerinin güç

tutuşurluk üzerine etkilerini incelemişlerdir. Pamuklu kumaşlar 50g/L, 100g/L ve 200g/L ağırlıkça eşit oranda tri(akriloiloksietil) fosfat ve triglisidil izosiyanurat akrilat içeren aseton solüsyonu ile emdirilirken 10 dakika ultrasonik işlem görmüş ve emdirilmiş kumaşlar ardından 10 s UV kaynağı karşısında bırakılmıştır. İşlem görmemiş pamuklu kumaşın LOI değeri %21 iken 50g/L, 100g/L ve 200g/L tri(akriloiloksietil) fosfat ve triglisidil izosiyanurat akrilat ile işlem gören kumaşların LOI değerlerinin sırasıyla %22,5; 23 ve 24,5'e yükseldiği saptanmıştır.

Chang ve diğer. (2011), pamuklu kumaşa tetraetil 6-kloro-1,3,5-triazin-2,4-diyldifosfonat (TECTDP) ile muamele ederek, LOI ve dikey yakma testlerine tabi tutmuşlardır. Pamuklu dimi kumaş (238 g/m²) TECTDP (%45) ile emdirilmiştir. LOI ölçümü ASTM D-2863-08'e göre yapılmış ve % 40-42 arasında LOI değerleri elde edilmiştir. Dikey yakma testi ASTM D-6413-08'e uygun olarak yapılmıştır. Alev 12 s süre ile kumaşa uygulanmış ve alev kesildikten sonra yanmanın devam etmediği bildirilmiştir. Dikey yakma testi sonucu kumaşın yanan bölgesinin uzunluğunun 3-3,5 cm arasında değiştiği bunun da ölçüm uzunluğu olan 30 cm'den çok daha az olduğu için kumaşların bu testten geçtiği belirtilmiştir.

Uğur, Sarıışık ve Aktaş (2011) mercerize edilmiş bezayağı pamuklu kumaş (138 g/m²) üzerine nano Al₂O₃ uygulamışlardır. Bunun için önce kumaş katyonize edilmiş ardından anyonik ve katyonik Al₂O₃ kolloid solüsyonları ile tekrar tekrar muamele edilip çok katmanlı (10 ve 16 katman) Al₂O₃ nanopartiküllü film kaplanmış pamuk kumaş elde edilmiştir. Kumaşların LOI ölçümleri ASTM D 2863-77' uygun olarak yapılmıştır. İşlem görmemiş ve katyonize olmuş pamuklu kumaşların LOI değerleri %18, 10 katmanlı kumaşın %21 ve 16 katmanlı kumaşın LOI değeri de %22 olarak belirlenmiştir. 10 ve 20 yıkama sonrasında, 10 katmanlı kumaşın LOI değeri sırasıyla 20 ve 19'a düşmüş; 16 katmanlı kumaşın LOI değeri de sırasıyla 21 ve 20'ye düşmüştür. Sonuç olarak Al₂O₃ ile çok katmanlı olarak kaplamanın LOI değerini arttırdığını, güç tutuşurluk etkisinin olduğunu ifade etmişlerdir. Al₂O₃ miktarının arttırılarak LOI'nin geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Opwis, Wego, Bahners ve Schollmeyer (2011), %100 PET, PA ve pamuk kumaşlara vinil fosfonik asit ile muamele ederek güç tutuşurluk özelliklerini incelemişlerdir. Hacimce %50 vinil fosfonik asit içeren solüsyonla ıslatılan kumaşlar 2,5 dakika UV kaynağı karşısında bekletilmişlerdir. Güç tutuşurluk özelliği DIN EN ISO 15025 dikey yakma testine göre belirlenmiştir. Ölçümler sonucunda vinil fosfonik asit ile işlem görmemiş tüm kumaşların tutuşup tamamen yandığı, işlem görmüş kumaşların ise alev kesildiğinde kendiliğinden söndüğü ve kumaş yüzeyinde büyük bir hasar oluşmadığı belirtilmiştir. Güç tutuşurluk etkisinin 1 yıkamaya dayanıklı olduğu; bu etkinin yıkamaya, ışığa ve sürtünmeye karşı dayanıklı olması için üzerinde çalışılması gerektiği belirtilmiştir. Vinil fosfonik asit'in aleve karşı koruma istenen tekstil haricinde diğer sektörlerde de (ağaç, inşaat vb.) kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Lessan, Montazer ve Moghadam (2011), bezayağı pamuklu kumaş (128 g/m^2) kullanarak maleik asit, sodyum hipofosfit ve nano TiO_2 bileşiklerinin güç tutuşurluk üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kumaşın sararmasını önlemek için de trietanol amin kullanmışlardır. Farklı oranlarda maleik asit, sodyum hipofosfit ve nano TiO_2 ve trietanol amin içeren solüsyon ile kumaşlar farklı sürelerde emdirilmiştir. Kumaşlara dikey yakma testi (BS 3119) uygulanmış ve ayrıca yanma sonunda karbonize olarak kömürleşen bölgenin uzunluğu ve ağırlığı ölçülmüştür. LOI değerleri ASTM D 2863-08'e göre belirlenmiştir. Maleik asit ve sodyum hipofosfit miktarlarının artmasının yanıcılığın azalmasına yol açtığı bildirilmiştir. Kömürleşen bölgenin uzunluğunda, maleik asit, sodyum hipofosfit ve sürenin TiO_2 'den daha etkili olduğu belirtilmiştir. İşlem görmemiş kumaşta yanma tamamen gerçekleştiği için yanma sonrasında kömürleşip kalan ağırlığın, ilk ağırlığa oranının %0,63 olduğu, bu oranın işlem görmüş kumaşlarda %23'ü geçtiği bildirilmiştir. Bu oranın 5 yıkama sonrasında az bir miktar düştüğü, yapılan işlemin 5 yıkamaya dayanıklı olduğu ifade edilmiştir. Trietanol amin miktarının bu oranı düşürdüğü belirtilmiştir. İşlem görmemiş kumaşın LOI değerinin %18,1 olduğu, işlem görmüş kumaşlarda LOI'nin en fazla %23'e kadar yükseldiği belirlenmiştir. Maleik asit ve sodyum hipofosfit içermeyip, TiO_2 ve trietanol amin içeren kumaşın LOI değerinin işlem görmemiş kumaştan pek farkı olmadığı bildirilmiştir.

Alongi, Ciobanu, Tata, Carosio ve Malucelli (2011), pamuk, PET ve karışım kumaşlara sol gel yöntemine göre SiO_2 aplike etmişlerdir. Tüm kumaş yapılarında LOI'nin sayısal olarak %1 artış gösterdiği belirlenmiştir. PET kumaş için sol gel yönteminin güç tutuşurluğu iyileştiremediği belirtilmiştir. SiO_2 kaplanmış tüm kumaşların tutuşma davranışlarının değiştiği bildirilmiştir. Özellikle %35 pamuk içeren kumaşın tutuşma süresinin %98 arttığı belirtilmiştir. SiO_2 'in kumaşları termal bozulmaya karşı koruduğu vurgulanmıştır. Pamuk esaslı tekstil ürünlerinin güç tutuşurluk özelliklerini iyileştirmek için sol gel yönteminin kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Carosio, Laufer, Alongi, Camino ve Grunlan (2011), dimi örgüye sahip poliester kumaşa SiO_2 esaslı ince bir film ile kat kat kaplayarak güç tutuşurluk özelliği kazandırmaya çalışmışlardır. Kumaşlar önce yüzeyi pozitif yüklerle yüklenmiş alüminyum kaplı silika solüsyonuna daldırılıp ardından negatif yüklenmiş silika solüsyonuna daldırılmış ve her daldırma adımı sonrasında deiyonize su ile yıkanmıştır. Bu çevrimin 5, 10 ve 20 kez tekrarlanması ile liflerin üzerinde çok katlı film tabakası oluşturulmuştur. Tanecik boyutuna göre iki çeşit negatif yüklenmiş silika solüsyonu kullanılmıştır. Direkt olarak aleve ya da ısıya maruz kaldığında bu inorganik kaplamanın lifleri koruyan bir bariyer görevi yaptığı ve tutuşma zamanını geciktirdiği belirtilmiştir. ASTM D 6413-08'e göre dikey yakma testi sonucunda kumaşların kıyaslanması tutuşmanın başlamasından kendi kendine sönmeye kadar geçen süreye göre yapılmıştır. İşlem görmemiş PES kumaşın yanma süresi 32 s olarak belirlenmiştir. Büyük tanecik boyutuna sahip negatif yüklenmiş silika solüsyonunun kullanıldığı kumaşlarda 5, 10 ve 20 katlı kumaşların yanma süreleri sırasıyla 6, 9 ve 22 s olarak tespit edilmiştir. Daha fazla sayıda kaplanmış kumaşın yanma süresinin beklenilenin aksine daha uzun olması, kat sayısı arttıkça tabakaların kumaştan pul pul dökülmesinden kaynaklandığı ifade edilmiş ve 5 katlı kaplamanın en kararlı olduğu belirtilmiştir. Küçük tanecik boyutuna sahip negatif yüklenmiş silika solüsyonunun kullanıldığı kumaşlarda ise 5, 10 ve 20 katlı kumaşların yanma süreleri sırasıyla 10, 2 ve 10 olarak belirlenmiş ve güç tutuşurluğun geliştirildiği ifade edilmiştir.

1.2.5 Radyan ve Konvektif Isıya Karşı Koruma Konusundaki Önceki Çalışmalar

Shalev ve Barker (1983), konvektif ısıya maruz kalan ısıdan koruyucu kumaşlarda ısı transferini ölçmüşlerdir. Aratırmada, güç tutuşur (FR) pamuk, FR viskoz, FR yün liflerinden kumaşlar; cam ve seramik liflerinden kumaşlar; aramid, novoloid, modakrilik, polibenzimidazol (PBI) ve stabilize edilmiş akrilik liflerinden yapılmış kumaşlar kullanılmıştır. Sonuç olarak, alüminizasyon (radyan ısıdan korunmak için kumaşların uygun bir metalle kaplanması) işleminin konvektif ısı etkisinin olduğu durumlarda, zarar verici olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca test edilen kumaşlar içinde, fosforyum ile güç tutuşurluk işlemi yapılmış pamuklu kumaş, halojenle güç tutuşurluk işlemi görmüş olana göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Lee ve Barker (1987), polibenzimidazol (PBI), aromatik poliamid (aramid) ve PBI'nin aramid ve rayon lifleri ile karışımlarından oluşmuş 21 adet ısıya dayanıklı kumaşın radyan (ışınma) ve konvektif (alev) ısı kaynaklarının yoğun etkisi altında termal koruma performansını (thermal protective performance-TPP) incelemişlerdir. Araştırmada konvektif ısı, radyan ısı ve %50/50 radyan/konvektif ısı olmak üzere 3 farklı ısı türü ile 84 kW/m², 42 kW/m² ve 20 kW/m² olmak üzere 3 farklı ısı akısı şiddeti kullanılmıştır. Isı türünün kumaş performansını etkilediği, %50/50 karışım ısının, %100 konvektif ve %100 radyan ısıdan daha az tehlikeli olduğu belirlenmiştir. Konvektif ve %50/50 karışım ısılarının, benzer radyan ısı oranları nedeniyle benzer TPP sonuçları verdiği, radyan ısının TPP testinin diğerlerine göre daha fazla etki gösterdiği belirlenmiştir. Termal koruma performansının belirlenmesinde konfor faktörü olarak etkili termal kalınlık belirlenmiştir. Yoğunluk ile termal koruma arasındaki ilişki doğrusal olmasa da, bulk yoğunluğunun belirgin bir rol oynadığı, ağır kumaşların hafif kumaşlardan daha fazla koruma sağladığı belirtilmiştir. Kumaşın gözenekliliğinin, yoğun ısı koşulları altında ısı tranferini etkilediği bu yüzden ağırlığı düşük olan dokuma ve örme kumaşların konvektif ve radyan ısının gözeneklerden geçmesine izin verdiği ifade edilmiştir.

Barker ve Lee (1987), yüksek yoğunluktaki ısının, kumaşların termofiziksel geçiş özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada polibenzimidazol (PBI), Kevlar,

Nomex ve PBI lifinin Kevlar veya rayon lifleri ile karışımları kullanılmıştır. Kumaşlar $2,0 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s}$ 50/50 radyan/konvektif ve $2,0 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s}$ %100 radyan ısıya maruz bırakılmıştır. Yoğun ısıtmanın uygulandığı TPP testi sonucu, kumaşların termofiziksel özelliklerinde önemli değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Isıtma ile, kumaşların ağırlığı, kalınlığı ve yoğunluğu düşerken ısı kapasitelerinin arttığı bildirilmiştir. Isıya dayanıklı kumaşların TPP testindeki davranışını belirleyen 2 kritik faktörün; kumaştaki nem miktarı ve etkili termal kalınlığın korunması olduğu belirtilmiştir.

Torvi, Dale ve Faulkner (1999), termal koruma performansının kumaş ile test sensörünün arasında bulunan hava boşluğunun miktarından ne şekilde etkilendiğini araştırmışlardır. Bunun için Kevlar/PBI ve Nomex IIIA ısıya dayanıklı kumaşlar üzerinde sensör ile kumaş arasında 3 farklı hava boşluğu (6 mm, 12 mm ve 20 mm) bırakılarak ölçümler yapılmıştır. Konvektif ısı karşısında hava boşluğunun miktarının hiçbir önemimin olmadığı, radyan ısı karşısında ise hava boşluğu arttıkça test sensöründen ölçülen ısı akısının azaldığı saptanmıştır. Bu çalışmanın kumaş ile test sensörü arasındaki kütle transferini içermediğinden bu konuda daha fazla çalışma yapılması gerektiği ifade edilmiştir.

Sun, Yoo, Zhang ve Pan (2000), aramid, modakrilik, polimid ve FR pamuk liflerinden yapılmış çeşitli kumaşların radyan ısıya karşı koruma performansını incelemiştir. Kumaşların ağırlığı ve kalınlığı arttıkça radyan ısıya karşı koruma performanslarının arttığı gözlemlenmiştir. NFPA 1977 (National Fire Protection Association) standardına göre koruma için istenen minimum değer olan 8 cal/cm^2 değerini sağlayabilmesi için Nomex dokuma kumaşın en az $18,65 \text{ mg/cm}^2$ birim ağırlığa sahip olması gerektiği belirtilmiştir. Pamuk kumaşlar aynı kalınlıkta ve ağırlıktaki sentetik kumaşlara göre daha iyi sonuç vermiştir. Bunun pamuğun lif yapısının oyuk olmasından kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir. Firewear'dan yapılmış kumaşlar test sırasında kömürleşirken, Nomex ve FR pamuktan yapılmış kumaşlarda test süresinde görünür bir hasar oluşmadığı belirtilmiştir. Kermel kumaşların radyan ısıya maruz kalan bölgelerinin; kumaş yapısı aynen korunduğu halde renginin tamamen solduğu, bunun da boyanın süblimleşmesi veya bozunması

sebebiyle olduğu belirtilmiştir. 5 yıkama sonrasında kumaşların çoğunda radyan koruma performansının arttığı, bunun yıkama ile kumaşların kalınlıklarının artmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Radyan koruma performansı üzerinde rengin (siyah ve beyaz hariç, bu renkler çalışmada kullanılmamış) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Düz dokuma yapıların benzer ağırlık ve kalınlıktaki örme yapılara göre daha iyi performans gösterdileri saptanmıştır.

Song ve diğer. (2004), ısıya karşı koruyucu giysilerin termal koruma performanslarını, üzerinde 122 termal sensör bulunan bir manken kullanarak belirlemişlerdir. Nomex IIIA ve Kevlar/PBI iş tulumları üzerinde yapılan incelemeler sonucu, manken ile kumaş arasındaki hava boşluğunun vücudun her yerinde eşit olmadığı, en fazla bacaklarda olduğu belirlenmiştir. Isı karşısında kumaşın çekmesine bağlı olarak bu hava boşluklarının daraldığı belirlenmiştir. Nomex iş tulumunda 4 saniye süre ile $2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s}$ 'lik bir ısıya maruz kaldığında önemli derecede çekme olduğu, bu çekme sonucu yalıtım sağlayan hava tabakasının tüm giyside ortalama olarak %50 azaldığı, bacak bölgesindeki hava tabakasının ise %90 azaldığı görülmüştür. Nomex iş tulumunda, Kevlar/PBI iş tulumuna göre ısı akışının daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Rossi ve Bolli (2005), itfaiyeci giysilerinde faz değiştiren malzemeler (PCM) kullanarak bunların ısıya karşı koruyuculuklarını incelemişlerdir. Araştırmada faz değişim sıcaklığı $50 \text{ }^\circ\text{C}$ olan faz değiştiren malzeme kaplanmış olan iç katman kumaşı, dış katman ve nem bariyerinden sonra en içte bir veya iki katman olarak kullanılmıştır. Faz değiştiren malzeme parafin ile mikrokapsüllenmiştir. Faz değiştiren malzemenin ısıdan koruyuculuğu biraz geliştirdiği, ancak parafin mikrokapsülden dolayı yanma davranışında olduğu, alevin yayılması güç tutuşur madde ile işlemle engellenebildiği ama bu sefer de kumaşta delik olduğu ifade edilmiştir.

Zhu ve Zhang (2006), değişik yapıda FR pamuk kumaşların termal koruma performanslarını incelemişlerdir. Termal koruma performansı, ikinci derece yanık oluşabilmesi için geçen süreler olarak değerlendirilmiştir. FR pamuk kumaşların

sürelerinin 11,9 ile 14,6 saniye arasında değiştiği belirlenmiştir. Kumaşın kalınlığı ve ağırlığının en önemli etken olduğu, düz dokuma kumaşların aynı kalınlık ve ağırlıktaki örme kumaşlara göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Kumaşların hava geçirgenliğinin süreyi ters yönde etkilediği, test ortamının hava basıncının ise süreler üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kumaş ile sensör arasındaki hava boşluğunun artmasının süreleri arttırdığı belirtilmiştir.

Fanglong, Weiyuan ve Minzhi (2007), itfaiyeci giysilerinde materyal kombinasyonlarının radyan ısıya karşı korumada etkisini incelemişlerdir. Dış katman (panof, FR pamuk, aramid), nem bariyeri (PTFE membran, PVC kaplanmış pamuk) ve termal bariyer (pamuk, para-aramid, alüminize gibi.) olarak kullanılan değişik kumaşların radyan ısıya karşı koruma performanslarını (RPP) $0,5 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s}$ ısı akısında belirlemişlerdir. Dış katman ve termal bariyer malzemeleri arasında önemli bir farklılık olmadığı, bunların RPP değerlerinin yaklaşık 6 ile 9 cal/cm^2 arasında olduğu, kalın ve ağır kumaşların daha iyi radyan koruma sağladığı, alüminize edilmiş termal bariyer malzemesinin iyi bir yansıtıcı olduğu için diğerlerinden daha iyi koruma gösterdiği bildirilmiştir. Kumaşların yalıtım değerleri ($\text{m}^2\text{C/W}$) incelendiğinde termal bariyer malzemelerinin dış katman malzemelere göre daha iyi yalıtım sağladığı bunun da termal yalıtım malzemelerinin içinde bulunan durgun havanın miktarının daha fazla olmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Dış katman malzemelerin su buharı dirençlerinin termal bariyer malzemelerinkinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. RPP, termal yalıtım ve su buharı direnci üzerinde termal bariyerin dış katmana göre daha güçlü bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Araştırmada kullanılan nem bariyerlerinin radyan koruma performanslarının birbirine yakın olduğu ancak PVC kaplı pamuk malzemenin su buharı direncinin PTFE membrandan daha yüksek olduğu yani PTFE membranın su buharını daha çok geçirdiği belirlenmiştir.

Zhu, Ma ve Zhang (2008) metamax (aramid), FR pamuk ve Nomex III dokuma kumaşların termal koruma performanslarını incelemişlerdir. Araştırmada termal koruma performansı gelen ısı akısı 24 kW/m^2 iken, ikinci derece yanık oluşuncaya

kadar geçen süre olarak belirlenmiştir. Kumaşların termal koruma performansları küçükten büyüğe metamax (7,7 s), Nomex III (12,1 s), FR pamuk (14,2 ve 16,4 s) olarak sıralanmıştır. Kumaş kalınlıklarının küçükten büyüğe aynı şekilde sıralandığı belirtilmiştir.

Rossi, Bolli ve Stampfli (2008), dış katman, nem bariyeri ve termal bariyerden oluşan 6 farklı itfaiyeci giysisinin radyan ve konvektif ısıya karşı koruma davranışını incelemiştir. Giysilerde, dış katman olarak aramid, PBI/aramid, aramid/basofil, nem bariyeri olarak PTFE membran, PES membran, aramid dokusuz yüzey üzerine PU membran, termal bariyer olarak da aramid veya aramid/FR viskoz kullanılmıştır. Testler ISO 6942'ye göre 40kW/m^2 radyan ısıda ve EN 367'ye göre 80 kW/m^2 konvektif ısıda yapılmıştır. Değerlendirme, ölçümlerde kullanılan kalorimetrenin sıcaklığının, ölçüm başladıktan sonra 12°C ve 24°C artması için geçen sürelerin belirlenip, bu sürelerin birbirinden çıkarılması ile ($t_{24}-t_{12}$) elde edilen sonuca göre yapılmıştır. İncelenen bu itfaiyeci giysileri içinde, $t_{24}-t_{12}$ süresi olarak en düşük sonucu radyan ısıya karşı 6,3 saniye ve konvektif ısıya karşı 4 saniye değerleri ile dış katman ve termal bariyeri aramid, nem bariyeri PTFE membran olan ve birim alan kütlesi 540 g/m^2 olan giysi vermiştir. $t_{24}-t_{12}$ süresi olarak en yüksek sonucu ise radyan ısıya karşı 9,8 saniye ve konvektif ısıya karşı 8 saniye değerleri ile dış katman ve termal bariyeri aramid, nem bariyeri PTFE membran olan ve birim alan kütlesi 730 g/m^2 olan giysi vermiştir. İtfaiyeci giysilerinden beklenen performans ile ilgili standart olan EN 469'a göre incelenen tüm giysilerin yüksek koruma sağladığı bildirilmiştir.

Zhiying, Yanmin ve Weiyuan (2010) itfaiyeci giysilerindeki 3 katlı kumaş yapılarının termal koruma performanslarını (TPP) incelemiştir. Araştırmada 4 farklı dış katman kumaşı (Nomex, FR pamuk, %60/40 PBI/Kevlar ve aramid), 2 farklı nem bariyeri kumaşı (her ikisi de su geçirmeyen, nem geçirebilen politetrafloroetilen (PTFE) film kaplı aramid ve pamuk), iki çeşit termal bariyer kumaşı (aramid ve polisülfonamid (PSA)) kullanılmıştır. TPP, deride ikinci derece yanık oluşturabilmek için gerekli olan ısı akısı olarak belirlenmiştir. $8,4\text{ W/cm}^2$, %50 radyan %50 konvektif ısı kullanılmıştır. Ölçümler sonucu maksimum (38,2) ve

minimum (26,2) TPP değerlerinin arasında %50 fark olduğu görülmüştür. Dış katmanı FR pamuk olan kumaşların diğerlerine göre daha zayıf performans gösterdiği tespit edilmiştir. Dış katmandaki lif tipinin termal koruma performansını etkilediği, nem bariyeri ve termal bariyerin termal koruma performansı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı (%90 güvenilirlik seviyesinde) belirtilmiştir. Termal koruma performansının optimum olduğu durumun, PBI/Kevlar dış katman, aramid (PTFE film kaplı) nem bariyeri ve aramid termal bariyer ile elde edildiği saptanmıştır.

El-Hady ve El-Baky (2011), spor giysilerde kullanılmak üzere %65/35 pamuk/PES, %65/28,5/6,5 pamuk/PES/karbon, %65/17,5/17,5 pamuk/PES/karbon karışımında 2/1 dimi ve 5'li saten kumaşların termal koruma davranışını test etmişlerdir. Sonuç olarak karbon lifi miktarı arttıkça kumaşların daha iyi termal koruma sağladıkları ifade edilmiştir.

Song ve diğer. (2011), tek katlı veya değişik katmanların kombinasyonundan oluşmuş kumaş yapılarının düşük radyan ısıya (6,3-8,3 kW/m²) karşı koruma performanslarını incelemişlerdir. Dış kumaş olarak %100 Nomex, %60/40 Lenzing FR/Kevlar dokuma kumaş, termal bariyer olarak 3 farklı kontrüksiyonda %100 Nomex kumaş, iç kısım olarak da %100 yün ve %100 CarbonX (oksidize poliakrilonitril karışımı) örme kumaşları kullanılmıştır. Araştırmada, kumaşların ısıya maruz bırakıldıklarında, deride ikinci derece yanığın oluşabilmesi için geçen süreler belirlenmiştir. En düşük koruma süreleri en ince kumaş sistemlerinde özellikle de tek katlı kumaşta elde edilmiştir. Tek katlı %60/40 Lenzing FR/Kevlar dokuma kumaş 8,3 kW/m² ısı akışında 45 saniye, 6,3 kW/m² ısı akışında 64 saniye koruma sağlamıştır. Kumaş sistemine katman eklendikçe koruma süresinin arttığı, en iyi korumayı sağlayan kumaş sisteminde 8,3 kW/m² ısı akışında 192 saniye; 7,5 kW/m² ısı akışında 205 saniye koruma sağlandığı 6,3 kW/m² ısı akışında ise yanma oluşmadığı belirtilmiştir. Kumaş katmanlarının artması ile katmanlar arasında kalan hava tabakasının ısı geçişini azalttığı ifade edilmiştir. Kumaştaki nem miktarının koruma sürelerini arttırdığı, tek katlı kumaşta koruma süresi 5-17 saniye artarken, kalın kumaş sistemlerinde koruma süresinin 77-83 saniye arttığı görülmüştür.

Song, Cao ve Gholamreza (2011), % 60/40 Kevlar/PBI, Nomex, Basofil/aramid, 100% para aramid ve geri dönüştürülmüş 100% para aramid kumaşlarından; tek katlı, iki katlı ya da çok katlı olarak oluşturulan kumaş sistemlerinin termal koruma performanslarını incelemişlerdir. 84kW/m^2 ısı akı yoğunluğunda, ikinci derece yanık oluşana kadar geçen süre, tek katman % 60/40 Kevlar/PBI kumaşta 6 saniye, iki katman % 60/40 Kevlar/PBI + Nomex kumaş sisteminde 13,2 saniye, üç katman % 60/40 Kevlar/PBI + Nomex + 100% para aramid kumaş sisteminde 25,7 saniye olduğu bu sürelerin, kumaş ile sensör arasında hiç boşluk olmadığı durumda daha azaldığı belirtilmiştir. Isıya maruz kaldıktan sonra eğer kumaş sistemi katmanlar arasındaki hava boşlukları ile birlikte sıkıştırılırsa, bunun ikinci derece yanık oluşumunu önemli derecede etkilediği diğer bir değişle ikinci derece yanık oluşumu için geçen sürenin düştüğü bildirilmiştir.

Shekar ve diğer. (2011) çözgüsü E-cam lifinden atkısı polieter eter keton (PEEK) ya da poliester olan hibrit kumaşların ISO 6942'ye göre ısı transfer indislerini belirlemişlerdir. 20 kW/m^2 ve 40 kW/m^2 olmak üzere 2 farklı ısı akı yoğunluğunda ölçümler yapılmıştır. Ölçüm başladıktan sonra kalorimetrenin sıcaklığının 24°C artması için geçen süreler (RHTI_{24}) belirlenmiştir. Buna göre 20 kW/m^2 ısı akısında E-cam/PEEK kumaşı için bu değer 15,95 s, E-cam/PES kumaş için ise 15,85 s olarak; 40 kW/m^2 ısı akısında E-cam/PEEK kumaşı için 10 s, E-cam/PES kumaş için ise 9,5 s olarak tespit edilmiştir. Her iki kumaşın da birbirine yakın ve oldukça yüksek ısı transfer indisi değerlerine sahip olduğu ifade edilmiştir.

1.2.6 Ses Yutuculuk Konusundaki Önceki Çalışmalar

Shoshani (1991), çalışmasında 7 katmandan oluşan dokusuz yüzey yapıların akustik empedans tüpünde 125-4000 Hertz aralığında ses yutma katsayılarını ölçmüştür. Bu 7 katmanın 6'sı pamuk liflerinden olup herbiri 3,4 mm kalınlığında, 400 g/m^2 alansal yoğunluğa sahip dikişle birleştirme tekniğine göre oluşturulmuş dokusuz yüzeylerdir. Diğer 7. katman ise 0,4 m kalınlığında, 240 g/m^2 alansal yoğunluğa sahip Kevlar 29'dan 7 tel/cm sıklıkla düz yapıda dokunmuş kumaştır. Katmanların optimum yerleşim şeklinin belirlenmesi için kevlar kumaş ile pamuklu

yüzeylerin farklı sırada yerleşim kombinasyonlarının ölçümü yapılmıştır. Ses dalgasının frekansına bağlı olarak değişmekle birlikte genel olarak kevlar kumaşın ses kaynağına en yakın olduğu yerleşim şeklinin ses yutuculuk açısından en uygun, 5. sırada yerleşim şeklinin ise en kötü yerleşim şekli olduğu saptanmıştır. Frekansın artması ile birlikte ses yutma katsayısının 0,9'un üzerine çıktığı belirlenmiştir. Kevlar kumaşın etkisinin belirlenmesi amacıyla 6 katmanlı pamuklu yüzeyin de ses yutma katsayısı ölçülmüştür. 500 Hertz'in altındaki frekanslarda optimum yerleşime sahip kevlar kumaşın da kullanıldığı yapının daha iyi sonuç verdiği yani %65'e varan yutma sağladığı, kevlar kumaşın kullanılmadığı yapının ise %25'te kaldığı bulunmuştur. 500 Hertz'in üzerindeki frekanslarda kevlar kumaş kullanılmasının önemli bir fark yaratmadığı belirlenmiştir.

Shoshani ve Yakubov (2000), işitilebilir frekans aralıklarında akrilik, pamuk ve poliester dokusuz yüzeyler için maksimum ses yutma katsayısını elde edebilmek için matematiksel modeller üzerinde çalışmışlardır. Malzemelerin gözenekliliğinin ve kalınlığının ses yutmada belirleyici etkenler olduğu kabulü ile belirli bir frekansta ve belirli bir kalınlıkta malzemenin en iyi yutuculuğu göstermesi için sahip olması gereken gözeneklilik değerlerini tahminlemişlerdir. Örneğin 1000 Hz'de 2 cm kalınlığında dokusuz bir yüzeyin liflerinin özgül ağırlığının $1,65 \text{ g/cm}^3$ ve gözenekliliği 0,027 olursa ses yutma katsayısı 0,9999 olmaktadır.

Lee ve Joo (2003) geri dönüştürülmüş poliester liflerinden ısıtılma yöntemiyle oluşturdukları dokusuz yüzeylerin ses yutma özelliklerini incelemişlerdir. Farklı inceliklerdeki liflerin farklı oranlarda kullanımının ve bağlayıcı olarak kullanılan düşük erime noktasına sahip poliester liflerinin kullanım oranının ses yutma katsayısına etkileri incelenmiştir. Ölçümler 16-5600 Hz frekans aralığında iki mikrofona akustik empedans tüpünde yapılmıştır. Tüm yüzeylerin yüksek ses yutuculuk (% 90'nın üzerinde) sağladığı ayrıca karışımda kullanılan ince liflerin oranının artmasının ses yutma katsayısını daha arttırdığı görülmüştür. Karışımda % 60 ince lif kullanılması ile hiç kullanılmaması arasında sesi yutmada yaklaşık olarak %20'lik fark olduğu tespit edilmiştir. Bağlayıcı olarak kullanılan poliester lif oranının artması ses yutma katsayısının 2000 Hz'den sonra düşmesine sebep olmuştur.

Buna sebep olarak dokusuz yüzeyin kalınlığının azalmasına bağlı olarak yapısının içindeki mikro-gözeneklerin azalması gösterilmiştir.

Lou, Lin ve Su (2005), poliester ve polipropilen liflerinden yapılmış dokusuz yüzeylerin kenar artıklarından geri dönüştürülmüş liflerle oluşturulan kompozitlerin ses yutma davranışları incelemiştir. Ses yutma katsayısı ASTM E 1050 standardına göre 0-4000 Hz frekans aralığında yapılmıştır. Kompozitin kalınlığının artması (17-68 mm aralığında) düşük ve orta frekanslarda ses yutma katsayısını da arttırmıştır. Ancak özellikle orta ve yüksek frekanslarda kompozitin yoğunluğunun artması ses yutma katsayısını düşürmüştür. Çünkü yoğunluğun artması ile kompozitin içindeki boşluklar azalmış ve kompozit daha kompakt hale gelmiştir. Böylece gelen ses dalgaları yutulmaktan ziyade geri yansıtılmıştır. Genel olarak gözenekli kompozitlerin özellikle 2000 Hz'in üzerindeki frekanslarda çok iyi (% 97'ye varan) ses yutma performansı gösterdiği ortaya konmuştur. Kompozitlerin içine ağaç talaşı eklemenin ses yutma davranışını nasıl etkilediği de araştırılmıştır. Talaşın, kompozitin ses yutma özelliğinde hiçbir etkisi olmadığı görülmüştür.

Kosuge, Takayasu ve Hori (2005) yüksek ses yalıtımı sağlaması ile birlikte aynı zamanda güç tutuşur özellik gösteren RUBA® adını verdikleri dokusuz yüzey bir malzeme elde etmişlerdir. %30 para-aramid, %20 düşük erime noktalı PET ve %50 PET liflerinden iğneleme yöntemi ile farklı kalınlıklarda (12-32 mm arasında değişen) ve farklı birim kütleye sahip (356-1384 g/m² arasında değişen) birçok dokusuz yüzey kumaş oluşturmuşlardır. Ön çalışmalarda bu karışım yüzdesi ile oluşturulan dokusuz yüzey kumaş ISO 10047 standardına göre kendi kendine sönme özelliği gösterdiği için bu karışım yüzdesini kullanmışlardır. Dokusuz yüzey kumaşları, farklı hava geçirgenliğine ve farklı birim kütleye sahip yaklaşık 70 µm kalınlığında para-aramid kağıtla birleştirmişlerdir. ISO 10534-1 standardına göre akustik ölçümler yapılmıştır. Ses yutma davranışının kullanılan para-aramid kağıdın hava geçirgenliğinden oldukça etkilendiği görülmüştür. Kullanılan para-aramid kağıdın hava geçirgenliğinin azalması, malzemenin ses yutuculuğunu özellikle 800 Hz'den itibaren oldukça fazla arttırmıştır. Bunun yanında kağıdın birim kütlesinin, yutma davranışı üzerinde önemli bir rolünün olmadığı görülmüştür. Dokusuz yüzey

malzemenin kalınlığının artması düşük frekanslardan itibaren ses yutuculuğunda artış sağlamıştır. Üretilen malzemeler cam yünü ile kıyaslanmıştır. Örneğin 12 mm kalınlığında 392 g/m² birim kütleye sahip malzeme, 20 mm kalınlığındaki 960 g/m² birim kütleli cam yünü ile aynı yutuculuğu göstermiştir.

Parikh, Chen ve Sun (2006), otomobillerin içinde kullanılan yalıtım malzemelerinin sadece sentetik lifler yerine doğal, doğada parçalanabilir liflerden de yapılabileceğini göstermişlerdir. Kenaf, jüt, pamuk liflerini, PP ve PET lifleri ile belli bir oranda karıştırarak, iğneleme yöntemine göre dokusuz yüzeyler üretmişlerdir. Üretmiş oldukları bu malzemeleri hem kendi başlarına hem de altlarına ayrı ayrı pamuk ped ve poliüretan (PU) ped ile birleştirerek ses yutuculuğunu ölçmüşlerdir. Ses yutma katsayısı ölçümü ASTM E 1050:98 standardına göre 100-3200 Hz aralığında yapılmıştır. 3200 Hz frekansında ses yutma katsayıları kenaf içeren malzeme için 0,75, jüt içeren malzeme için 0,71, pamuk içeren malzeme için 0,80 ve %100 sentetik malzeme için de 0,81 olarak bulunmuştur. Pamuk ped ve PU pedin tek başına 3200 Hz frekansındaki ses yutma katsayılarının sırasıyla 0,41 ve 0,65 olduğu belirtilmiştir. Malzemenin altında PU ped kullanılması 3200 Hz'de ses yutma katsayısının değerini 0,79-0,98 aralığına yükseltmiştir. Malzemenin altında pamuk ped kullanılması ise 3200 Hz'de ses yutma katsayısının değerini 0,87-0,97 aralığında olmasını sağlamıştır.

Dias ve Monaralaga (2006), otomobillerin içine gelen sesleri azaltmak için düz örgü yapısına sahip PE örme kumaşların akustik özelliklerini incelemişlerdir. %63, %78, ve %84 olmak üzere 3 farklı gözenekliliğe sahip 0,6 mm kalınlığındaki düz örme kumaşların ses yutma katsayıları ISO 10534-2 standardına uygun olarak 50-4000 Hz frekans aralığında ölçülmüştür. İlmeklerin boylarının küçülmesi ve gözenekliliğin azalması ses yutma katsayısının değerini arttırdığı görülmüştür. Ses yutma katsayısı 1900 Hz'lerden sonra kademe kademe artmış ve 0,1'in biraz üzerine kadar çıkmıştır. Kalınlığın etkisi araştırılmak istenmiş ve ses yutma katsayısı en iyi olan %63 gözenekliliğe sahip olan kumaştan 4 kat (2,5 mm kalınlığında) ve 5 kat (3,1 mm kalınlığında) olarak ses yutma katsayısı ölçümü yapılmıştır. Kalınlığın artmasıyla 1000 Hz'den itibaren ses yutma katsayısı kademeli olarak artmış ve 0,15

değerine kadar çıkmıştır. Bunun araç içindeki rüzgar sesi, yol sesi gibi yüksek frekanslı sesleri azaltmada uygun olabileceği belirtilmiştir.

Na, Lancaster, Casali ve Cho (2007), mikrofiber kumaşların ses yutucu malzeme olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. 5 farklı yapıda (havlu, gofre, kraliçekordu, süet, file) mikrofiber kumaş ile normal poliester lifinden yapılmış polar kumaşın 125-4000 Hertz aralığında yankılanım odası metoduna göre yankılanım süreleri ve ses yutma katsayıları ölçülmüştür (ASTM C 423-02a). Kumaş yapıları tasarlanırken temizlikte kullanılan ve kirleri en iyi emen yapılar seçilmiştir. Araştırmacılar bunun sebebini kiri en çok emen yapının sesi de en iyi emeceği görüşüne dayandırmışlardır. File yapıdaki mikrofiber kumaş haricinde diğer tüm kumaşların yankılanım süresinde meydana getirdikleri azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. File yapıdaki kumaş haricinde diğer tüm kumaşlarda frekansın artmasıyla ses yutma katsayısının da arttığı görülmüştür. Mikrofiber kumaşlar, normal poliester polar kumaşın artış eğrisine göre daha dik bir artış eğrisi oluşturmuşlardır. Mikrofiber kumaşların 3 farklı yutma davranışı gösterdiği ortaya çıkmıştır. Havlu ve gofre kumaşlar düşük ve yüksek her iki frekanstaki seslerde de yüksek yutuculuk (%39'a varan) gösterirken, süet ve kraliçekordu kumaşların yüksek frekanslarda yüksek yutuculuk (%35'e varan) gösterip düşük frekanslarda ise ince yapıları dolayısıyla yutuculuklarının daha zayıf olduğu, file örgü kumaşın ise sadece düşük frekanslarda yüksek yutuculuk sağladığı görülmüştür. Özellikle düşük frekanslarda materyalin belli bir limite kadar kalınlaşması yutuculuğu arttırmaktadır (Rettinger, 1968). Açık ağ yapıdaki file örgü kumaşın kalın olması onun düşük frekansta yüksek yutuculuk sağlamasına sebep olmuştur. Tüm frekanslarda yüksek yutuculuk sağlaması için havlu, gofre ve süet kumaş yapıları önerilmiştir. Sonuç olarak mikrofiber kumaşların normal poliester kumaşlara ve yapılan diğer çalışmalardaki ses yutucu malzemelere göre daha iyi yutuculuğa sahip olduğu bunun sebebi olarak da mikroliflerin yüzey alanlarının daha fazla olması gösterilmiştir.

Dias, Monaralaga ve Lay (2007) kalın sandviç (spacer) kumaşların akustik davranışlarını incelemişlerdir. Düz örgü sandviç kumaşların ön ve arka yüzleri elastomerik iplikten örülmüş, bağlantı ipliği olarak da poliester monofilament

kullanılmıştır. Sandviç yapının ön ve arkasında kullanılan örgü kumaşların kalınlığı ve gözenekliliği ile bu kumaşların arasındaki bağlayıcı ipliklerin bulunduğu boşluğun genişliğinin ses yutma katsayısı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ölçümler ISO 10534-2 standardına göre 100-4000 Hz aralığında yapılmıştır. Kumaşların ses yutma katsayılarının 0,70-0,98 aralığına kadar çıktığı saptanmıştır. Boşluk genişliğinin artmasının, kumaş kalınlığının artmasının ve gözenekliliğin azalmasının ses yutuculuğunu iyileştirdiği belirtilmiştir. Bu tür yapıların otomobillerin; tavan, kapı vb. döşemeliklerinde kullanılmalarının gelecek vaat ettiği söylenmiştir.

Dias, Monaralaga, Needham ve Lay (2007) askı ilmekleri ile oluşturulmuş sandviç kumaşların (tuck spacer fabrics) akustik davranışlarını incelemişlerdir. Düz örgü sandviç kumaşların ön ve arka yüzleri tencel, poliester ve elastomerik iplikten ayrı ayrı örülmüş, bağlantı ipliği olarak da poliester multifilament kullanılmıştır. Sandviç yapının kalınlığı, hava geçirgenliği, gözenekliliği ve yoğunluğunun ses yutuculuğa etkisi araştırılmıştır. Ölçümler 100-4000 Hz aralığında ISO 10534-2 standardına göre yapılmıştır. Aynı hava geçirgenliğine sahip kumaşlarda kalınlığın artması ile ses yutma katsayısının arttığını belirtmişlerdir. Aynı kalınlığa sahip kumaşlarda hava geçirgenliğinin artmasının ses yutma katsayısını azalttığı çünkü hava geçirgenliğinin artmasıyla gözenekliliğin arttığı, gözenekliliğin artmasının da ses yutma katsayısını azalttığı ifade edilmiştir. Hava geçirgenliğinin ses yutma katsayısını, kalınlıktan daha fazla etkilediği vurgulanmıştır. Hava geçirgenliği gözeneklilikle doğru orantılı olduğundan, gözenekliliğin azalması sonucu yoğunluğun artması ile ses yutuculuğun artacağı ve yoğunluğun artmasının ses yutuculuğunda kalınlığın artmasından daha fazla etki yaratacağı belirtilmiştir. Ses yutma katsayısının 2000 Hz'den sonra 0,5'in üzerine çıktığı ve 0,9'a kadar yükseldiği bu sebeple yüksek frekanslı sesleri (otomobillerde yüksek hızlarda oluşan rüzgar sesi ya da şehir içi otobüslerindeki sesler) yalıtımda uygun olarak kullanılabilceği söylenmiştir. Düşük frekanslı seslerin yalıtımı için birkaç kat kumaşın kullanılmasının uygun olacağı belirtilmiştir.

Tascan ve Vaughn (2008a), lif inceliği, lif enine kesit şekli ve kumaş yoğunluğunun dokusuz yüzeylerin akustik özelliklerine etkisini araştırmışlardır.

Bunun için 4DG (sekiz köşeli), trilobal (3 loblu) ve yuvarlak enine kesit şekline sahip 3 denye ve 5 denye inceliğinde poliester liflerinden 5 farklı yoğunlukta dokusuz yüzeyler (vertically lapped) elde edilmiştir. Araştırmacılar ölçümlerini kendi geliştirdikleri akustik ölçüm cihazında 73-20000 Hertz aralığında gerçekleştirmişlerdir. Bu cihazda kumaş örneği ses kaynağı ile mikrofon arasına yerleştirildiği için ses dalgasının kumaşın arkasına geçerken ne miktarda azaldığı ölçülmektedir. Ölçümler sonucunda 5 farklı kumaş yoğunluğu için de 3 denye inceliğinde yuvarlak liflerden oluşan dokusuz yüzeyin 5 denye inceliğinde yuvarlak liflerden oluşan dokusuz yüzeye göre sesi yaklaşık 3,16 kat daha fazla yalıtıldığı belirlenmiştir. Buna sebep olarak lifin incilmesiyle birim ağırlığa giren lif sayısındaki artışa bağlı olarak toplam lif yüzey alanının artması gösterilmiştir. Enine kesit şeklinin etkisini görmek amacıyla 15 denye inceliğindeki 4DG, trilobal ve yuvarlak enine kesitli liflerden ayrı ayrı oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin ölçümü sonucunda 4500-5000 Hz frekans aralığında 4DG enine kesitli liflerden oluşturulmuş dokusuz yüzeyin, yuvarlak enine kesitli liflerden oluşturulana göre sesi yaklaşık 6,3 kat daha fazla yalıtıldığı buna sebep olarak yine lif yüzey alanındaki farklılık gösterilmiştir. 4DG enine kesitli liflerin üzerindeki kanallar sebebiyle yüzey alanının yuvarlak enine kesitli liflere göre yaklaşık 3 kat fazla olduğu belirtilmiştir. Kumaş yoğunluğunun etkisi incelendiğinde, 4500-5000 Hz aralığında $0,43 \text{ g/m}^3$ yoğunluktaki kumaşın $0,07 \text{ g/m}^3$ yoğunluktaki kumaşa göre yaklaşık 20 kat daha fazla yalıtım sağladığı bulunmuştur. Bunun 2 sebebi olabileceği belirtilmiştir, birinci olarak kumaş yoğunluğunun artması ile kumaş içindeki hava boşluklarının küçülmesinden kaynaklanabileceğidir. Küçülen boşluklar ses dalgasının liflerle etkileşim kurma olasılığını arttırmış olabilir. İkinci olarak yoğunluğun artmasıyla daha sıkı ve sert bir yapı olduğundan kumaştan geri yansıyan sesin kumaştan geçen sese nazaran daha fazla olabileceğidir. Sesi geri yansıtması istenmeyen bir durum olup gürültü kirliliğine sebep olmaktadır.

Tascan ve Vaughn (2008b), toplam yüzey alanı ve kumaş yoğunluğunun, iğneleme yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzey kumaşların akustik davranışlarına etkisini araştırmışlardır. Lif özellikleri ve ölçüm yöntemi yukarıda anlatılan çalışma ile aynı kullanılmış farklı olarak iğneleme yöntemi ile 5 farklı yoğunlukta dokular

oluşturulmuştur. İnce liflerden yapılmış dokusuz yüzeylerin kalın liflerden yapılmış dokusuz yüzeylere göre daha iyi yalıtım sağladığı ve aradaki bu yalıtım farkının 5 farklı yoğunluk için de değişmeyip aynı kaldığı görülmüştür. 4DG ve trilobal enine kesitli liflerden yapılmış dokusuz yüzeylerin yuvarlak liflerden yapılmış kumaşlara göre daha iyi yalıtım sağladığı, bunun sebebi olarak da toplam lif yüzey alanının etkisi gösterilmiştir. Liflerin yüzey alanının artması ses dalgalarının liflerle etkileşim olasılığını arttıracığından dokusuz kumaştan sesin geçmesini engellemede daha etkili olacağı belirtilmiştir. Aynı kalınlığa sahip yoğunlukları farklı olan dokusuz yüzeylerin ölçümleri sonucunda yoğunluğun artması ses yalıtımını arttırdığı görülmüştür.

Silve ve Magalhaes (2008) inşaat sektöründe kullanılabilir çok katmanlı malzemelerin akustik özelliklerini incelemiştir. Çalışmalarında binaların iç duvarlarında kullanılmaya uygun buldukları hindistan cevizi lifleri ile köpük (foam) malzemeyi kullanmışlardır. Hindistan cevizi liflerini sıkıştırarak 20 mm kalınlığında bir lif tabakası oluşturmuşlar, bu tabakayı 5 mm ve 10 mm kalınlığa sahip köpük malzeme ile farklı kombinasyonlar oluşturacak şekilde birleştirerek çok katmanlı malzemeler hazırlamışlardır. Oluşturdukları malzemelerin ses yutma katsayısını ASTM E 1050 standardına göre 200-3000 Hz frekans aralığında ölçmüşlerdir. Tek başlarına ölçüldüklerinde ses yutuculuğu %25 ile %35 arasında değişim gösteren bu iki malzeme, birlikte kullanımlarında %100'e yakın ses yutuculuğuna sahip olduğu belirlenmiştir.

Seddeq (2009), PET, mikrofiber, polietilen, pamuk, cam elyafı ve bunların karışımlarından çoğu iğneleme yöntemi ile üretilmiş çeşitli kalınlıklarda ses yutucu malzemelerin akustik davranışlarını etkileyen faktörleri araştırmıştır. ASTM E1050 standardına göre ses yutma katsayılarını ölçmüştür. Lif çapının küçülmesinin ses yutma katsayısını arttırdığını belirtmiştir. Hava akış direncinin yükselmesi ile ses yutma katsayısının arttığını ancak hava akış direncinin belli bir değere ulaşmasından sonra ses yutma katsayısının düşmeye başladığını çünkü sesin malzemenin içine doğru hareketinin zorlaşmaya başladığını bildirmiştir. Özellikle düşük frekanslarda, malzemenin kalınlığının artmasının ses yutma katsayısını arttırmada önemli

olduğunu çünkü frekans düştükçe dalga boyu artacağından, dalga boyu yüksek olan sesin malzemenin kalınlığı arttıkça daha iyi yutulacağını belirtmiştir. Malzemenin üzerine ince PVC film kaplanmasının da ses yutma katsayısını arttırdığını saptamıştır. Malzemenin arkasında 5 mm veya 10 mm boşluk bırakıldığı takdirde yapılan ölçümlerde ses yutma katsayısının arttığı gözlemlenmiş ancak bu boşluğun miktarının birbirine göre önemli bir farklılık yaratmadığı belirtilmiştir.

Thilagavathi, Pradeep, Kannaian ve Sasikala (2010), çalışmalarında bambu, jüt ve muz liflerinin ayrı ayrı polipropilen lifi ile %50:50 oranında karıştırılarak oluşturulan dokusuz yüzeylerin otomobillerde ses yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. İğneleme yöntemi ile üretilmiş dokusuz yüzeylerin empedans tüpü metoduna göre 100-3200 Hertz aralığında ses yutma katsayıları ölçülmüştür (ASTM E 1050). Tüm frekans aralıklarında bambu/PP dokusuz yüzeyin diğerlerine göre daha yüksek (%20'ye varan) yutuculuk gösterdiği belirlenmiştir. Üç dokusuz yüzey için de en iyi yutuculuk 1250 Hertz'de gerçekleşirken, 1250 Hertz'den sonra hepsinin de yutuculuklarının düştüğü görülmüştür. Otomobillerdeki ses yalıtım uygulamalarında, ses yutma katsayısı daha yüksek olduğu saptanan bambu/PP dokusuz yüzeyin kullanılması uygun görülmüştür. Bu üç dokusuz yüzeyin de yalıtım pedi olarak halıların altında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Honarvar, Jeddi ve Tehran (2010), farklı yapılardaki akrilik örme kumaşların ses yutma davranışlarını incelemiştir. Farklı sayıda askı ilmeği içeren bir grup rib örme kumaş ile farklı sayıda atlama ilmekleri içeren bir diğer rib örme kumaş grubunun 500-5000 Hz aralığında ASTM 384:95 standardına göre ses yutma katsayıları ölçülmüştür. Tüm kumaş yapıları için 3000 Hz'e kadar ses yutma katsayısı 0,1'in altında değerler alırken 3000 Hz'den sonra ivmeli bir artış göstermiştir. 5000 Hz'de ses yutma katsayısının atlamalı ilmeklerden oluşan örgü yapılarında 0,58'e kadar, askılı ilmeklerden oluşan örgü yapılarında ise 0,66'ya kadar çıktığı görülmüştür. Ses yalıtımı için askı ilmeklerinin olduğu örgü yapıların daha uygun olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar ayrıca ses yutma katsayısını tahminleyen bir model de geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri model; örme kumaş yapısında bulunan

açık ve kapalı gözeneklerin, ses gözeneğe geldiğinde farklı davranışta bulduklarını göz önünde bulundurarak daha doğru tahminleme yapabilmektedir.

Liu ve Hu (2010), spacer örme kumaşların ses yutma davranışlarını incelemişlerdir. Atkılı ve çözümlü örme spacer kumaşların ses yutma katsayıları 0-6400 Hz frekans aralığında ISO 10534-2 standardına göre ölçülmüştür. Her iki kumaş tipinde de frekansın artmasıyla ses yutma katsayısının arttığı görülmüştür. Atkılı örme spacer kumaşta ses yutma katsayısı 0,9'un üzerine çıkarken, çözümlü örme spacer kumaşta artış 0,2'ye kadar olmuştur. Kumaşların 8 cm ve 16 cm olmak üzere iki farklı kalınlıktaki örnekleri, arkalarında hava boşluğu bırakılarak ölçüldüklerinde ise her iki kumaş tipi için de rezonans durumu oluşmuştur yani yankılanma meydana gelmiştir. Frekans spektrumuna benzeyen ses yutma katsayısı eğrileri oluşmuştur. Kumaşın arkasında hava boşluğu bırakılması yutma frekans aralığını daraltmış ama düşük frekanslarda ses yutma katsayısını arkasında hava olmayan duruma kıyasla arttırmıştır. Arkadaki hava boşluğunun artması, yutuculuğun düşük frekans bölgelerinde de iyi olmasını sağlamıştır. Kumaş kalınlığının 8 cm ya da 16 cm olması yutma davranışının frekans aralıklarını değiştirmiştir. Yani 8 cm kalınlığındaki kumaşın ses yutma katsayısının yüksek olduğu frekanslarda 16 cm kalınlığındaki kumaşın ses yutma katsayısının düşük, 16 cm kalınlığındaki kumaşın ses yutma katsayısı yüksek iken bu frekanslarda 8 cm kalınlığındaki kumaşın ses yutma katsayısı düşük olmaktadır. Arkada boşluk bırakılması, düşük frekanslarda yutuculuğu iyileştirmekte ancak yutma frekans aralıklarını daralttığından dolayı pratikte spacer kumaşlar için elverişli olmadığı belirtilmiştir. Kumaşların kat sayıları artırılarak 8 kata kadar kumaş katmanlarının ses yutma katsayıları ölçülmüştür. Atkılı örme spacer kumaşta 4 kata kadar ses yutma katsayısının önemli ölçüde arttığı ancak kat sayısının 4'ten daha fazla olmasının ses yutma katsayısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Atkılı örme spacer kumaşların 2 kattan 8 kata hepsinde 1600 Hz civarında rezonans olmuştur. Çözümlü örme spacer kumaşta da kat sayısının artması ses yutma katsayısını önemli ölçüde arttırmış ve bu artış kat sayısı ile doğru orantılı olmuştur. Kat sayısının artmasıyla rezonans bölgesi düşük frekans tarafına kaymıştır. Atkılı ve çözümlü spacer örme kumaşların birlikte kullanılması durumunda yapılan ölçümler

sonucunda ses yutma katsayısının yine önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Burada ses yutma davranışını, atkılı ve çözümlü örme kumaşların yerleşim sırasının etkilediği belirtilmiştir. Çözümlü örme spacer kumaşın arkasına atkılı örme spacer kumaş yerleşimi ile yüksek frekanslarda daha yüksek ses yutma katsayısı değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte düşük frekanslarda atkılı örme spacer kumaşın arkasına çözümlü örme spacer kumaş yerleşimi daha iyi sonuç vermiştir.

Ricciardi ve Lenti (2010), halıların akustik özelliklerini incelemişlerdir. Yün, poliamid ve ikisinin karışımından, farklı kalınlık ve farklı birim alan kütlesine sahip halıların ISO EN 10534-2 standardına uygun olarak 400-4200 Hz aralığında ses yutma katsayılarını ölçmüşlerdir. Halıların ses yutma katsayıları 400 Hz'de 0,1 iken 4200 Hz'de 0,5 ile 0,8 arasında değişim göstermiştir. En iyi yutuculuğu %100 yün halı göstermiştir. Aynı kalınlığa sahip %100 yün ve poliamid halılar 3000 Hz'e kadar benzer davranış göstermiş, sonrasında poliamid halının ses yutma katsayısı düşmüş, yün halının ise artmıştır. Halıların kalınlıkları arttıkça ses yutma katsayıları da artmıştır. Bu artış yün halıda kalınlıkla orantılı olarak düzenli bir şekilde olurken, %80/20 yün/poliamid karışımlı halıda düzensizce olmuştur. Yutuculuğu arttırmak amacıyla halıların altlarına 3 veya 4 mm kalınlığında %100 poliester keçe birleştirildiğinde ise orta frekanslardaki yutuculuk artmış, yüksek frekanslara çıkıldıkça yutuculuk biraz düşmüştür.

Öztürk, Nergis ve Candan (2010) kumaş yapısının, sandviç kumaşların ses yutma davranışına etkisini araştırmışlardır. Sandviç yapıda ön ve arkada bulunan kumaşlar için pamuk, bağlayıcı iplik olarak polipropilen multifilament ipliği kullanılmıştır. 4,48 mm ile 5,60 mm aralığında değişen kalınlığa sahip kumaşların, 50-6400 Hz aralığında ISO 10534-2'ye uygun olarak ses yutma katsayıları ölçülmüştür. Sandviç yapının ön ve arkasında kullanılan kumaştaki atlama yapan ipliklerin sayısının artması ses yutma katsayısını arttırdığı buna neden olarak da atlama sayısının artması ile kumaş kalınlığının artması bildirilmiştir. İlmek yoğunluğunun artması ve dolayısıyla gözenekliliğin azalması 1600 Hz'lerden sonra yutuculuğu arttırdığı belirtilmiştir. Sandviç yapıda mini jakarlı örgü kullanılması ses yutma katsayısını artırıcı etki sağladığı bu etkinin 1000 Hz'den sonra görülmeye başlandığı ve kalınlığın

artmasından kaynaklandığı söylenmiştir. Mini jakarlı örgü kullanılmış kumaşların 4000 Hz’te ses yutma katsayılarının 0,50’yi geçtiği ve 6400 Hz’de 0,90’a ulaştığı belirtilmiştir. Bu tür kumaşların iyi yutuculuk özelliği ve estetik görünüşünden dolayı otomobillerde kullanımının gelecek vaat ettiği ifade edilmiştir.

Nor, Ayub, Zulkifli, Amin ve Fouladi (2010) hindistan cevizi liflerinin ses yutuculuklarını incelemiştir. Bunun için hindistan cevizi lifleri preslenerek 20, 30 ve 50 mm kalınlığında paneller oluşturulmuştur. ISO 10584-2 standardına uygun şekilde ses yutma katsayısı ölçümleri yapılmıştır. Kalınlığın ve lif çapının yutuculuğu önemli derecede etkilediğini ancak yoğunluğun yutuculuk üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını saptamışlardır. Kalınlığın artması ile yutuculuk özelliğinin düşük frekans bölgelerine doğru kaydığı örneğin ses yutma katsayısının 0,8 değerine 20, 30 ve 50 mm kalınlığındaki malzemelerde sırasıyla 1360, 940 ve 578 Hz frekans değerlerinde ulaşıldığını belirtmişlerdir. Hindistan cevizi lifinin çapının azalması özellikle düşük frekanslarda ses yutma katsayısını arttırmıştır. Buna sebep olarak daha fazla sayıda ince lifin aynı hacmi dolduracağından dolayı hava geçirgenliğinin azalmasını göstermişlerdir.

1.2.7 Isıl ve Nem Özellikleri Konusundaki Önceki Çalışmalar

Grayson (1983) liflerin termal iletkenlik değerlerini araştırmıştır. Araştırmada 500 kg/m hacminde çeşitli lif malzemeleri incelenmiştir. Pamuk, yün, ipek, polivinilklorür (PVC), selüloz asetat, poliamid (PA), poliester (PES), polietilen (PE), polipropilen (PP) liflerinin ve durgun havanın termal iletkenlik değerini ölçülmüştür. Her bir lifin belirli bir sıcaklıkta birim uzunluğundan geçen ısı miktarı değerleri mWatt/metre-Kelvin cinsinden hesaplanarak lifler kıyaslanmıştır. Lifler termal iletkenlik değerleri açısından büyükten küçüğe; PE (340 mW/m-K), PA(250 mW/m-K), selüloz asetat (230 mW/m-K), PVC (160 mW/m-K), PES (140 mW/m-K), PP (120 mW/m-K), pamuk (71 mW/m-K), yün (54 mW/m-K), ipek (50 mW/m-K) şeklinde sıralanmıştır.

Guanxiong, Yuan, Zhongwei, Jianli ve Jie (1991) farklı liflerden üretilen dokuma ve örme kumaşların termal direnç ve su buharı direnci değerlerini araştırmışlardır. Termal direnç ve su buharı direnci değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralandığında; PES/Yün, PAC, pamuk, PES şeklinde olduğu belirtilmiştir.

Pac, Bueno, Renner ve Kasmi (2001), tek katlı ve iki katlı 36 tex numarasında farklı iki cins pamuk ipliği kullanarak oluşturdukları 3 farklı sıklıktaki süprem kumaşların sıcak-soğuk hissi (termal soğurganlık) özelliklerini incelemişlerdir. Katlı ipliklerin, tek katlı ipliklere göre; sıkı örme kumaşların (ilmek iplik uzunluğu az), gevşek örme kumaşlara göre daha fazla soğuk hissi verdiği belirlenmiştir. Sıcak-soğuk hissini, pamuğun cinsinden ve ipliğin yapısından sıkı kumaşlarda gevşek kumaşlara göre daha fazla etkilendiği saptanmıştır. Kumaşların yüzey durumları ile sıcak-soğuk hissi arasında da bağlantı olduğu, yüzeyi daha pürüzlü ve daha tüylü olan kumaşların daha sıcak hissi verdiği vurgulanmıştır.

Frydrych, Dziworska ve Bilska (2002) % 100 pamuk ve %100 tencel'den oluşan bezayağı, kanvas ve dimi dokuma ince yazlık kumaşların termal özelliklerini incelemişlerdir. Tencel kumaşların pamuklu kumaşlardan daha düşük termal iletkenlik ve termal soğurganlık gösterirken daha fazla termal dirence sahip olduğu belirlenmiştir. Yazlık giysiler için pamuklu kumaşın daha uygun olduğu vurgulanmıştır. Kumaşın örgü tipinin de termal özellikler üzerinde etkisi olduğu belirtilmiştir. Termal iletkenlik ve termal soğurganlık değerleri büyükten küçüğe bezayağı, kanvas ve dimi şeklinde sıralanırken, termal direnç değerleri için tam tersi bir sıralama yapılmıştır.

Uçar ve Yılmaz (2004) rib örgü örme kumaşların termal özelliklerini incelemişlerdir. Akrilik ipliklerden 3 farklı sıklıkta (gevşek-orta-sıkı) 1x1, 2x2, 3x3 rib örgü kumaşlar örülmüştür. Kumaş yoğunluğu ve hava geçirgenliğinin etkisinin görülebilmesi için kumaşlar değişik sıklıkta örülmüştür. Rib sayısının 3x3, 2x2, 1x1 olarak azalmasıyla ilmekler arasında hapsolan hava miktarının artmasına bağlı olarak ısı kaybının azaldığı görülmüştür. Kumaş yapısının sıkılaştıkça hava geçirgenliğinin azalmasından dolayı ısı kaybının azaldığı bildirilmiştir.

Yoo ve Barker (2004) ısıya dayanıklı iş kıyafetlerinde kullanılan %100 aramid ve %75/25 aramid/güç tutuşur (FR) rayon (hava jeti ile eğrilmiş, bezayağı dokuma) kumaşların nem iletim özelliklerini araştırmışlardır. Aynı kumaşların bir kısmına su emicilik bitim işlemi de uygulanmış ayrıca kontrol kumaşı olarak da %100 pamuk dimi dokuma kumaş kullanılarak toplam olarak 5 kumaşta ölçümler yapılmıştır. Tüm kumaşların su emme kapasitelerinin pamuklu kumaştan daha düşük ve birbiri ile aynı olduğu ancak %75/25 aramid/FR rayon kumaşların %100 aramid kumaşlardan daha fazla su buharını absorbe ettikleri belirlenmiştir. %100 aramid kumaşın temas açısı 112.5° 'den su emicilik bitim işlemi uygulanmasıyla $<10^{\circ}$ 'ye düşmüştür. Ancak %75/25 aramid/FR rayon kumaşta temas açısı 116° 'den su emicilik bitim işlemi uygulanmasıyla azalması beklenirken $125,3^{\circ}$ 'ye çıkmıştır. Pamuklu kumaşın temas açısı $<5^{\circ}$ olarak tespit edilmiştir. Temas açısı küçük olan kumaşların absorpsiyon hızlarının diğer kumaşlardan daha fazla olduğunu ve 7. dakikadan sonra absorpsiyon hızlarının düşerek tüm kumaşların birbirine eşit hale geldiğini belirlemişlerdir. Su emicilik işleminin absorpsiyon hızını arttırdığını ancak toplamda emilen su miktarına etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir.

Weder (2004) polipropilen, poliester, poliamid ve polipropilen/pamuk (%60/40) kumaşlarının ısı ve nem özelliklerini incelemiştir. Kumaşların ısı direnç ve su buharı direnci değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre, kumaşların ısı direnç değerleri büyükten küçüğe polipropilen/pamuk, poliester, polipropilen, poliamid şeklinde sıralanırken, su buharı direnci değerleri büyükten küçüğe polipropilen/pamuk, poliamid, poliester, polipropilen şeklinde sıralandığı belirlenmiştir.

Chung ve Lee (2005), itfaiyeci giysilerinin konfor özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada 3 farklı koruyucu giysi tasarımı oluşturulmuştur. Tüm koruyucu giysiler dış katman, nem bariyeri ve termal bariyer olmak üzere 3 katmandan oluşturulmuştur. Giysilerin dış katman ve termal bariyerleri NomexIII A'dan, nem bariyerleri ise sırasıyla PU membran, aramid dokusuz yüzey üzerine PTFE membran ve aramid dokusuz yüzey üzerine PTFE membran+spacer'dan oluşmaktadır. Yapılan deneyler sonucu, subjektif konfor hissi üçüncü giyside en kötü çıkmıştır, bunun

giysinin içerisinde sıkışmış olan nem ve ısının konforsuzluğa neden olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Yapılan giyim denemeleri sonuçlarına göre nem yayılımı değeri en yüksek olanın ikinci giysi, en düşük olanın ise üçüncü giysi olduğu gözlemlenmiştir. Isı yayılımının ise birinci giyside en yüksek, üçüncü giyside en düşük olduğu saptanmıştır. Üçüncü giysinin vücut ile giysi arasında, ısı ve teri çok uzun süre tuttuğu için konforsuzluğa neden olduğu vurgulanmıştır.

Güneşoğlu, Meriç ve Güneşoğlu (2005) pamuk ve pamuk/poliester ipliklerinden değişik zemin ve ilmek ipliği kombinasyonlarıyla oluşturulan futter örme kumaşlar üzerinde çalışmışlardır. Kumaşların ısı soğurganlıkları (sıcak-soğuk hissi) incelenerek, dış ortam için kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda zemin ve ilmek ipliği %100 pamuk olan kumaşın ısı soğurganlık değerinin en yüksek olduğu yani dokunulduğunda diğerlerine göre en fazla serinlik hissi verdiği belirtilmiştir. Ancak şardonlama işleminden sonra ısı soğurganlık değerlerinin önemli miktarda düştüğü görülmüştür. Lif tipinin ısı soğurganlığı birinci derecede etkilediği, poliester ipliklerinden oluşturulmuş futter kumaşların daha sıcak hissi verdiği yani ısı soğurganlıklarının daha düşük olduğu bildirilmiştir. Şardonlanmış kumaşların ısı soğurganlık değerlerinin arasında önemli bir farklılık olmadığı vurgulanmıştır.

Hu, Li, Yeung, Wong ve Xu (2005) poliester, pamuk ve nylon ile farklı oranlarda spandex karışımı düz ve rib örgü kumaşların MMT (moisture management tester) cihazında nem iletim özelliklerini incelemişlerdir. 360 g/m^2 birim alan kütlesine sahip %92/8 nylon/spandex düz örme kumaşın teri, diğerlerinden daha kolaylıkla ciltten uzaklaştıracağı ve maksimum ıslanma çapının da büyük olması sebebiyle kolaylıkla kuruyacağı, 220 g/m^2 birim alan kütlesine sahip 98/2 poliester/spandex rib örme kumaşın teri emme miktarının iyi yani yüksek olacağı, kolaylıkla kumaşın dış yüzeyine geçireceği ancak hemen buharlaşma gösteremeyeceği ve bu yüzden terin kumaştan uzaklaşmasının geç olacağı belirtilmiştir. Pamuklu karışımlarda ve PES ile nylonun daha düşük oranlardaki karışımlarında nem iletim özelliklerinin daha kötü olduğu belirlenmiştir.

Yoo ve Barker (2005a, 2005b) değişen fiziksel aktivite ve koşullarda ısıya dayanıklı koruyucu iş kıyafetlerini incelemişlerdir. Farklı lif içeriklerinde, farklı iplik özelliklerine sahip, değişik dokuma tiplerinde ve farklı bitim işlemleri görmüş altı adet ısıya dayanıklı iş kıyafeti kumaşının termofizyolojik özellikleri, duyuşal özellikleri ve nem transfer özellikleri değerlendirilmiştir. Araştırmada nomex IIIA (bezayağı dokuma, hava jeti ile eğrilmiş kesikli lif ipliği), nomex IIIA (ek olarak emicilik bitim işlemleri görmüş), 75/25 nomex/FR rayon karışımı (bezayağı dokuma, hava jeti ile eğrilmiş kesikli lif ipliği), 75/25 nomex/FR rayon karışımı (ek olarak emicilik bitim işlemleri görmüş), nomex (dimi örgü, ring ipliği) ve kontrol kumaşı olarak %100 pamuk (dimi örgü, güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmamış) olmak üzere altı farklı koruyucu iş kıyafeti kullanılmıştır. Termal konfor açısından test edilen kumaşların arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Nomex kumaş (dimi örgü, ring ipliği) ve pamuklu kumaşın (dimi örgü, güç tutuşurluk bitim işlemleri yapılmamış) duyuşal konfor özellikleri açısından avantajlara sahip olduğu belirtilirken pamuklu kumaşın yavaş kurumasıyla ve nemi uzun süre tutmasıyla ıslaklık hissine neden olacağı vurgulanmıştır. İş kıyafetlerinin hiçbirinin ağır iş koşullarında bile konforsuz olmadığı belirtilmiştir.

Abdel-Rehim, Saad, El-Shakankery ve Hanafy (2006) farklı kalınlık ve farklı birim alan kütlelerine sahip %100 poliester ve %100 polipropilen dokusuz yüzeylerin termal özelliklerini incelemişlerdir. PES liflerinin termal iletkenliği daha az olduğundan PES dokusuz yüzeyin termal direncinin PP dokusuz yüzey kumaşların termal direncinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kumaşlar 5 farklı sıcaklığa (40, 80, 120, 160 ve 200°C) 120 dakika süre ile maruz bırakılıp, süreye bağlı olarak kumaşta oluşan sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Kumaştaki ısı akışının başlangıçta belli bir süre hızlıca artarak yükseldiği ve sonrasında biraz düşerek sabit bir hale geldiği saptanmıştır. Bunun başlangıçta kumaş yüzeyinin daha soğuk olmasından dolayı kumaş yüzeyi ile sıcak hava arasındaki sıcaklık farkının yüksek olmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Kumaşta oluşan sıcaklık değişiminin süre ile arttığı, kalın kumaşlarda sıcaklık değişiminin daha az olduğu belirlenmiştir.

Özdil, Marmaralı ve Kretschmar (2007) iplik özelliklerinin konfor özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Farklı numara ve büküme sahip karde ve penye %100 pamuk iplikleri ile 1x1 rib örme kumaşlar oluşturulmuştur. İplik numarasının artması ısı iletkenlik, ısı direnç ve ısı soğurganlık değerlerini düşürdüğü, su buharı geçirgenliğini arttırdığı saptanmıştır. İplik bükümünün artması ısı direnci düşürürken, ısı soğurganlık ve su buharı geçirgenliğini arttırdığı, ısı iletkenlik üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Karde iplik ile oluşturulmuş kumaşların penye iplikten oluşan kumaşlara göre ısı dirençlerinin daha yüksek olduğu, ısı iletkenlik, ısı soğurganlık ve su buharı geçirgenliklerin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Zhou, Feng, Du ve Li (2007) yünlü örme kumaşların nem iletim özelliklerini araştırmışlardır. %100 yün, %100 kütikül tabakası uzaklaştırılmış yün, yün/PES, yün/Coolmax®, yün/pamuk (bitim işlemi ile kaplanmış pamuk ipliği) ve yün/pamuk (farklı bir bitim işlemi ile kaplanmış pamuk ipliği) iplikleri ile düz örme kumaşlar üretmişlerdir. İplik numaraları ve pamuk ipliklerine uygulanan bitim işlemleri konusunda herhangi bir bilgi verilmemiştir. Nem iletim özellikleri MMT cihazında ölçülmüştür. %100 yün kumaşların en geç ısladıkları, kütikül tabakası uzaklaştırılmış yün kumaşın alt yüzeyinin üst yüzeyinden daha çabuk ıslandığı (test sırasında sıvı üst yüzeyden veriliyor), normal yün kumaşın ise alt yüzeyinin hiç ıslanmadığı belirlenmiştir. Alt yüzeyin ıslanmaması giyside terin iç yüzeyden dış yüzeye doğru iletilmemesi anlamına gelmektedir. Bu da konfor açısından istenilmeyen bir durumdur. Yün/pamuk karışım kumaşlarda, diğer kumaşlardan daha fazla miktarda sıvının giysinin içinden dışına doğru iletildiği ve daha çabuk kuruma sağlandığı yani nem iletim kapasitesinin en fazla olduğu saptanmıştır. Pamuk/yün kumaşlardan sonra sıralama yün/Coolmax® ve %100 kütikül tabakası uzaklaştırılmış yün kumaş şeklinde olmuştur. En kötü sonuç %100 yün kumaşa elde edilmiş, yün/PES kumaşın da %100 yün kumaşa yakın olduğu belirlenmiştir.

Oğlakçıoğlu ve Marmaralı (2007), %100 pamuk ve %100 poliester iplikleri ile oluşturulan süprem, 1x1 rib ve interlok kumaşların termal özelliklerini incelemişlerdir. Süprem, 1x1 rib ve interlok kumaşların termal iletkenlik değerleri

pamuklu kumaş için sırasıyla 0,035; 0,043; 0,047, poliester kumaş için ise 0,032; 0,038 ve 0,042 olduğu; termal dirençlerinin ise sırası ile pamuk için 0,024; 0,027 ve 0,030; poliester kumaş için de 0,026; 0,029 ve 0,033 olduğu belirlenmiştir. Hem pamuk hem de poliester kumaşlarda interlok ve 1x1 rib kumaşların ısı iletkenlik ve ısı direnç değerlerinin süprem kumaşlardan daha fazla olduğu bunun da süpremden intelok'a doğru kumaşın kalınlığının artmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır. Kumaşların ısı soğurganlık değerleri de ısı iletkenlik ve ısı direnç değerlerine paralellik gösterdiği, interlok kumaşların en yüksek ısı soğurganlık değerleri ile ilk temasta daha soğuk hissi verdiği bildirilmiştir. Bunun yanında süprem kumaşların su buharı geçirgenliklerinin daha fazla olduğu düşük ısı soğurganlık değeri ile ilk dokunuşta daha sıcak hissi verdiği ifade edilmiştir.

Wu ve Fan (2008), giysiyi oluşturan farklı tipteki kumaş tabakalarının sıralanışının termal yalıtım ve nem tutma özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada iki farklı kumaş yerleşim şekli tasarlanmış olup, bunlardan birincisi Goretex iç kumaş + çok katlı yün tabakaları + çok katlı poliester tabakaları + Goretex dış kumaş, ikincisi ise Goretex iç kumaş + çok katlı poliester tabakaları + çok katlı yün tabakaları + Goretex dış kumaş şeklindeki yerleşimlerdir. Hem teorik hem de deneysel sonuçlara göre higroskopik tabakanın (yün tabakaları) iç bölgede, higroskopik olmayan tabakanın (poliester tabakaları) dış bölgede kullanılmasının yoğunlaşmayı ve kuru ısı kaybını azaltacağı için termal konfor açısından avantajlı olacağı bildirilmiştir. Vücuda temas eden bölgenin higroskopik olmaması içerideki emici bölgenin ise higroskopik olması önerilmiştir.

Stankovic, Popovic ve Poparic (2008) pamuk, viskon, keten %100 veya karışım süprem kumaşları incelemiştir. %100 keten kumaşın ısı iletkenliğinin en düşük, %100 viskon kumaşın ise en yüksek olduğu belirlenmiştir. Viskon ipliğın tüylülüğünün en fazla olması sebebiyle termal iletkenliğinin en yüksek olduğu, keten kumaşın hava geçirgenliğinin en az olması sebebiyle ısı iletkenliğinin en düşük olduğu ifade edilmiştir. ısı dirençleri bakımından %100 pamuk kumaş en yüksek değere viskon kumaş da en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Keten/pamuk ve keten/viskon karışım kumaşlarının ısı dirençlerinin birbirine yakın ve %100

kumaşlardan daha az olduğu saptanmıştır. Kumaşların hava geçirgenliği ve gözenekliliğinin termal davranışı etkilediği ifade edilmiştir.

Keiser, Becker ve Rossi (2008) yangına karşı koruyucu itfaiyeci giysilerinin nem iletim özelliklerini incelemişlerdir. İtfaiyeci giysilerinde nemin miktarının ve hangi tabakada bulunduğu, kişinin sıcak buhardan yanmasına sebebiyet vermesi bakımından önemli olduğu vurgulanmıştır. 4 katmandan oluşan 2 tip yeni geliştirilmiş itfaiyeci ceketini incelenmiştir. Ceketler, ısıya dayanıklı dış katman, su buharı geçirebilen membran, termal bariyer ve iç katmandan oluşmaktadır. Ceketler arasında iç katman ve termal bariyer bakımından farklılık bulunmaktadır. Ceketin birinde iç katmanda aramid kullanılırken diğerinde aramid/FR viskon karışımı kullanılmıştır. Her iki itfaiyeci giysisinde termal bariyer olarak farklı kalınlıklarda aramid dokusuz yüzey kullanılmıştır. Her iki cekte de ısıya dayanıklı aramid dokusuz yüzey üzerine aynı politetrafloretillen (PTFE) membran lamine edilmiştir. Ceketlerin dış katmanları aramid kumaştan yapılmıştır. İç katmanında aramid/FR viskon karışımı kullanılmış ceketin ısıl direnci ve su buharı direnci iç katmanında aramid kullanılan cekte göre daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmada, ceketlerin altına giyilecek iç çamaşırının da etkisi gözönünde bulundurulmuş ve bunun için pamuk ya da aramid kullanılmıştır. Araştırmacılar tek bir kumaş katmanının nem içeriğinin sadece o katmana özgü materyal özelliklerine bağlı olmadığı, komşu katmanların nem emicilik özellikleri ve iç katmanının nem emme yeteneğinin de etkili olduğunu vurgulamışlardır. İç çamaşırı olarak aramid (higroskopik değil) kullanıldığında bir sonraki katman hidrofil ise nemi çekip transfer edeceği için aramid iç çamaşırının vücudu kuru tuttuğu ortaya çıkmıştır. Ancak komşu katman yeterli miktarda hidrofil değil ise içteki aramidin de pamuk gibi hidrofil karaktere büründüğü görülmüştür. Bu açıdan ikinci katmanının nem dağılımının belirlenmesinde çok büyük öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. İki katın birbirine doğrudan temas ettiği durumlarda, birinci kat hidrofob, ikinci kat hidrofil ise ikinci katın nemi çektiği, birinci katın ise sadece iletim vazifesi gördüğü, az bir nem çektiği belirtilmiştir. Ancak ikinci kat hidrofob ise bu defa ikinci katın nem bariyeri görevini üstlendiği ve kişiye konforsuzluk verdiği bildirilmiştir. Koruyucu giysilerdeki çok katlı yapılarda hidrofil ve hidrofob tekstil yapıları doğru bir şekilde

kombine edilebilirse, nem ve su buharı iletiminin hızlanacağı ve dolayısıyla giyim konforunun artırılabilceği ortaya konulmuştur.

Özdil, Süpüren, Özçelik ve Pruchova (2009), iplik numarasının ve büküm katsayısının düz örme kumaşların nem iletim özelliklerine etkilerini incelemiştir. Farklı iplik numaralarında (Ne 20, 30, 40) ve farklı bükümlerde ($\alpha_e=3,2;3,6;4,0$) pamuk iplikleri kullanarak süprem kumaşlar örülmüş ve MMT cihazında ölçümleri yapılmıştır. Nem iletim özelliklerine, iplik numarasının etkisinin büküm katsayısının etkisinden daha fazla olduğu belirlenmiştir. İplik numarası arttıkça yani iplik inceldikçe ıslanma süresinin azaldığı, maksimum absorpsiyon hızının (%/s), yayılma hızının (mm/s) ve maksimum ıslanma çapının (mm) arttığını tespit etmişlerdir. İnce iplikte kalın ipliğe göre daha az sayıda lif bulunduğunu, bu sebeple ıslanma süresinin düştüğünü; ipliğin incilmesiyle kumaşın da incelmesinden dolayı maksimum absorpsiyon hızının ve yayılma hızının arttığı belirtilmiştir. İpliğin büküm katsayısının artması ile ıslanma süresinin arttığı, maksimum absorpsiyon hızı ve yayılma hızının azaldığı tespit edilmiştir. Büküm katsayısının maksimum ıslanma çapı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bükümün artmasıyla, iplik çapı ve tüylülüğü azaldığından ipliğin daha kompakt hale geldiği bunun da nem iletim özelliklerini etkilediği belirtilmiştir.

Shim, Park ve Shim (2009), konforlu olmasının yanında iyi termal performansa sahip bir ısıtıcı giysi tasarlamayı amaçlamışlardır. Hidrofil poliüretan film içerisine seramik tozları eklenerek termal yalıtkan ve su buharı geçirgen yapılar elde edilmesi istenmiştir. Bu amaçla poliester dokuma kumaş, seramik tozlarını ekledikleri poliüretan film (%20 seramik içeriği olan) ile kaplanmıştır. Farklı oranlarda Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , MgO , CaO , Fe_2O_3 , NaO ve ZrO_2 karışımları kullanılmış olup ağırlıklı olarak Al_2O_3 ve ZrO_2 kullanılmıştır. Seramik tozlarının termal yalıtımı artırdığı, su buharı geçirgenliğini düşürdüğü bunun yanında seramik miktarının artmasıyla kumaşların kızılötesi ışınlarının (far infrared emissivity) arttığı belirtilmiştir. Ayrıca seramik eklenmesi ile üretilen ısıtıcı giysinin kullanımı sırasında mikroklima sıcaklığının yükseleceği ifade edilmiştir.

Turay, Özdil, Süpüren ve Özçelik (2009), farklı hammaddeler (%100 akrilik, %50/50 yün/akrilik) ve farklı işlem parametreleri (2, 4, 6 iğne sayısı; 7, 9, 11 m/dak. çıkış silindir hızı) kullanılarak üretilen örülmüş tipteki fantazi ipliklerden oluşturulan düz örme kumaşların ısı konfor özelliklerini incelemiştir. Fantazi iplik üretiminde kullanılan iğne sayısı arttıkça ipliğin kalınlaştığı, bu ipliklerden örülen kumaşların ısı iletkenliklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Isıl direnç ve ısı iletkenlik arasında ters bir ilişki olmasına karşın, 2 ve 4 iğne kullanılarak örülmüş fantazi ipliklerden üretilmiş olan kumaşlarda, iğne sayısının artışıyla kumaşların ısı dirençlerinin de arttığı, buna sebebi olarak kumaşlardaki kalınlık artışının ısı iletkenlikteki artıştan daha fazla olması gösterilmiştir. Fazla iğne sayısı ile örülen ipliklerden üretilen kumaşlar ilk temasta daha soğuk his verirken, yüksek çekim hızı ile elde edilen ipliklerle üretilen kumaşların daha sıcak his verdiği bildirilmiştir. Ancak makine çekim hızının, ısı iletkenlik ve ısı direnç değerleri üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Hammade açısından değerlendirildiğinde, %100 akrilik örülmüş fantazi ipliklerden üretilen kumaşların, %50/50 yün/akrilik ipliklerden üretilen kumaşlara göre daha yüksek ısı iletkenlik ve daha düşük ısı direnç değeri gösterdiği görülmüştür.

Verdu, Rego, Nieto ve Blanes (2009), iş kıyafetlerinde kullanılacak poliester/pamuk dimi dokuma kumaşlarda DOW XLA™ lifinin kullanımının kumaşın konfor özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. DOW XLA™ lif; Dow kimyasal firması tarafından geliştirilmiş, etilen ve yüksek α -olefinin kopolimeri olan, elastik özelliklere sahip bir poliolefin elastomer lifidir. Araştırmada DOW XLA™ lifini kıyaslama amacıyla bir başka elastomer lif, polibütilen tereftalat (PBT) da kullanılmıştır. DOW XLA™ lif içeren kumaşın, ısı ve nem iletim özelliklerinin elastik lif içermeyen PES/pamuk kumaşa benzer olduğu ve PBT lif içeren kumaşa göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. 50 yıkama sonrasında bu özelliklerin, elastik lif içermeyen PES/pamuk kumaşa ve PBT lif içeren kumaşa değişirken DOW XLA™ lif içeren kumaşa değişmediği görülmüştür.

Rego, Verdu, Nieto ve Blanes (2010) yukarıdaki araştırmanın devamında farklı karışım oranlarındaki kumaşların üzerinde inceleme yapmışlardır. Atkısında elastik

iplik kullanılan daha hafif ve daha ince kumaşların, elastik lif içermeyen PES/pamuk kumaşa göre daha iyi konfor sağladığını vurgulamışlardır.

Bilgi ve Kalaoğlu (2010), özel apre tekniklerinin askeri giysilerin konforuna etkilerini incelemişlerdir. % 100 pamuk, değişik oranlarda pamuk/PES ve pamuk/PA ipliklerden değişik örgülerde örme ve dokuma kumaşlar üretilmiştir. Özel apre görmüş kumaşların hızlı kurduğu, dış yüzeylerinin ıslanmayıp iç yüzeylerinin ıslandığı yani teri emerek dış yüzeye vermeden hemen buharlaştırdığı, su geçirgenliklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Seçilen kumaşın doku yapısı ve malzeme özelliği olarak pamuk ağırlıklı olması konfor etkisini artırdığı ifade edilmiştir.

Oğlakçioğlu ve Marmaralı (2010) ipliğin yapısının (penye ya da karde olmasının, tek katlı ya da katlı olmasının ve merserize olmasının) kumaşın termal konfor özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Bunun için %100 pamuktan farklı yapılarıdaki ipliklerden örülen düz örgü kumaşların ıslak ve kuru durumdaki termal iletkenlik, termal direnç ve termal soğurganlık ölçümleri Alambeta cihazında yapılmıştır. Merserize iplikten örülmüş kumaşın termal direncinin daha düşük, termal soğurganlığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumda merserizasyon işleminin giyside soğukluk hissi oluşturduğu ve yazlık giysilerde merserize ipliklerin kullanılmasının daha uygun olduğu söylenmiştir. Katlı iplik kullanılan örgü kumaşın, tek katlı iplik kullanılan kumaşa göre termal direncinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İpliklerin karde ya da penye olmasının termal konfor özelliklerinde önemli bir farklılık yaratmadığı belirtilmiştir. Islak kumaşlar kuru kumaşlara göre daha az termal yalıtım ve daha fazla soğukluk hissi gösterdiği ifade edilmiştir.

Thilagavathi, Pradeep, Kannaian ve Sasikala (2010) bambu, jüt ve muz liflerinin ayrı ayrı polipropilen lifi ile %50:50 oranında karıştırılarak iğneleme yöntemi ile oluşturulan dokusuz yüzeylerin termal iletkenliklerini ölçmüşlerdir. Jüt/PP dokusuz yüzeyin termal iletkenliğinin 0,036 W/mK değeri ile en fazla olduğu çünkü bu kumaşın birim alan kütlelerinin ($66,1 \text{ g/m}^2$) ve kalınlığının (4,28 mm) diğerlerine göre daha az olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Muz/PP ve bambu/PP dokusuz

yüzeylerin birim alan kütleleri ve kalınlıkları sırasıyla, 97,6 g/m² ve 6,43 mm ile 96,1 g/m² ve 4,93 mm'dir. Muz/PP dokusuz yüzeyin termal iletkenliğini 0,0178 W/mK ve bambu/PP dokusuz yüzeyinki de 0,0266 W/mK olarak tespit edilmiştir. Muz/PP dokusuz yüzeyin kalınlığının fazla olması sebebiyle termal iletkenliğinin en düşük olduğu ve termal yalıtıcı olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Namlıgöz, Çoban ve Bahtiyari (2010) pamuk, lyocell, viskon, dairesel enine kesite sahip poliester (cPES), 6 kanallı enine kesite sahip poliester (hPES) ve mikrofiber poliester (mPES) ipliklerini kullanarak %100 ve %65/35 karışım oranlarında 3/1 dimi dokuma kumaşların nem iletim özelliklerini incelemiştir. Selülozik ipliklerin numarası Ne 36, sentetik ipliklerin numarası ise 167 dtex'tir. Çözgü ve atkı sıklıkları sabit ve tüm kumaşlarda sırasıyla 48 tel/cm, 31 tel/cm'dir. Ölçümler SDL-Atlas MMT cihazında yapılmıştır. Kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine sıvı geçişinin en fazla, pamuk/cPES ile pamuk/hPES karışım kumaşlarında olduğu, en düşük %100 viskon kumaşta olduğu belirlenmiştir. Viskon kumaşın hidrofil karaktere sahip olduğu ancak iç yüzeyden dış yüzeye sıvı geçişine izin vermediği ifade edilmiştir. %100 selülozik ve %100 sentetik kumaşlar karışım kumaşlardan sıvı geçişi bakımından daha düşük sonuçlar vermiştir. Toplam nem iletim kapasitesi yani nemin kumaşın dış yüzeyine daha çok miktarda geçerek çabuk kuruması bakımından en iyi sonuç pamuk/cPES ve lyocell/cPES kumaşlarında alınmıştır. Karışım kumaşların %100 selülozik ve %100 sentetik kumaşlardan daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. %100 selülozik kumaşların da %100 sentetik kumaşlara göre daha iyi toplam nem iletim kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir. Toplam nem iletim kapasitesi en düşük kumaşlar mPES/cPES ve hPES/cPES karışım kumaşlarıdır. PES gibi sentetik liflerin hidrofob olduğu bu sebeple ıslanma eğilimlerinin olmadığı ama nemi iyi transport ettikleri bildirilmiştir. Ancak bunun iyi bir nem iletim kapasitesi için yeterli olmadığı belirtilmiştir. İyi bir nem iletim kapasitesine sahip olmak için sentetik ipliklerin selülozik ipliklerle karışım yapılarak kullanılması önerilmiştir.

Ibrahim, Khalifa, El-Hossamy ve Tawfik (2010) pamuk lifinden üretilmiş farklı atkı örme yapılarındaki (süprem, pike, melton) kumaşlara farklı bitim işlemleri

(yumuşatma bitim işlemi, bio-parlatma işlemi, antibakteriyel bitim işlemi, su iticilik bitim işlemi) uygulanmasıyla özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Sonuçlara bakıldığında yumuşatma bitim işleminin kumaşların ısı geçirgenliğini ve hidrofiliğini azalttığı, bio-parlatma işleminin hava geçirgenliği ve ısı iletimini arttırdığı ancak hidrofiliği özelliğini değiştirmedeği, antibakteriyel bitim işleminin ısı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve kumaşın ıslanma süresini arttırdığı, su iticilik bitim işleminin de ısı geçirgenliği ve hava geçirgenliğini azalttığı görülmüştür.

Majumdar, Mukhopadhyay ve Yadav (2010), pamuk, bambu ve karışımından oluşturulmuş süprem, rib ve interlok örme kumaşların termal konfor özelliklerini incelemişlerdir. Kumaşların termal iletkenliklerinin bambu lifi oranının artması ile genellikle azaldığı görülmüştür. Aynı lif karışımına sahip kumaşlarda kullanılan iplik inceldikçe gözenekliliğin artmasına bağlı olarak termal iletkenliğin düştüğü belirtilmiştir. Kumaş yapıları birbiriyle kıyaslandığında termal iletkenliği ve direnci en fazla olan kumaşın interlok olduğu ondan sonra sırasıyla rib ve süprem kumaşların geldiği belirlenmiştir. Süprem kumaşın su buharı geçirgenliği ile hava geçirgenliğinin diğer iki kumaşa göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bambu oranının artmasıyla su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliğinin de arttığı belirtilmiştir.

Süpüren, Oğlakçioğlu, Özdil ve Marmaralı (2011), çift yüzlü örme kumaşların nem iletim ile termal soğurganlık özelliklerini incelemişlerdir. Pamuk(iç)-pamuk(dış), polipropilen(iç)-polipropilen(dış), pamuk(iç)-polipropilen(dış), polipropilen(iç)-pamuk(dış) olacak şekilde üretilen çift yüzlü örme kumaşların nem iletim özellikleri MMT cihazında, termal özellikleri ise Alambeta cihazında ölçülmüştür. Polipropilen(iç)-polipropilen(dış) kumaşta, polipropilen liflerinin hidrofobik karakterinden dolayı su molekülleri emilmeyerek, kapılar etki ile kumaşın her iki yüzeyine dağılarak geniş bir alanı ıslatmıştır. Bu sebeple toplam nem iletim kapasitesinin çok zayıf olduğu görülmüştür. Pamuk(iç)-pamuk(dış) kumaşta su molekülleri lifler tarafından her iki yüzeyde de eşit ıslanma çapı yaratarak emilmiştir ve toplam nem iletim kapasitesinin zayıf olduğu belirlenmiştir. Pamuk(iç)-

polipropilen(dış) kumaşta su moleküllerinin içteki pamuk lifleri tarafından emildiği ve dışarıdaki polipropilen liflerine çok az miktarda suyun çıkabildiği için bu kumaşın da toplam nem iletim kapasitesinin çok zayıf olduğu görülmüştür. Polipropilen(iç)-pamuk (dış) olan kumaşta polipropilen lifleri kapilerite ile su moleküllerinin dıştaki pamuk liflerine doğru hızlıca iletilmesini sağladığı için toplam nem iletim kapasitesinin iyi olduğu belirlenmiştir. Ancak kumaşların kuru durumda iken yapılan ölçümlerde polipropilen(iç)-pamuk (dış) kumaşın termal soğurganlık değerinin düşük olduğu yani daha sıcak hissi verdiği ve ıslak durumda iken ölçülen termal soğurganlık değerlerinden de nem emiciliğinin en düşük olduğu (ıslak termal soğurganlık değeri en düşük) vurgulanmıştır.

Gün (2011), aynı iplik numasına sahip (Ne 30) modal, mikromodal ve mikromodal air liflerinden 3 farklı sıklıkta oluşturulmuş süprem kumaşların termal özelliklerini incelemiştir. Kumaşlarda kullanılan modal, mikromodal ve mikromodal air liflerinin incelikleri sırasıyla 1,3; 1,0 ve 0,8 dtex'tir. Isıl iletkenlik ve soğurganlık değerleri en yüksek mikromodal air ipliklerinden oluşturulmuş kumaşta, en düşük ise modal ipliklerden oluşturulmuş kumaşta elde edilmiştir. Isıl direncin modal kumaşta en yüksek, mikromodal kumaşta ise en düşük olduğu belirlenmiştir. Lif incelidikçe iplik enine kesitindeki lif sayısı artacağından, ipliğin yapısındaki hava boşluklarının azalmasından termal özelliklerin de buna bağlı olarak farklılaştığı belirtilmiştir. Mikromodal air liflerinden oluşturulmuş kumaşların daha soğuk hissi verdiği görülmüştür. Kumaşların ilmek iplik uzunluklarının da termal özellikleri etkilediği belirtilmiştir. İlmek iplik uzunluğu azaldıkça yani kumaş sıkılaştıkça ısıl iletkenlik ve ısıl soğurganlığın arttığı (soğuk hissi) buna bağlı olarak ısıl direncin de düştüğü belirlenmiştir.

1.2.8 UV Geçirgenliği Konusundaki Önceki Çalışmalar

Stanford, Georgouras ve Pailthorpe (1997), giysinin UV ışınlarını geçirgenliğini etkileyen kumaş özelliklerini belirtmişlerdir. Bunlar; kumaş konstrüksiyonu, ağırlık, lif tipi, kumaşın gerilmesi, ıslanması, yıkama ve kullanım süresi, renk ve UV absorbe edici madde içermesidir. Kumaş konstrüksiyonun en önemli etkileyen faktör olduğu,

sıkı kumaşların daha koruyucu olduğu, aynı konstrüksiyona sahip daha ağır kumaşların daha az geçirgenliği olduğu vurgulanmıştır. Kumaşı germenin UPF değerini düşürdüğü, ıslanmış kumaşın kuru haline göre daha düşük UPF'ye sahip olduğu belirtilmiştir. Yıkamanın ve standart kullanım ömrü süresince giymenin de UPF değerini arttırdığı ifade edilmiştir. Dünyadaki deri kanserlerinin en çok görüldüğü ülke olan Avustralya'da yeni oluşturulan (ve daha sonra en çok kullanılan) dünyada ilk defa tekstil ürünlerinin koruyuculuğunu derecelendiren (Rated UPF) AS/NZS 4399 standardı da anlatılmıştır.

Gies, Roy ve Holmes (2000), giysilerin UV ışınlarına karşı koruma performansları ölçümlerinin hem hücre içi hem de hücre dışı metotları kullanılarak birbiri ile kıyaslamasını yapmışlardır. AS/NZS 4399:1996 standardının gerçekte UV ışınlarından dolayı hücre içinde oluşan eritem miktarı ile ne kadar uyumlu olduğu yani bu standardın verdiği sonuçların gerçeğe ne kadar yakın olduğu araştırılmıştır. Çalışmada 15 farklı yapıda kumaş kullanılmış ve her iki metoda göre koruma faktörleri belirlenmiştir. 15 kumaşın 14'ünde iki metod ile elde edilen sonuçların istatistiksel olarak aynı olduğu belirtilmiştir. Arada istatistiksel fark bulunan kumaşın UPF değerinin 50.0, SPF değerinin ise 42,4 olduğu, ve bu farklılığın çok büyük olmadığı, genel olarak hücre dışı metod olan AS/NZS 4399:1996 metodunun hücre içi metodla aynı sonuçları verdiği vurgulanmıştır.

Osterwalder, Schlenker, Rohwer, Martin ve Schuh (2000), insanların giysileri üzerinde iken dünya üzerine gelen cilt kanserine yol açan güneşin zararlı UV ışınlarından en az 5 kat korunduklarını yani en fazla %20'sine maruz kaldıklarını ifade etmişlerdir. Ancak bu oranın bile hala insan derisi için çok zararlı olduğu bildirilmiştir. Pamuklu kumaş ortalama olarak UV ışınlarının %30'unu geçirdiği ancak ıslak durumda bu değerin %50'ye çıktığı görülmüştür. UV absorban madde ile işlem görmüş kumaşın ise ıslak durumda koruyuculuğunu kaybettiği vurgulanmıştır. Yazın çok tercih edilen örme giysilerin gergin durumda UV koruyucu performanslarında önemli bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Bu düşüşün gerildiğinde kumaşın gözeneklerinin açılması ve kalınlığının azalmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Kumaşların yıkandıktan sonra UV geçirgenliklerinin azaldığı bunun

kumaşın çekmesinden (toplanmasından) ve deterjan maddelerinin içindeki optik beyazlama maddelerinden kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir.

Laperre ve diğer. (2001), 5 ülkede 8 laboratuvarında, 9 farklı ölçüm cihazı ile birbirinden farklı konstrüksiyon ve hammaddeye sahip 14 farklı tekstil materyalinin ölçümlerini yapmışlardır. Yüksek UPF değerleri için, farklı operatör, cihaz ve kalibrasyon gibi faktörlere bağlı olarak laboratuvarlar arasındaki farklılığın önemli olduğunu belirlemişlerdir. Örneğin, UPF 10-20 arasında değerler alırken laboratuvarlar arasında farklılık yaklaşık 5 iken UPF 50 değerini aldığında bu farklılığın 15'e yaklaştığı belirlenmiştir.

Gambichler ve diğer. (2002) farklı renk ve birim alan kütlesine sahip viskon, pamuk ve poliesterden, ticari olarak kolay bulunan yazlık kumaşların UV koruma performanslarını incelemişlerdir. UPF değerleri hem spektrofotometre kullanılarak hem de gönüllü kişilerle deride hücre içinde meydana gelen değişim yoluyla ölçülmüştür. Bu iki yöntem ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde kumaşların insan vücudunda, spektrofotometre ile belirlenen UPF değerlerinden daha az koruyuculuk gösterdiğini istatistiksel olarak ortaya koymuşlardır. Ancak laboratuvarında ölçümler yapılırken UV ışınlarının kumaş yüzeyine dik olarak geldiği, ışınların 45° açı ile gelmesinin dik olarak gelmesine göre UPF değerinde 3'ün üzerinde yükselme sağladığı bildirilmiştir (Ravishangar ve Diffey, 1997). Normal gündelik yaşamda ise insanın maruz kaldığı ışınların her zaman 90° olmadığı bu yüzden laboratuvarında sonuçlarının en kötü durum senaryosu olduğu bu sebeple laboratuvarında elde edilen sonuçların güvenilir olduğunu belirtmişlerdir.

Xin, Daoud ve Kong (2004) pamuklu örme kumaşa sol jel yöntemine göre titanyumdioksit aplike ederek kumaşların üzerinde düzgün ve sürekli bir film oluşturmuşlardır. İşlem gören kumaşlara 55'e kadar yıkama yapılmıştır. İşlem görmemiş kumaşın UPF derecelendirmesi 10 iken işlem görmüş kumaşın ve yıkanmış tüm kumaşların UPF derecelendirmesinin 50+ olduğu tespit edilmiştir. Kumaşların yıkama sayısı arttıkça UV geçirgenlikleri de artmış olmakla birlikte 50+ derecelendirmesini korumuştur. Yıkama sonrasında da etkisini koruması pamuk ile

TiO₂ arasındaki kovalent bağdan kaynaklandığı bildirilmiştir. Yapılan işlemin kumaşa zarar verip vermediğini araştırmak üzere patlama mukavemeti testi yapılmış ve mukavemet değerlerinde bir düşüş olmadığı görülmüştür.

Yang, Zhu ve Pan (2004), TiO₂'nin UV ışınlarını bloke etme mekanizmasını incelemiştir. Farklı tanecik büyüklüğündeki (nano, mikron-altı ve mikron) parçacıkların UV ışınlarını absorblama bakımından birbiri ile farkı olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuçta, önceki görüşlerin aksine TiO₂'nin tanecik büyüklüğünden bağımsız olarak UV ışınlarını absorbladığını saptamışlardır. Nano ve mikron-altı boyutlardaki TiO₂, dimi ve bezayağı beyaz renkli pamuklu kumaşlara ve dimi ham pamuklu kumaşa applike edilmiştir. TiO₂ applike edilmeden önceki UPF değerleri; bezayağı kumaşın 3, dimi kumaşın 9 ve ham kumaşın 19 olarak belirlenmiştir. Ham kumaşın UPF değerinin yüksek olması, ham kumaşta çözgü ipliğindeki haşıl maddelerinin ve pamuktaki doğal pigmentler ile ligninin UV ışınlarını bir miktar absorbe etmesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. TiO₂ applike edilmiş kumaşların UPF'lerinin, nano TiO₂ applike edilmiş bezayağı kumaş hariç yaklaşık 50'ye yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. Nano boyutlu TiO₂ applike edilmiş bezayağı kumaşın UPF değerinin 26 olduğu belirlenmiştir. Ham kumaş haricinde diğer iki beyazlatılmış kumaşta mikron-altı TiO₂ kullanılması ile daha yüksek UPF değerleri elde edilmiştir. Ham kumaşta nano TiO₂ kullanımı ile daha yüksek UPF eldesi, haşıl maddesinde bulunan bağlayıcılara karşı nano TiO₂'nin afinitesinin olabileceğinden kaynaklanmış olabileceği ile açıklanmıştır. Mikron-altı parçacıkların kolaylıkla kumaştan döküldüğü gözlemlenmiştir. Nano parçacıkların ise kumaşa karşı afinitelerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Nano parçacıkların “yüzey alanı/hacim” oranının yüksek olması ve yüksek yüzey enerjisine sahip olmaları sebebiyle kumaşa karşı daha iyi afinite gösterdikleri vurgulanmıştır.

Sarkar (2004), bezayağı, dimi ve saten pamuklu kumaşları bitki ve böceklerden elde edilen doğal boyarmaddeler ile boyayarak UV koruyuculuk özelliğini incelemiştir. Kırmızı böceğinden (cochineal) elde edilen boya ile bitkilerden elde edilen kök boya (madder) ve indigo ile %2, 4 ve 6 boya konsantrasyonlarında kumaşlar boyanmıştır. Boyanmamış bezayağı, dimi ve saten kumaşların UPF

değerleri sırasıyla 3,2; 19,2 ve 13,3 olarak ölçülmüştür. İplik kalınlığı, kumaş ağırlığı ve kalınlığı ile UPF arasında pozitif bir korelasyon olduğu bunun da gözeneklilikten kaynaklandığı belirtilmiştir. Ölçümler sonucu doğal boyaların UV koruyuculuğu büyükten küçüğe indigo, kök boya ve kırmızı böceğinden elde edilen boya şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Dimi ve saten yapılarında tüm boyanmış kumaşların >50 olduğu görülmüştür. Bezayağı kumaşta kök boya ile en fazla 16,6'ya, kırmızı böceğinin boyası ile 36,6'ya indigo ile %2'lik boya konsantrasyonu için 43,2 artan konsantrasyonlar için >50 yükseldiği görülmüştür. Bezayağı, dimi ve saten kumaşların doğal boyarmaddeler ile boyama yapıldığında UV koruyucularının arttığı ifade edilmiştir.

Riva ve Albaga (2006) lif tipinin ve kumaşın yapısal parametrelerinin UV koruma özelliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Pamuk, modal ve modal sun ipliklerinden bezayağı örgüde kumaş dokuyarak bu kumaşların UV geçirgenliklerini ölçmüşlerdir. Sıklık ve iplik kalınlığının artması UV ışınlarını geçirgenliğini azaltmıştır. Pamuk ve modal kumaşlarda dalga boyunun artması ile kumaşların UV geçirgenliklerinde sürekli bir artış olurken, modal sun kumaşın 360 nm'ye kadar geçirgenliği sabit kalmış ve sonrasında keskin bir şekilde artmıştır. Araştırmacılar yüksek dalga boyundaki ışınların düşük dalga boyundaki ışınlardan daha az zararlı olduğunu belirterek 360 nm'den sonra oluşan bu keskin artışın çok önemli olmadığını savunmuşlardır. Modal kumaşlar pamuk kumaşa göre daha iyi koruyuculuk göstermiş ancak her iki kumaş tipi de UV ışınlarından korumada yetersiz bulunmuştur. Modal sun kumaşların genelde iyi koruma sağladığı, iplik kalınlığı ve sıklığın artmasıyla UV koruyuculuklarının daha yükseldiği ve 50+ olduğu tespit edilmiştir.

Czajkowski, Paluszkiewicz, Stolarski, Kazmierska, ve Grzesiak, (2006) monoklortriazin türevlerini kullanarak pamuklu kumaşın UV koruyuculuğunu arttırmaya çalışmışlardır. 11 farklı monoklortriazin türevi çektirme yöntemine göre düz ve saten pamuklu kumaşlara applike edilmiştir. Kumaşların UPF değerleri düz kumaşta 3'ten 23'e kadar, saten kumaşta ise 5'ten 58'e kadar çıktığı tespit edilmiştir.

Lu, Fei, Xin, Wang ve Li (2006), pamuklu kumaşa miniemülsiyon polimerizasyonu ile ZnO ve polistiren içeren nanohibrit kaplama uygulamışlardır. Pamuklu kumaşın UPF değerinin 4,9 olduğu, saf polistiren ile kaplandığında 42,2; ZnO ile kaplandığında 86,6'ye yükseldiği ancak nanohibrit kaplanmış kumaşın UPF değerinin 918,8 olduğu görülmüştür. 10 yıkama sonra ZnO kaplanmış kumaşın UPF değeri 15,3 düşerken nanohibrit kaplanmış kumaşın 50 yıkama sonrasında 194,3'e düştüğü ama hala 50+ UPF derecelendirmesini koruduğu bildirilmiştir.

Mondal ve Hu (2007), çok duvarlı karbon nanotüp (MWNT) içeren hidrofilik poliüretan (HPU) polimer solüsyonunu bıçaklı kaplama makinesi vasıtasıyla beyaz pamuklu kumaşa applike etmişlerdir. MWNT; %0,25; %1 ve %2,5 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda kullanılmıştır. Pamuklu kumaşın UPF değeri 5,6 iken karbon nanotüp içermeyen HPU ile kaplandığında UPF değerinin 46'ya yükseldiği saptanmıştır. MWNT'nin artan konsantrasyonları için UPF değerleri sırasıyla 61, 173 ve 421 olarak belirlenmiştir. Kumaşların su buharı geçirgenlikleri sıcaklığın artması ile artış göstermekle birlikte kaplanmamış kumaşa göre % 20 az olduğu görülmüştür.

Abidi, Hequet, Tarimala ve Dai (2007) tetraetil ortotitanat $[Ti(OCH_2CH_3)_4]$ ve tetraetil ortosilikat $[Si(OCH_2CH_3)_4]$ maddelerinden elde edilen TiO_2 ve SiO_2 'i sol-jel yöntemine göre pamuklu kumaşa applike etmişlerdir. TiO_2 hem tek başına hem de SiO_2 ile karıştırılarak uygulanmıştır. Pamuklu kumaşın UPF değerinin 7'den TiO_2 uygulamasıyla 73'e, $TiO_2 + SiO_2$ uygulamasıyla 31'e yükseldiği görülmüştür. Kumaşın üzerindeki TiO_2 parçacıklarının geniş refraktif indeksi sayesinde gelen UV ışınlarını dağıttığı dolayısıyla UPF değerlerinin arttığı ifade edilmiştir. TiO_2 uygulamasıyla pamuklu kumaşın mukavemetinde değişim olmazken $TiO_2 + SiO_2$ uygulamasıyla kumaşın mukavemetinin önemli ölçüde düştüğü görülmüştür. 40 yıkama sonrası TiO_2 applike edilmiş kumaşın UPF değerinde %270 düşüş gözlenirken, $TiO_2 + SiO_2$ applike edilmiş kumaşın UPF değerinin sadece %65 düştüğü görülmüştür.

Grangaric ve Tarbuk (2009) zeolit nano parçacıklarını poliester saten kumaşa emdirerek UV koruma performansını geliştirmeye çalışmışlardır. Poliesterin

tutumunu yumuşatmak ve inorganik bir madde olan zeoliti poliester lifinin yapısına bağlayabilmek için NaOH veya EDA (etilendiamin) kullanmışlardır. NaOH veya EDA ile işlem gören kumaşlara ve işlem görmemiş kumaşa daha sonra zeolit emdirilmiştir. İşlem görmemiş poliester kumaşın UPF değerinin 13 olduğu, bu kumaşa sadece zeolit uygulaması ile bu değerin 22'ye çıktığı tespit edilmiştir. EDA veya NaOH ile işlem görüp sonra zeolit emdirilmiş kumaşların UPF değeri sırasıyla 18 ve 21 olarak tespit edilmiştir. Zeolitin, öncesinde EDA ve NaOH ile işlem görmemiş kumaşa uygulanmasının UV koruyucu özelliği daha iyi geliştirdiği bildirilmiştir. Ayrıca optik beyazlatıcı madde ve UV absorbe edici maddeler de kullanılarak bu maddelerin UV koruyuculuğu nasıl değiştirdiği incelenmiştir. PES saten kumaşın UPF değerinin optik beyazlatıcı madde ilavesi ile 18'e, UV absorbe edici madde (Tinofast PES) ilavesi ile 29'a yükselmiş olduğu bildirilmiştir.

Stankovic, Popovic, Poparic ve Bizjak (2009) farklı bükümlere sahip (490, 590, 690 t/m) numarası 50 tex olan open end ipliklerinden oluşturulmuş süprem kumaşlarda bükümün UV özelliğine etkisini araştırmışlardır. Kumaşlara yapılan terbiye işlemlerinin UV koruyuculuğunu etkileyeceği için kumaşlar makinadan çıktığı ham halleri üzerinden incelenmiştir. 490, 590, 690 t/m bükümlü ipliklerden oluşmuş kumaşların UPF değerlerinin sırasıyla 96, 158 ve 57 olduğu belirlenmiştir. UPF değerlerinin bu kadar yüksek çıkması ham kumaştaki pamukta bulunan doğal pigment ve yabancı maddelerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Orta büküm değerine sahip iplikten yapılmış kumaşın hava geçirgenliğinin en az olduğu yüksek büküme sahip iplikten yapılmış kumaşın ise hava geçirgenliğinin en fazla olduğu ölçülmüştür. Orta büküme sahip ipliğin daha tüylü olması ve bu iplikten oluşturulmuş kumaşın gözenek boyutlarının daha küçük olması hava geçirgenliğinin az olmasının sebebi olarak gösterilmiştir. Kumaşların UPF değerleri arasındaki fark hava geçirgenlikleri arasındaki farka göre çok daha büyük olduğu, hava geçirgenliğinden daha ziyade ipliklerin tüylülüğünün UPF'yi etkilediği belirtilmiştir. Kumaşlara yaş relaksasyon uygulandıktan sonra UPF değerlerinin artan büküme göre sırayla 622, 1008 ve 450'a yükseldiği, bu yükselmenin açık gözenek sayısının azalmasından ileri geldiği belirtilmiştir. Genel olarak bükümün, ipliğin kompaktlığını ve yüzey yapısını değiştirdiği, gözenek büyüklüğünü ve dağılımını etkilediği belirtilmiştir.

Dubrovski ve Golob (2009), dokuma kumaş konstrüksiyonunun ve rengin UV geçirgenliğine etkisini araştırmışlardır. Beyaz, siyah, kırmızı, mavi ve bej (ham kumaş) olarak pamuklu kumaşlar beş gruba ayrılmış, her grup için de düz, dimi ve saten örgü yapılarında aynı iplik numarası kullanılarak dokunmuştur. Her bir örgü yapısı için 3 farklı gözeneklilikte kumaşlar oluşturulmuştur. Rengin UV geçirgenliğinde çok önemli bir faktör olduğu, araştırmada kullanılan tüm siyah, mavi ve kırmızı renkli kumaşların eğer dimi ve saten örgü yapısında ise 400'ün üzerinde UPF değerine sahip olduğu, tüm bezayağı kumaşların ise 45'in altında değer aldığı saptanmıştır. Beyaz kumaşların hiçbir koruyuculuk gösteremedikleri sadece tek bir saten beyaz kumaşın 15 değerini aşabildiği belirlenmiştir. Bej (ham durumdaki kumaş) kumaşların farklı bir tutum sergiledikleri, eğer uygun bir konstrüksiyon ve sıklık kullanılırsa UPF değerinin 51'e yükseldiği gözlemlenmiştir. Kumaşların UV koruyuculuğu büyükten küçüğe saten, dimi ve bezayağı olarak sıralanmıştır. Saten yapıda çözgü/atki yoğunluğunun dimi ve bezayağı yapıya göre daha yüksek olduğu bu yüzden gözeneklerin daha küçük olduğu dolayısıyla UV ışınlarının geçebilecek daha az boşluk buldukları bildirilmiştir. Kumaşın örtme faktörünün ve sıklıklarının artması UPF değerini arttırdığı bildirilmiştir.

Yoneda, Fujibayashi ve Takagi (2009), kendi geliştirdikleri ölçüm cihazını kullanarak bezayağı örgüde, pamuk, yün, ipek, rami, poliester, akrilik, nylon, vinilon, asetat, triasetat, yün/akrilik kumaşların UV koruma performanslarını incelemişlerdir. İpekten yapılmış kumaşların aynı kalınlığa sahip diğer kumaşlardan daha iyi koruyuculuk gösterdiği saptanmıştır. Genel olarak sentetik liflerden yapılmış kumaşların doğal liflerden yapılanlara göre daha koruyucu olduğu, kumaş kalınlığı ve ağırlığının çok önemli bir faktör olduğu, bunların artmasının koruyuculuğu da arttırdığı bildirilmiştir.

Sojka-Ledakowicz ve diğer. (2009), poliester dokusuz yüzey kumaşın UV koruyucu özelliğini geliştirmek üzere nano boyutta TiO_2 kullanmışlardır. Nano- TiO_2 ile aminosilan ile modifiye edilmiş TiO_2 kumaşa sol jel metodu ile uygulanmıştır.

TiO₂ ve aminosilan ile modifiye edilmiş TiO₂ uygulanan kumaşların UPF değerlerinin 50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Sarkar ve Appidi (2009), %100 bambu süprem kumaşın UV özelliklerini incelemişlerdir. Kumaşlara %2, 4 ve 6 boya konsantrasyonlarında boyama ve yine aynı oranlarda farklı iki ticari UV absorplayıcı madde (Rayosan ve UV-Sun Cel) applike edilmesinin UPF değerlerine etkisi araştırılmıştır. Herhangi bir işlem görmemiş bambu kumaşın 8,9 UPF değeri ile UV'ye karşı koruyuculuk göstermediği belirtilmiştir. Boya konsantrasyonu ile orantılı olarak UPF değerlerinin de arttığı, %6'lık boyama ile UPF değerinin 25,8'e yükseldiği görülmüştür. %6 Rayosan UV absorban maddesi ilavesi ile UPF değerinin 32,9'a yükseldiği buna karşın %4 UVSun-Cel maddesi ile 42,3 değerinin elde edildiği, UV-Sun Cel maddesinin daha az konsantrasyonda daha iyi koruyuculuk sağladığı belirtilmiştir. Aynı boya banyosunda % 4 boya ve % 4 UV-Sun Cel kullanıldığında UPF değerinin >50 olduğu belirtilmiştir.

Erdem, Erdoğan, Cireli ve Onar (2009), polipropilen lifleri elde edilirken 3 farklı konsantrasyonda (%0,3; %1 ve %3) nano TiO₂ eklenmesi ile elde edilen kompozit liflerin UV koruyucu özelliğini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada polipropilen lifinin UPF değerinin 5 olduğu, 3 farklı TiO₂ konsantrasyonundaki PP/TiO₂ kompozit liflerinin UPF değerlerinin 50+ olduğu saptanmıştır.

Ibrahim, Gouda, Hussein, El-Gamal ve Mahrous (2009), pamuklu örme kumaşların UV özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmada pike, interlok ve parasol kumaşları kullanılmış olup bu kumaşların ham, yıkanmış ve ağartılmış durumları üzerinde ölçümler yapılmıştır. Kumaşın ham halinin UV'ye karşı en fazla koruyucu olduğu, yıkanmış kumaşta bu koruyuculuğun azaldığı, ağartma işlemiyle ise iyice azaldığı ifade edilmiştir. UPF değerlerinin büyükten küçüğe interlok, pike, parasol şeklinde sıralandığı görülmüştür. Kumaşların örgü yapısının ve gördükleri ön terbiye işlemlerinin UPF değerlerini değiştirdiğini ortaya koymuşlardır. Yumuşatıcı maddelerin UPF değerleri üzerinde önemli bir etkide bulunmadığı ancak ağartıcı

maddelere metal oksitleri ilave edilmesiyle UPF değerlerinde önemli ölçüde artış olduğu belirtilmiştir.

Lee (2009), polipropilen dokusuz yüzey kumaşı elektrospinning yöntemi ile nano çinko oksit içeren poliüretan polimer ile kaplayarak kumaşın UV koruyuculuk özelliklerini geliştirmeye çalışmıştır. Kaplanmamış dokusuz yüzeyin UPF değerinin 2 olduğu, %2'lik ZnO ile yoğunluğu fazla olan bir kaplama ile 50'nin üzerinde UPF elde edildiği bildirilmiştir.

Ibrahim, El-Gamal, Gouda ve Mahrous (2010) kına, zerdeçal ve soğan gibi doğal maddelerden elde edilen boyalarla farklı metal tuzlarını mordan maddesi olarak kullanarak pamuklu kumaşları boyamışlar ve UV koruyuculuğunu incelemiştir. Mordan maddesi kullanılmadan boyanmış kumaşın UPF değeri 13, mordan maddesi olarak Zr, Cu, Zn ve Al tuzları kullanılması ile elde edilen UPF değeri sırasıyla 48, 47, 33 ve 21'dir. Zerdeçaldan elde edilen boyarmadde ile boyanmış kumaşın UPF değeri 14 iken kına 26 ve soğan 38 bulunmuştur. Mordan maddesi kullanılması bu sonuçları daha da iyileştirmiştir.

Majumdar, Kothari ve Mondal (2010) iplik numarası ve atkı sıklığının bezayağı ve dimi pamuklu kumaşlarda UV koruyuculuğuna etkisini incelemiştir. Dimi örgülü kumaşın bezayağı kumaşa göre UV koruyuculuğunun biraz daha iyi olduğu belirlenmiştir. Aynı atkı sıklığına sahip kumaşlarda iplik numarası arttıkça yani iplik incelidikçe UPF değeri düşmüştür. Aynı numarada iplik ile dokunmuş kumaşlarda atkı sıklığının artmasıyla UPF değeri yükselmiştir. Kumaştan istenen hava geçirgenliği ve termal direnç değerlerinin yazın ve kışın birbirinden farklı olduğunu kabul ederek atkı ipliği numarası ve atkı sıklığı parametlerini kullanarak kumaşın UV koruyuculuğunu optimize etmeye çalışmışlardır. Kışlık kumaşların 40 ve üzerinde UPF değeri eldesiyle mükemmel koruyucu oldukları saptanmıştır. Yazlık pamuklu kumaşlarda UPF değerinin 15-22 arasında değiştiğini bunun da korumada yeterli olmadığı söylenmiştir. Bu sebeple tek başına pamuk kullanmak yerine polyester/pamuk karışımı kumaşları kullanmanın daha iyi koruyacağından ötürü tercih edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Ibrahim, Fahmy, Rehim, Sharaf ve Abo-Shosha (2010) hyperbranched poli(ester-amin) kullanarak pamuklu kumaşın UV koruyuculuğunu geliştirmeye çalışmışlardır. Hyperbranched poli(ester-amin)'in farklı konsantrasyonlarında, farklı apre maddeleri ile Cu veya Zn tuzları kullanarak işlem görmüş kumaşlarda UPF değeri 45'e kadar çıkan sonuçlar elde etmişlerdir. Cu tuzu kullanılması ile Zn tuzuna göre daha yüksek UPF değerleri elde edilmiştir.

Fahmy ve Abdel-Halim (2010) pamuklu kumaşa PVP [poli(N-vinil-2- piroolidon)] ile buruşmazlık bitim işlemi uygulamış ardından UV koruyuculuğunu geliştirmek için çinkoasetat ve bakırasetat metal tuzlarını emdirmişlerdir. Metal tuzlar UV performansını geliştirmiştir. Cu tuzu ile emdirilen örneklerde UPF değeri 42'ye kadar ulaşmış, Zn tuzu emdirilmiş örneklerde UPF değeri en fazla 32'ye kadar çıkmıştır.

Chen ve Yin (2010) nadir toprak elementlerinden Eu(III) bileşiklerini kullanarak %100 pamuk dımı kumaşların UV koruyuculuğunu geliştirmişlerdir. 120 ve 260 g/m² birim alan kütlesine sahip kumaşlara 10, 20 ve 30 g/L konsantrasyonlarında Eu(III) bileşikleri aplike ederek, UV koruyuculuğunu 8 kattan daha fazla arttırmışlardır. Ağır olan kumaşta UV koruyuculuğun daha fazla iyileştirildiği, bunun ağır kumaş üzerinde kalan Eu (III) bileşiklerinin miktarının daha fazla olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Konsantrasyonun artmasının da UPF değerlerini arttırdığını belirtmişlerdir.

Dastjerdi, Montazer ve Shahsavan (2010) poliester kumaşa nanoboyutlu TiO₂ koloidal solüsyonu, nanoboyutlu Ag koloidal solüsyonu ve polisiloksan (nano parçacıklar için stabilizatör olarak) farklı konsantrasyonlarda aplike etmişlerdir. Kumaşların UV koruyuculuğunu şu şekilde belirlemişlerdir. Yün kumaşı ışığa karşı çok hassas bir boya ile boyayıp bu kumaşı PES kumaş örneği ile kaplayarak UV ışığına maruz bırakmışlardır. Yün kumaşta oluşan renk değişimini spektrofotometre ile ölçüp bu değeri, hiç işlem görmemiş poliester kumaşla kaplanmış yün kumaşın renk değişimi değerinden çıkarıp, hiç işlem görmemiş poliester kumaşla kaplanmış

yün kumaşın renk değişimi değeri ile oranlayarak UV koruyuculuğunu hesaplamışlardır. Ag'ün tek başına kullanıldığı kumaşta, işlem görmemiş kumaştan daha kötü koruyuculuk elde edilirken, en iyi sonuç %5 TiO₂-300ppmAg+%1 polisiloksan ile elde edilmiştir.

Gouda ve Keshk (2010) pamuklu kumaşa kaplama tekniği ile çitosan applike etmişlerdir. Çitosan ile birlikte titanyumdioksit ve zirkonyumoksit de kullanılmıştır. Sadece çitosan kaplanan kumaşın UPF değeri 17, çitosanla beraber titanyumdioksit ile kaplanan kumaşınki 50+ bulunmuştur. Çitosanla beraber zirkonyumoksit kaplanan kumaşın UPF değeri de zirkonyumoksit konsantrasyonuna bağlı olarak 45 ile 50 değerlerini almıştır. Çitosanla birlikte her iki metal oksitin kullanılması ile de 50+ sonuç elde edilmiştir.

Mihailovic ve diğer. (2010) poliester kumaşa alginat ve nano TiO₂ applike ederek UV koruyuculuğunu araştırmışlardır. İşlem görmemiş PES kumaşın UPF değeri 43 iken alginat applike edilmesi ile bu değer 42 olmuş, TiO₂ applike edilmesi ile de 91'e çıkmıştır. TiO₂ applike edilmiş kumaşın 5 yıkama sonrası UPF değeri 66'ya inmiştir. Alginat ve TiO₂'in birlikte applike edilmesi ile UPF değeri 119'a yükselmiş, 5 yıkama sonrası 111'e düşmüştür.

Paul ve diğer. (2010), pamuklu kumaşta yüksek UV koruyuculuk elde etmek için çeşitli yöntemlerle kumaşa ZnO ve TiO₂ nanoparçacıklarını applike etmişlerdir. ZnO nanoparçacıkları hem boyanmış hem de boyanmamış pamuk ipliklerine çektirme yöntemine göre applike edilmiştir. Sonra bu ipliklerle çok yavaş bir hızda örme makinesinde kumaş örülmüştür. Boyanmış ipliklerden oluşturulan kumaşa ZnO'nun daha az bağlandığı tespit edilmiştir. Boyanmamış ipliklere ZnO applike edilmesiyle oluşturulan kumaşın UPF değeri 30,03; boyanmış ipliklere ZnO applike edilerek oluşturulan kumaşın UPF değeri de % 47,91 olarak tespit edilmiştir. İpliklere ZnO applike edilmediği durumda oluşacak olan kumaşın UPF değerinin ne olacağı konusunda herhangi bir bilgi verilmemiştir. TiO₂ nanoparçacıkları pamuklu dokuma kumaşa iki farklı yöntemle applike edilmiştir. Bu yöntemler sol jel ve bağlama ajanı tekniğidir. Her iki yöntemde de TiO₂ hem boyanmış hem de boyanmamış kumaşlara

aplike edilmiştir. Bağlama ajanı tekniğinde TiO_2 'in iki farklı çeşidi (rutil ve anataz çeşitleri) kullanılmıştır. Bağlayıcı ajan olarak süksinik asit kullanımı ile TiO_2 nanoparçacıklarının kumaşa bağlanması gerçekleştirilmiştir. Sol jel yönteminde TiO_2 nanoparçacıklarının boyanmış kumaşa daha az bağlandığı görülürken, bağlama ajanı tekniğinde boyanmış ve boyanmamış kumaşlara bağlanan TiO_2 'nin aynı olduğu belirlenmiştir. TiO_2 applike edilmemiş pamuklu dokuma kumaşın UPF değeri boyanmamış halde iken 8,85; boyanmış halde iken 15,22'dir. TiO_2 'in sol jel tekniği ile applike edildiği kumaşların boyanmamış olanlarında yıkama öncesi ve sonrası hepsinin UPF değeri 50+ olarak elde edilirken, boyanmış olanlarında 50+ gibi bir sonuç elde edilememiştir. Burada en yüksek UPF değeri yıkama öncesi 39,64, yıkama sonrası 48 olarak TiO_2 'in en yüksek konsantrasyonunda elde edilmiştir. Yıkama sonrasında UPF değerindeki bu artışın; yıkama esnasında TiO_2 parçacıklarının yeniden kristallenmesinden kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca yıkama esnasında kumaşta oluşan az miktardaki çekmenin de UV koruyuculuk özelliğinin iyileşmesine katkıda bulunmuş olabileceği söylenmiştir. Bağlama ajanı tekniğinde anataz TiO_2 'nin applike edildiği boyanmış kumaşların yıkama sonrası UPF değeri 32,97 çıkarken diğer yıkama öncesi ve sonrası hepsinin UPF'sinin 50+ olduğu saptanmıştır. Ayrıca UV koruma için rutil TiO_2 'nin anataz TiO_2 'den fazdan daha iyi olduğu ifade edilmiştir.

Kurşun ve Özcan (2010) hepsi çözümlü örme PA/Elastan ve PES/Elastan mayo kumaşlarının UV koruyuculuklarını incelemişlerdir. Kullanılan kumaşların bir kısmı optik beyazlatılmış kumaşlardır. Kumaşlar farklı konsantrasyonlarda (%0,5, %1 ve %2 oranında) boyanmıştır. Kumaşların bazılarında da UV absorbe edici madde applike edilmiştir. Kumaşların tümünün UPF derecelerinin 50+ olduğu tespit edilmiştir. Kumaşın yapısının çözümlü örme olması ve içinde %20 elastan lifini içermesi kumaş yapısını daha kompakt ve kendini toplamış duruma getirmiştir. Kumaşların 50+ derecesine sahip olmasının bundan kaynaklandığı söylenmiştir. Kumaşlar arasındaki farklılığı gösterebilmek için ortalama UVA ve UVB geçirgenlik değerleri incelenmiştir. Boya konsantrasyonu arttıkça UVA ve UVB ışınlarını geçirgenlikleri azalmıştır. Optik beyazlatılmış kumaşların UVA geçirgenlikleri optik beyazlatılmayanlara göre önemli ölçüde daha düşük, UVB geçirgenlikleri ise optik

beyazlatılmayan kumaşlara göre biraz daha yüksek çıkmıştır. Optik beyazlatıcı maddelerin görünmeyen kısa dalgaboylu UV ışığını görünür mavi ışığa çevirerek geri yansıtılmalarından dolayı daha az UV ışığı geçirdikleri belirtilmiştir. Boyanmamış kumaşa UV absorbe eden madde applike edilmesi kumaşın UV geçirgenliğini azaltmıştır. UV absorbe eden madde applike edilmiş olan boyanmış kumaşlarda, boya konsantrasyonunun değişmesinin UV geçirgenliğine etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Lif cinsinin etkisine bakıldığında eğer kumaş boyanmamış ise kumaşların benzer geçirgenliğe sahip olduğu ancak boyanmış ve UV absorbe edici madde applike edilmiş ise PA/elastan içeren kumaşın daha az geçirgenliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple mayo kumaşı olarak daha uygun olduğu söylenmiştir. Yapılan ölçümlerin kuru ve gerilimsiz olarak yapıldığı için UV geçirgenlik değerleri gerçekte yani kullanım esnasında ne kadar koruduğunu yansıtmayacaktır. Çünkü mayo kumaşı giyildiği zaman gergin ve ıslak durumda olacaktır. Gergin olduğunda kumaştaki gözeneklerin genişleyeceğinden dolayı UV geçirgenliğinin artacağından bahsedilmiştir. Ayrıca kumaş ıslandığı zaman gözeneklere dolan su moleküllerinin gelen ışığı kumaşın içine daha çok geçireceğinden yine UV geçirgenliğinin artacağı ifade edilmiştir. Bu yüzden mayo kumaşları için ıslak ve gergin şartlar altında ölçümler yapılmasının daha sağlıklı olacağı belirtilmiştir.

Jiang, Qin, Guo ve Zhang (2010) manyetron püskürtme yöntemiyle yüzeyleri gümüş nanoparçacıkları ile kaplanan poliester kumaşların UV koruyucu özelliklerini incelemişlerdir. Poliester kumaşın UPF değeri, başlangıçta 89 iken 10 dakika süre ile gümüş püskürtüldükten sonra 108'e, 30 dakikalık püskürtme sonucunda da 302'ye yükseldiği belirlenmiştir. Gümüşün gelen ışınların yansımalarını arttığı ve bu böylece giysi tarafından absorbe edilen UV ışınlarının azaldığı ifade edilmiştir.

Ibrahim, El-Zairy, El-Zairy ve Khalil (2010), %100 poliester, %70/30 poliester/yün, poliester/pamuk ve poliester/viskon kumaşlara ayrı ayrı olarak monoklortriazin- β -siklodektrin (MCT- β -CD), çitosan ve etilendiamin (EDA) ile muamele ettikten sonra süblimleşen dispers boyalar ile transfer baskı tekniğine göre renklendirmişlerdir. Yapılan ölçümler sonucu 3 maddenin de UPF'yi iyileştirdiği,

EDA'nın poliester yüzeyinde yeni fonksiyonel gruplar (-NH₂ ve -COOH) oluşturmasıyla UPF değerlerini ve UV koruyuculuk fonksiyonunu arttırdığı, koyu renk ile boyanmış kumaşların biraz daha fazla koruyucu oldukları bildirilmiştir. Kumaşların UV koruyuculukları az olandan fazla olana PES/yün < PES/pamuk < PES/viskon < PES şeklinde sıranlanmıştır. Kırmızı ve sarı renkli kumaşlarda (MCT-β-CD) ile işlem görmüş olanlar, mavi ile boyanmış kumaşlarda da EDA ile işlem görmüş kumaşların UPF değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Uğur, Sarıışık ve Aktaş (2011) mercerize edilmiş bezayağı pamuklu kumaş (138 g/m²) üzerine nano Al₂O₃ uygulamışlardır. Bunun için önce kumaş katyonize edilmiş ardından anyonik ve katyonik Al₂O₃ kolloid solüsyonları ile tekrar tekrar muamele edilip çok katmanlı (10 ve 16 katman) Al₂O₃ nanopartiküllü film kaplanmış pamuk kumaş elde edilmiştir. Bu kumaşların UV geçirgenlikleri incelenmiştir. İşlem görmemiş kumaşın UPF değeri 4,16 iken 10 katman Al₂O₃ film kaplanması ile 10,4'e, 16 katman Al₂O₃ film kaplanması ile de 11'e yükselmiştir. Araştırmacılar Al₂O₃ film kaplanmasının UV radyasyonuna karşı etkili bir blokaj sağladığını ifade etmişlerdir.

Urbas, Kostanjsek ve Dimitrovski (2011), farklı örgü yapılarına sahip pamuklu dokuma kumaşların UV koruyuculuk özellikleri incelemişlerdir. Ararıştırmada kullanılan kumaşlardan biri tek katlı 8'li saten, iki tanesi çift atkılı ve üç tanesi de çift katlıdır. Atkı iplikleri mavi veya kırmızı, çözgü iplikleri de beyaz:siyah'tır. Ölçümler EN 13758-1 standardına göre yapılmıştır. Kumaşların UPF değerlerinin 61 ile 286 arasında olduğu belirlenmiştir. Tek katlı 8'li saten kumaşın UPF'sinin en yüksek olduğu, ön yüzünün UPF değerinin arka yüzünden 47 birim daha yüksek olduğu bununda iki yüzün renginin birbirinden farklı olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Ancak tek katlı 8'li saten kumaşın UPF değerinin çok iyi olmasına karşın hava geçirgenliğinin çok düşük olduğu, diğer 5 kumaşın iyi UPF değerleri ile birlikte hava geçirgenliklerinin de yüksek olması sebebiyle daha avantajlı oldukları vurgulanmıştır. Kırmızı rengin (sıcak renk) mavi renge (soğuk renk) göre UV koruyuculuğunun daha iyi olduğu, sıcak renklerin (sarı, kırmızı, turuncu gibi) UV radyasyonuna karşı daha koruyucu olduklarını vurgulamışlardır.

El-Shafei, Okeil (2011) ZnO karboksi metil çitosan bionano-kompozitin pamuklu kumaşın UV koruyuculuk özelliğine etkisini araştırmışlardır. ZnO karboksi metil çitosan bionano-kompozit süspansiyonu ile pamuklu kumaşlar emdirilmiş, kurutulmuş ve farklı sıcaklıklarda (120-140 ve 160 °C) kürlenmiştir. İşlem görmemiş pamuk kumaşın UPF değeri 5 iken %2 ZnO karboksi metil çitosan bionano-kompozit ile 120, 140 ve 160 °C'de kürlenmiş kumaşların sırasıyla 5,7; 6,4 ve 7,6'ya yükseldiği görülmüştür. Bu artışın önemli derecede olduğu, kumaşların küreme sıcaklığının artmasıyla UV koruyuculuklarının arttığı ifade edilmiştir.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL METOT

2.1 Materyal

2.1.1 Kumaş

Araştırmada Tablo 2.1’de özellikleri belirtilen haşılı sökülüş, kasar yapılmış %100 pamuk 2/1 S gabardin kumaş kullanılmıştır. Bu kumaş Denizli Basma ve Boya Sanayi A.Ş. (DEBA) firmasından temin edilmiştir.

Tablo 2.1 Kumaşın yapısal parametreleri

	Çözüğü	Atkı
Hammadde	% 100 pamuk	% 100 pamuk
İplik Numarası	Ne 30/1 penye	Ne 20/1 karde
Sıklık	51 adet/cm	28 adet/cm
Örgü Yapısı	2/1 S Gabardin	
Birim Alan Kütlesi	194 g/m ²	

2.1.2 Perlit

Araştırmada kullanılan perlitin kimyasal bileşimi ile pH ve yoğunluk değerleri Tablo 2.2’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, büyük oranda amorf yapılı, kristalli kısmı ise kuvars, feldisfat ve çok az miktarda kalsitten oluşmaktadır.

Tablo 2.2 Perlitin kimyasal bileşimi ve bazı fiziksel özellikleri

SiO₂	% 74,24
Al₂O₃	% 13,57
K₂O	% 5,14
Na₂O	% 3,04
CaO	% 0,96
Fe₂O₃	% 0,89
MgO	% 0,20
SO₃	% 0,00
Kızdırma Kaybı	% 1,50
pH	5,42
Yoğunluk	2,07 g/cm ³

Perlitin tane boyutu Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayi A.Ş. tarafından Malvern Mastersizer cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Tablo 2.3'te perlitin tane boyutu dağılım analizi sonuçları verilmiştir. Buna göre; perlitin %10'unun 12,47 µm'den küçük tane boyutuna, %50'sinin 38,59 µm'den küçük tane boyutuna ve %90'ının 90,30 µm'nin altında tane boyutuna sahip olduğu saptanmıştır.

Tablo 2.3 Perlitin tane boyutu dağılımı

Elek açıklığı (μm)	%	Kümülatif %
180,00 – 148,72	1,02	1,02
148,72 – 122,87	2,22	3,24
122,87 – 101,52	3,66	6,90
101,52 – 83,87	5,42	12,32
83,87 – 69,30	7,32	19,64
69,30 – 57,25	9,06	28,69
57,25 – 47,30	10,14	38,83
47,30 – 39,08	10,49	49,32
39,08 – 32,29	10,12	59,44
32,29 – 26,68	9,13	68,57
26,68 – 22,04	7,57	76,14
22,04 – 18,21	5,94	82,08
18,21 – 15,05	4,53	86,62
15,05 – 12,43	3,43	90,04
12,43 – 10,27	2,61	92,65
10,27 – 8,48	1,97	94,62
8,48 – 7,01	1,49	96,11
7,01 – 5,79	1,11	97,22
5,79 – 4,79	0,81	98,03
4,79 – 3,95	0,57	98,60
3,95 – 3,27	0,37	98,97
3,27 – 2,70	0,23	99,20
2,70 – 2,23	0,16	99,37
2,23 – 1,84	0,16	99,53
1,84 – 1,52	0,19	99,71
1,52 – 1,26	0,17	99,89
1,26 – 1,04	0,10	99,99
1,04 – 0,86	0,01	100,00

2.1.3 Kimyasal Maddeler

Kumaşların kaplanması için Tablo 2.4’te verilen kimyasal maddeler kullanılmıştır.

Tablo 2.4 Kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Madde	Marka
Amonyak	Gürtaş
Akrilik Binder	BASF Helizarin ET-95
Köpük Kesici	Mensan Tego PS-10
Kıvamlaştırıcı	CİBA Alcoprint PT-RV
Hazır Zemin Patı	Öz Anadolu Kimya San. Tic. A.Ş. WP 2535 Andoteks Special Su Patı

2.2 Metot

Yukarıda özellikleri verilen pamuklu kumaş perlit ile hem işletmede bıçaklı kaplama makinasında hem de laboratuvarında kaplama düzeneğinde kaplanmıştır.

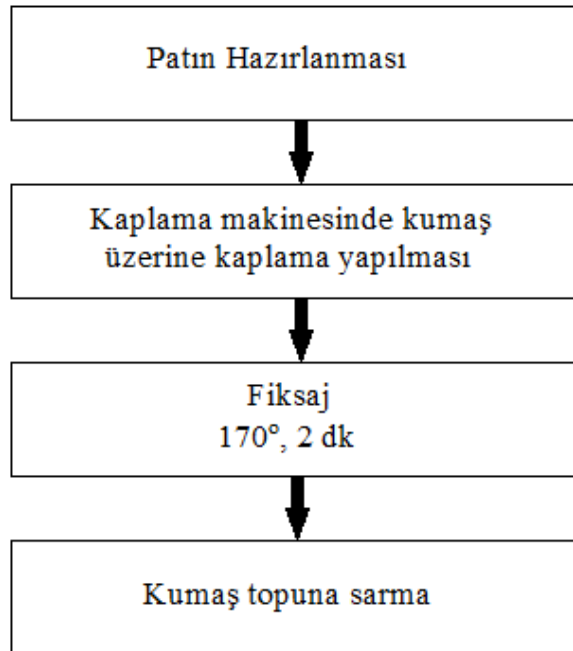
2.2.1 Kumaşın İşletmede Perlit ile Kaplanması

Kumaşlar sanayi tipi kaplama makinasında kumaşın hem ön yüzünden ve hem de her iki yüzünden 1 kat kaplanmıştır. Genleştirilmiş perlit ile ham perlit kumaşa aktarmak için kullanılan reçeteler Tablo 2.5’te verilmiştir. Başlangıçta her iki perlit tipi için aynı reçete kullanılması amaçlanmıştır ancak patların hazırlanması sırasında genleştirilmiş perlitin suyu hızla emmesi sebebi ile farklı bir reçete oluşturmak gerekmiştir. Bu sebeple farklı miktarlarda perlit içeren iki farklı reçete Tablo 2.5’te görülmektedir.

Tablo 2.5 Kaplama için hazırlanan patların reçeteleri

	Ham perlit kullanılan reçete	Genleştirilmiş perlit kullanılan reçete
Yumuşak Su (g/L)	287,4	372
Köpük Kesici (g/L)	3	2
Amonyak (g/L)	5	3,3
Akrilik Binder (g/L)	200	200
Perlit (g/L)	500	417
Kıvamlaştırıcı (g/L)	4	2,5
Viskozite (cP)	85	105

Kumaşlar Denizli Basma ve Boya Sanayi A.Ş. firmasında Stork CT4 marka bıçaklı kaplama makinesinde kaplanmıştır. Kaplama makinesindeki bıçağın kumaşa yaptığı açı 95°'dir. Perlit, 170°C'de 2 dakika süre ile kumaşa fikse edilmiştir. Kaplama işleminin akış şeması Şekil 2.1'de verilmiştir. Kumaşların bir kısmı tek yüzünden bir kısmı da iki yüzünden ham ve genleştirilmiş perlit ile kaplanmışlardır.



Şekil 2.1 Kumaşa sanayide perlit kaplama işlem akışı

2.2.2 Kumaşın Kaplama Düzeneginde Ham Perlit ile Kaplanması

Kumaşlara sanayide tek yüzünden ya da iki yüzünden olsun 1 kat kaplama işlemi yapılmıştır. Kaplama kat sayısının LOI ölçüm değerlerine etkisini araştırmak üzere kumaşlar D.E.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan kaplama düzeneği kullanılarak kaplanmıştır. Kaplama düzeneği Şekil 2.2'de görülmektedir. Kumaşlar hem tek yüzü 4 kata kadar hem de iki yüzü (önü 4 kata kadar ve arkası 4 kata kadar olmak üzere) toplam 8 kata kadar ham perlit ile kaplanmıştır. Kaplanacak olan pat, 1000 g hazır zemin patı içerisine 400 g ham perlit ile 300 g binder ilave edildikten sonra homojen hale gelinceye kadar karıştırılarak elde edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda en uygun perlit miktarı 400 g olarak belirlenmiştir. Ayrıca UV geçirgenliği deneylerinde kullanılmak üzere, kontrol amaçlı olarak, içinde perlit içermeyen pat hazırlanarak bu pat ile kumaş kaplanmıştır.



Şekil 2.2 Kaplama düzeneği

2.2.3 Araştırmada Kullanılan Test ve Analiz Yöntemleri

2.2.3.1 Kumaşların Mikroskop Görüntülerinin Alınması

Kumaşların ve kumaşlardan çıkarılmış ipliklerin mikroskop görüntüleri alınmıştır. İpliklerin görüntülenmesinde optik mikroskop (Olympus) kullanılarak 4 büyütme yapılmıştır. Kumaşların görüntülenmesi ise 4,5 büyütme oranı ile stereo mikroskop kullanılarak yapılmıştır.

2.2.3.2 SEM Analizi

İşlem görmemiş ve perlit ile kaplanmış kumaşların, JEOL JSM-6060 taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yüzey görüntüleri elde edilmiştir.

2.2.3.3 FTIR Analizi

Perlitin pamuklu kumaşın spektrumunda oluşturduğu değişimin belirlenmesi için FTIR analizleri yapılmıştır. Kumaşların absorpsiyon spektrası $650 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ dalga uzunluğu aralığında ATR aparatı ile birlikte FTIR spektrofotometresi (Perkin Elmer Spectrum 2000 Explorer) kullanılarak oda sıcaklığında tespit edilmiştir.

2.2.3.4 Yüzey Profili Ölçümü

İşlem görmemiş kumaş ile genişletilmiş perlit ve ham perlit ile çift tarafı kaplanmış olan kumaşların yüzey pürüzlülüğü Ambios XP-2 Stylus yüzey profilometresi ile ölçülmüştür. Ölçümlerde 0,05 mg yük uygulanmış ve $5 \times 5 \text{ mm}^2$ 'lik alanda ölçüm yapılmıştır.

2.2.3.5 Kaplama Kalınlığı

Kaplama kalınlığını ölçebilmek için önce kumaşlardan mikrotom cihazı (Leica RM 212 5RT) vasıtasıyla 20 mikron kalınlığında kesitler alınmıştır. Kesitlerin

Olympus BX50 mikroskobunda 10 kez büyütülmesiyle elde edilen görüntülerin üzerinden kaplamanın kalınlığı ölçülmüştür.

2.2.3.6 Kumaşın Birim Alan Kütlesinin Tespiti

Kumaşların birim alan kütlesi tayini TS 251 standardına uygun olarak yapılmıştır. Birim alan kütlesi değerlerinin birimi g/m^2 olarak elde edilmiştir.

2.2.3.7 Kumaş Kalınlığı Ölçümü

Deneylerde kullanılan kumaşların kalınlık ölçümü, TS 7128 EN ISO 5084'e göre R&B Cloth Thickness Tester (Model 320, James H.Heal & Co. Ltd., U.K.) kumaş kalınlık ölçme cihazında yapılmıştır. Ölçüm sırasında kumaşa $5 g/cm^2$ baskı kuvveti uygulanmıştır. Kumaş kalınlığı değerleri mm olarak elde edilmiştir.

2.2.3.8 Hava Geçirgenliği Ölçümü

Kumaşların hava geçirgenliği ölçümü, Textest Instruments FX 3300 Air Permeability Tester III hava geçirgenliği ölçüm cihazında yapılmıştır. TS 391 EN ISO 9237 standardına uygun olarak her kumaş için 20 ölçüm yapılmıştır. Ölçülen kumaş tipine göre belirlenen hava basıncı 200 Pa olup test alanı $20 cm^2$ 'dir. Elde edilen hava geçirgenliği değerlerinin birimi $l/m^2/s$ veya mm/s 'dir.

2.2.3.9 Kopma Mukavemeti Testi

Kumaşların mukavemet özelliklerinin ölçümü TS EN ISO 13934-1 kesilmiş şerit metoduna göre, Instron 4411 mukavemet ölçüm cihazında yapılmıştır. Atkı ve çözümlü yönleri için ayrı ayrı 5 örnek ölçülmüştür. Ölçüm uzunluğu 20 cm, ölçüm hızı 100 mm/dak.'dır.

2.2.3.10 Yıkama

- Tüm kumaşlar TS 5720 EN ISO 6330 standardına göre 8A yıkama koşuluna göre 30°C’de hassas yıkama programına göre optik beyazlatıcı ve fosfat içermeyen ECE referans deterjanı ile 1 kez yıkanmış ve asarak kurutma yapılmıştır. Bu şekilde yıkanmış kumaşların mukavemeti ölçülmüştür.

- TS EN ISO 105-C06 standardı A1S koşuluna göre Atlas Linitest plus makinesinde optik beyazlatıcı içermeyen ECE fosfat referans deterjanı ile bilyesiz olarak 40 °C’de 30 dakika yıkama yapılmıştır. Bu standarda göre yıkama işlemi 20 kez tekrarlanmış, her 5 yıkamadan sonra kumaşların UV geçirgenliği ölçülmüştür.

2.2.3.11 Dökümlülük Tayini

Kumaşın dökümlülüğü, asılmış halde kendi kütlesi ile uğradığı şekil değişikliğinin derecesidir. Dökümlülük katsayısı, dökümlülüğü tayin edilecek dairesel kesimli yatay konumdaki kumaş örneğinin dikey izdüşüm alanının örneğin toplam alanına oranıdır. Dökümlülük katsayısının tayini TS 9693 ‘e göre Cusick dökümlülük test cihazında yapılmıştır. Örnekler 36 cm çapında hazırlanmış olup her kumaş için 3 örnekle çalışılmıştır. Her örneğin ön yüzünden ve arka yüzünden ölçüm alınmıştır. Deneyin prensibi şöyledir:

Daire şeklinde kesilmiş kumaş örneği daha küçük çaplı yatay disklerin arasına konular ve kumaşı alttan destekleyen diskin etrafına kumaş kıvrımlarının serbestçe dökülmesine müsaade edilir. Bu durumdaki örneğin gölgesi kumaş örneği ile aynı büyüklükte olan dairesel şekilde kesilmiş ve kütlesi tayin edilmiş bir kağıt ekran üzerine düşürülür. Gölgenin dış hatları kağıt üzerine çizilerek belirlenir ve kağıt çizgi boyunca kesilerek gölgede kalan iç kısmın kütlesi tayin edilir. Dökümlülük katsayısı iki kütlelerin ortalaması ile tayin edilir. Dökümlülük katsayısı (D_k) %;

$$D_k = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

formülü ile hesaplanır. Burada;

M_1 = Kağıt ekranın toplam kütlesi, (g)

M_2 = Kağıt ekranının gölgelenen kısmının kütlesi, (g)' dir.

Formül (1)'e göre, D_k değerinin artması kumaşın dökümlülüğünün azaldığını ifade etmektedir.

2.2.3.12 Su Geçirmezlik: Hidrostatik Basınç Testi

Kumaşların su geçirmezlik testi, AATCC 127 test metoduna göre Textest Instrument FX 3000 Hydrotester III su geçirmezlik ölçüm cihazında yapılmıştır. Her kumaş için 5 örnek kullanılmıştır. 60 mbar/min hidrostatik basınç uygulanmıştır. Ölçüm sonuçları mbar cinsinden verilmiştir.

2.2.3.13 Su İticilik: Sprey Testi

Su iticilik testi AATCC 22 sprej test standardına göre yapılmıştır. Her kumaş için 5 örnek üzerinde test yapılmıştır. Bu test yönteminde kumaşa meydana gelen ıslanmanın görüntüsü, Standart Sprej Test Derecelendirme Görüntüleri ile kıyaslanarak su iticilik belirlenmektedir.

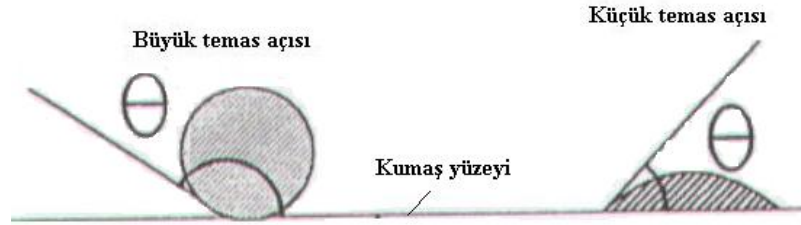
2.2.3.14 Su Buharı Geçirgenliği Testi

Su buharı geçirgenliği ölçümleri BS 3424 standardına göre SDL M261 su buharı geçirgenliği test cihazında yapılmıştır. Ölçümler sonucu su buharı geçirgenliği indeksi (L%) ve $g/m^2/24$ saat birimi ile su buharı geçirgenliği değerleri elde edilmiştir.

2.2.3.15 Yüzey Gerilimi/ Temas Açısı Ölçümü

Temas açısı ölçümleri bir su damlasının kumaş yüzeyine düştüğü anda KSV CAM 100 kullanılarak yapılmıştır. Her kumaş için 5 örneğin temas açısı ölçülerek

ortalaması belirlenmiştir. Büyük temas açısı sıvının yüzeyden akıp uzaklaşacağını gösterirken küçük temas açısında sıvının kumaşı ıslatacağı bilinmektedir (Şekil 2.3)..



Şekil 2.3 Temas açıları (Saville, 1999)

2.2.3.16 Antibakteriyal Özellik Testleri

Antibakteriyal özelliğin tespiti için bir mantar türü olan *Aspergillus niger* ve *Staphylococcus aureus* gram + bakterisi ile agar difüzyon testleri yapılmıştır.

2.2.3.16.1 *Aspergillus Niger* ile agar difüzyon testi. AATCC 30 test metoduna göre yapılmıştır. Bunun için % 2'lik malt ekstrakt (Fluka) agar hazırlanarak 121 °C'de 15 dakika sterilizasyona tabi tutulmuştur (Agar petrilere paylaştırıldıktan sonra bir süre donması için beklenmiştir). Yatık agarda 26 °C'de 6 gün kültüve edilen *aspergillus niger* kültüründen sporlar 5 ml %0,9'luk NaCl çözeltisi ile alınarak petri yüzeyine yayılmıştır. 1x1 cm boyutlarında kesilmiş kumaşlar agar yüzeyine yerleştirilerek 26 °C'de 6 gün inkübasyona bırakılmıştır. Her kumaş örneğinden çiftli çalışılmıştır. Süre sonunda dijital fotoğraf makinesi ile makro çekim ve flaş kullanmadan görüntüleri alınmıştır.

2.2.3.16.2 *Staphylococcus aureus* ile agar difüzyon testi. AATCC 147 test metoduna göre yapılmıştır. 28 g/L nutrient agar (Oxoid) hazırlanmıştır. 121 °C'de 15 dakika sterilizasyona tabi tutulmuştur (Agar petrilere paylaştırıldıktan sonra bir süre donması için beklenmiştir). Yatık agarda 28 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra bir miktar (1 loop) hücre alınarak nütrient brotha (Oxoid) aşılama yapılmıştır. 28 °C'de 165 rpm'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından dökme plaka yöntemi ile hücre yayılmıştır. 1x1 cm boyutlarında kesilmiş kumaşlar agar yüzeyine

yerleştirilerek 28°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Her kumaş örneğinden çiftli çalışılmıştır. Sonrasında dijital fotoğraf makinesi ile makro çekim ve flaş kullanmadan görüntüleri alınmıştır.

2.2.3.17 Kumaşların Cr Tutuculuğunun Belirlenmesi

Kumaşların metal iyonlarını tutma özelliğinin olup olmadığının araştırılması amacıyla Cr⁶⁺ iyonlarını tutma deneyleri yapılmıştır. Aşağıda bu deneylerde kullanılan çözeltiler ile ilgili olarak açıklamalar verilmiştir.

Cr⁶⁺ Tayini:

1. Stok Cr⁶⁺ Çözeltisi: Saf sudaki 141,4 mg K₂CrO₇/L 'lik çözeltisi, 50 µg/ml Cr derişimindedir.
2. Standart stok Cr⁶⁺ çözeltisi: 10 ml stok Cr⁶⁺ çözeltisinin hacmi saf su ile 100 ml'ye tamamlanır, bu çözelti 5 µg/ml Cr derişimindedir.
3. Standart Cr⁶⁺ çözeltisi: Standart stok Cr⁶⁺ çözeltisinden 2, 5, 10, 15, 20 ml olarak hacmi yaklaşık 50 ml'ye tamamlanır. 0,2 N H₂SO₄ ile pH 0,7-1,3 aralığına ayarlanır ve hacmi saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. Bu sırası ile 0,1; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 µg/ml Cr derişime karşılık gelir.
4. 0,2 N H₂SO₄ çözeltisi: 50-60 ml saf su üzerine 12 ml derişik H₂SO₄ yavaş yavaş ilave edilir ve saf su ile hacmi 100 ml'ye tamamlanır.
5. Difenil karbazit çözeltisi: 250 mg maddenin 50 ml asetondaki çözeltisidir.

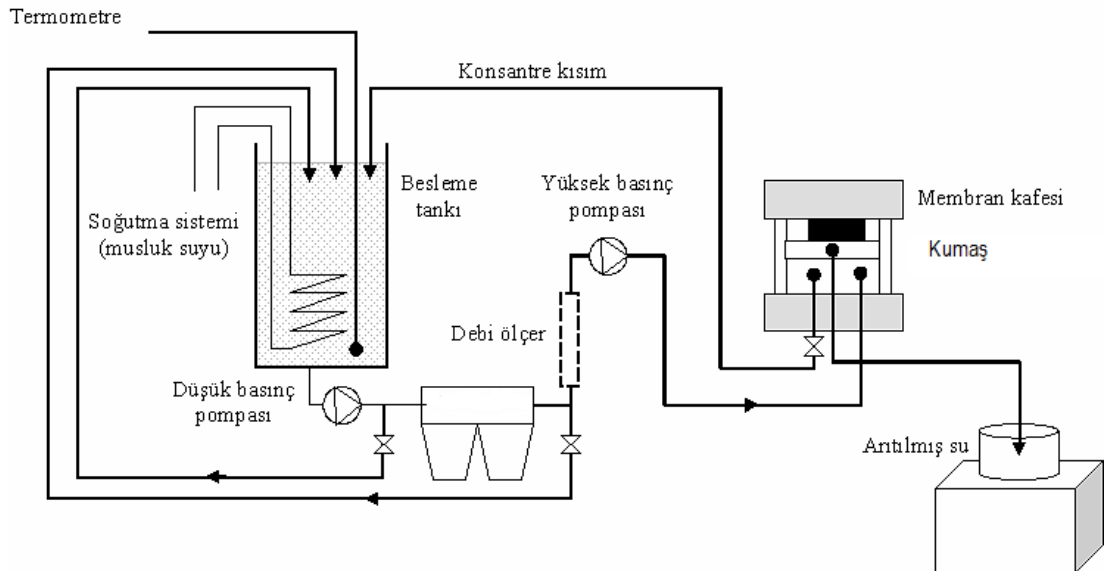
Deneyin yapılışı şöyledir:

Deney tüplerine 3x1 cm boyutlarında kesilmiş kumaş örnekleri yerleştirilip, üzerine 10 ml hazırlanan çözeltilerden eklenmiştir. Kumaş örnekleri, hazırlanan çözelti ile birlikte 2 saat orbital karıştırıcıda karıştırılmıştır. Sonra çözelti başka tüplere alınıp, geriye kalan kumaş örnekleri üzerine 3 ml su eklenmiştir. Karıştırıcıda, 5 dakika karıştırılarak yıkama işlemi yapılmıştır. Ardından 10 ml standart Cr⁶⁺ çözeltilerine ve kör (şahit, içinde kumaş örneği bulunmayan, distile su ile

hazırlanmış) çözeltiliye 0,2 ml difenil karbazit çözeltilisi eklenerek karıştırılmış ve renk oluşumunun tamamlanması için 10-15 dakika süre ile beklenmiştir. 540 nm dalga boyunda kör çözeltiliye karşı absorpsiyonlar ölçülmüştür. Ölçümler Perkin Elmer Lambda 35 UV/VIS Spektrometresinde yapılmıştır. Aynı kör çözeltili absorpsiyonu ile yıkama sularının absorpsiyon ölçümüne devam edilmiştir.

2.2.3.18 Tekstil Atık Suyunda Renk Giderimi

Reaktive yellow 15 boyarmaddesi ile laboratuvar ortamında hazırlanan tekstil atık suyu için öncelikle Perkin Elmer Lambda 35 UV/VIS Spektrometresinde λ_{max} değerinin 491 nm olduğu belirlenmiştir. 0,025 g/L ile 1 g/L aralığında değişik konsantrasyonlarda boyalı su çözeltilisi hazırlanarak $\lambda_{max}=491$ değerinde herbirinin absorpsiyonları ölçülerek standart absorpsiyon eğrisi oluşturulmuştur. 49mm çapında hazırlanan kumaş örnekleri ile vakum pompası kullanılarak filtre işlemi yapılmış ve süzülen çözeltilinin absorpsiyonu ölçülmüştür. Bunun yanında D.E.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümünde bulunan laboratuvar ölçekli membran (Osmonics) filtrasyon sistemi (Şekil 2.4) kullanılarak 10x15 cm boyutunda çift tarafı kaplanmış örnekler ile 30 dakika süre ile filtrasyon yapılmıştır.



Şekil 2.4 Laboratuvar ölçekli membran filtrasyon sistemi (Oktav Akdemir ve Özer, 2007)

2.2.3.19 Zeytinyağı Filtrasyonu

Perlit ile kaplı kumaşların zeytinyağı filtrasyonunda kullanılabilirliğini araştırmak üzere asidi ve kirliliği yüksek sızma zeytinyağı kullanılmıştır. Filtre işleminde kullanılacak kumaş örnekleri 30 cm çapında kesilerek birer huninin içine yerleştirilmiştir. Huniler, 500 ml'lik koyu renk cam şişelerin üzerine yerleştirilmiştir. Her bir huniye 100 ml zeytinyağı eklenmiş ve takip eden 5 günlük periyotlarda 100'er ml zeytinyağı daha ilave edilerek toplamda 300 ml zeytinyağı süzölmüştür. Süzölen zeytinyağı çok kirli olduğundan süzme işlemi sırasında kumaşlar üzerinde katı madde birikerek filtrasyon süresinin uzamasına sebep olmuştur. Bu yüzden 5'er günlük periyotlarla zeytinyağı ilavesi yapılmıştır. Süzme işlemi esnasında zeytinyağlarının ışıktan etkilenmesini engellemek amacıyla, şişeler kapalı bir dolabın içinde karanlıkta bekletilmiştir. Ayrıca filtre edilmeyen zeytinyağının filtre edilen zeytinyağları ile aynı süre ile havadaki oksijen ile temas etmesi amacıyla, filtre edilmeyen zeytinyağı filtre süresi boyunca, bir şişede, şişenin ağzı açık olarak muhafaza edilmiştir. Hunilere yapılan her 100 ml'lik zeytinyağı ilavesinde bu şişeye de aynı miktarda zeytinyağı ilave edilmiştir.

Filtre edilmiş zeytinyağlarının; asidi (serbest yağ asitliği- % oleik asit cinsinden) TS 342'ye göre, UV'de özgül soğurma değerleri (232, 266, 270 ve 274 nm'de) SHIMADZU UV-1800 spektrofotometre cihazında ve rengi TS 7959'a göre (1" küvette) Lovibond tintometre (Model F) cihazında Orkide Yağ Sanayi A.Ş.'de ölçölmüştür.

Serbest yağ asitliği, 100 g yağdaki serbest asitleri nötralize etmek için gerekli potasyum hidroksitin (KOH) mg olarak miktarıdır (Bayrak, 2010). Serbest yağ asitliği zeytinyağının kalitesi için önemli bir parametre olup ne kadar az ise zeytinyağının kalitesi o kadar fazladır (Yıldırım, 2009). Ultraviöle bölgesinde 232 ve 270 nm dalga boyundaki soğurma, zeytinyağının oksidasyonu ya da rafinerizasyonu sonucu oluşan konjuge dien ve trienler ile ilişkilidir (Kiritsakis, Kanavouras ve Kritsakis, 2002). Birincil oksidasyon ürünleri olan konjuge dienler 232 nm'de, aldehit ve keton gibi ikincil oksidasyon ürünleri ise 270 nm'de absorblanmaktadır.

Rafinasyon işlemi sırasında konjuge dien ve trienlerde bir artış olduğu bu yüzden zeytinyağına herhangi bir taşış yapıldığında kullanılan parametrelerdendir. Ayrıca zeytinyağının kalitesi hakkında fikir vermektedir (Bayrak, 2010).

2.2.3.20 Dikey Yakma Testi

Dikey yakma testi TS EN ISO 6941 standardına göre, SDL Flammability Tester M233/B kullanılarak yapılmıştır. Atkı ve çözgü yönünde 3'er örnek üzerinde ölçüm yapılmıştır. Örnekler, yüzeyden tutuşturulmuş ve alev 10 saniye süre ile maruz bırakılmıştır. Alev yüksekliği 40 mm'dir. Bu yöntemde 560 mm x 170 mm boyutundaki örnekler, bir kısa kenarının altından 2 cm yukarıdan alev maruz bırakıldıktan sonra alt kenardan 24, 39 ve 54 cm yukarıdaki işaretleme ipliklerin kopuş sürelerinin belirlenmesi yoluyla alev yayılma süreleri tespit edilmektedir.

2.2.3.21 Yatay Yakma Testi

Yatay yakma testi TS 6346 standardına göre Tübitak Bursa Test ve Araştırma Laboratuvarı'nda (BUTAL) geliştirilen 2003/01639 faydalı model numaralı yatay yanmazlık test cihazında (Şekil 2.5) yapılmıştır. Ölçümler atkı ve çözgü yönlerinde 5'er örnek ile yapılmıştır. Kumaşlar 15 saniye süre ile alev maruz kalmışlardır. Alev yüksekliği 38 mm'dir. Alev yayılma hızı (mm/dak) ve toplam yanma süresi (s) belirlenmiştir.



Şekil 2.5 Yatay yakma test cihazı

2.2.3.22 Eğik Yakma Testi

Eğik yakma testi ASTM D 1230 (Giysilik Kumaşların Yanabilirliği için Standart Test Metodu) standardına göre yapılmıştır. Ustco Electric Flammability Tester kullanılarak ölçülmüştür. Kumaşların atkı yönünden 5'er örnek ile ölçümler yapılmıştır. Alev yüksekliği 16 mm'dir. Bu standartta, alevin 12,7 cm mesafede kumaş boyunca ilerlemesi için geçen süre (ortalama alev yayılma süresi) kaydedilmektedir. Bu süreye göre kumaşlar 3 sınıfa ayrılmıştır (ASTM D1230).

Sınıf I: Bu sınıfa giren tekstil ürünlerinin konfeksiyon ürünü olarak kullanımı uygundur.

- 1) Havsız yüzeylerin ortalama alev yayılma süreleri 3,5 s ve daha fazla ise
- 2) Havlı yüzeylerin ortalama alev yayılma süreleri 7 s'den fazla ise
- 3) Hiç tutuşma olmuyorsa

Sınıf II: Bu sınıfa giren tekstil ürünleri Sınıf I ile Sınıf III arasında yanıcı karaktere sahiptir.

- 1) Havlı yüzeyler için alev yayılma süresi 4-7 s arasında ise

Sınıf III: Bu sınıfa giren tekstil ürünlerinin konfeksiyon ürünü olarak kullanımı uygun değildir.

- a) Havsız yüzeylerin ortalama alev yayılma süreleri 3,5 s'den az ise
- b) Havlı yüzeylerin ortalama alev yayılma süreleri 4 s'den az ise

2.2.3.23 LOI (Limiting Oxygen Index) Ölçümü

LOI, alevin devam edebilmesi için ortamda bulunması gereken en düşük oksijen oranını göstermektedir. LOI ölçümleri ASTM D 2863-77 standardına göre Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde geliştirilen Şekil 2.6'da görülen LOI ölçüm düzeneğinde yapılmıştır. İşletmede kaplanan kumaşlar ile elle kaplama düzeneğinde 4 kata kadar kaplanan kumaşların LOI %'si ölçülmüştür. Ölçümlerde kullanılan örneğin boyutları 52mm x 140 mm'dir.



Şekil 2.6 LOI ölçüm düzeneği

LOI ölçüm prensibi şöyledir:

Hava ortamında yanabilen kumaş için; azot gazı için 74 mm ve oksijen gazı için 18 mm ayarlanan ortamda kumaş tutuşturulmaya çalışılır. Tutuşan kumaşın örnek uzunluğu boyunca 10 cm yanmasının tamamlanması gerekmektedir. Tutuşma olmazsa ya da 10 cm'lik yanma tamamlanmazsa, azot değeri sabit kalıp oksijen değeri 1 arttırılır ve tekrar tutuşturulmaya çalışılır. LOI'yi hesaplarırken 10 cm'lik yanmayı sağlayan en düşük oksijen değeri kullanılır. Bu oksijen ve azot değerleri için önceden hazırlanmış tablolardan gazların hacimsel akış değerleri belirlenir. LOI değeri şu şekilde hesaplanır.

$$n, \% = \frac{100 \cdot O_2}{O_2 + N_2} \quad (2)$$

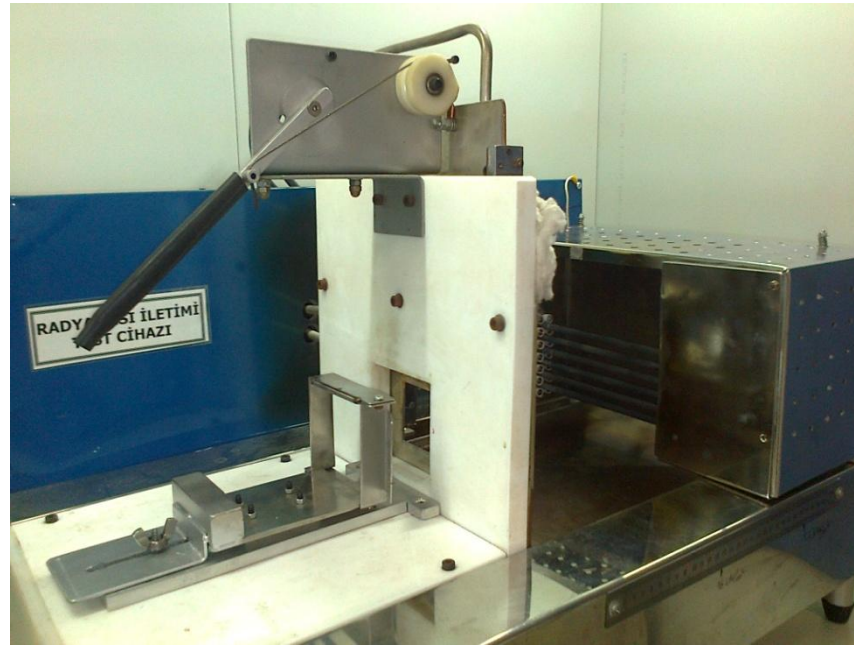
Burada;

O_2 = Oksijenin hacimsel akışı, cm^3/s

N_2 = Azotun hacimsel akışı, cm^3/s 'dir.

2.2.3.24 Radyan Isıya Karşı Koruma Testi

Kumaşlar TS EN ISO 6942 standardına göre radyan ısıya maruz bırakılmışlardır. Her kumaş için 5 örnek üzerinden ölçüm yapılmıştır. Gelen ısı akı yoğunluğu (Q_o) orta seviyelerde bir değer olarak 21 kW/m^2 ($=0,5 \text{ cal/cm}^2\text{s}$) seçilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı radyan ısı iletimi test cihazı Şekil 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2.7 Radyan ısı iletimi test cihazı

Ölçümlerde kullanılan bakır kalorimetrenin sıcaklığının, ölçüm başladıktan sonra 12°C ve 24°C artması için geçen sürelerin belirlenip, bu sürelerin birbirinden çıkarılması ile ($t_{24}-t_{12}$) değeri elde edilmiştir. Bu değer formül (3)'te yerine koyularak kumaştan aktarılan ısı akı yoğunluğu (Q_c) kW/m^2 cinsinden belirlenmiştir.

$$Q_c = \frac{M \cdot Cp \cdot 12}{A \cdot (t_{24} - t_{12})} \quad (3)$$

Burada;

M : Bakır levhanın kütlesi ($36 \times 10^{-3} \text{ kg}$)

C_p : Bakırın özgül ısısı (0,385 kJ/kg°C)

$12/(t_{24}-t_{12})$: 12 °C ile 24°C sıcaklık artışı arasındaki bölgede kalorimetre sıcaklığı ortalama artış hızı (°C/s)

A : Bakır levhanın alanı ($2,515 \times 10^{-3} \text{ m}^2$)'dir.

Q_o gelen ısı akı yoğunluğu için ısı aktarma etkeni $TF(Q_o)$ aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$TF(Q_o) = \frac{Q_c}{Q_o} \quad (4)$$

Gelen ısı akı yoğunluğu Q_o için ışıma yoluyla yayılan ısı transfer indisleri $RHTI_{12}$ veya $RHTI_{24}$ kalorimetredeki 12°C veya 24 °C sıcaklık artışında t_{12} veya t_{24} 'ün ortalaması olarak belirlenir.

2.2.3.25 Ses Yutma Katsayısı Ölçümü

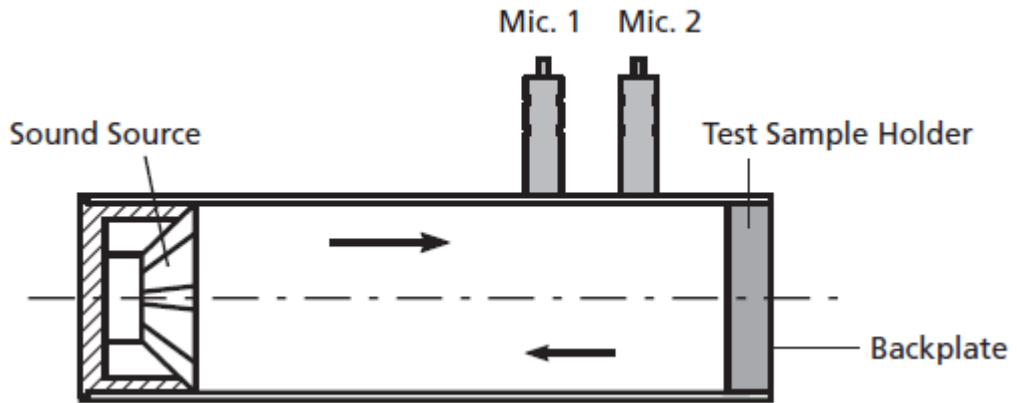
Ses yutma katsayısı ölçümü için toplam olarak 23 farklı malzeme hazırlanmıştır. Ses yutma katsayıları ölçülen kumaşlar değişik şekillerde hazırlanmıştır. Genleştirilmiş ve ham perlit kaplanan kumaşlar 5 katlı ve 10 katlı olarak birbirlerine dikilerek tutturulmuştur. Bunun yanında perlit kaplanmış tüm kumaşların içine ham ve genleştirilmiş perlit ayrı ayrı doldurularak da dolgulu örnekler hazırlanmıştır. Ayrıca, ses izolasyonunda kullanılan, yumurta kolisi gibi girintili çıkıntılı bir forma sahip olan sünger malzemelerden esinlenerek, girintili çıkıntılı formu olan bir dokusuz yüzey kumaş da ham perlit ve genleştirilmiş perlit ile tek yüzünden kaplanmıştır. Perlit ile tek yüzünden kaplanmış bu dokusuz yüzey kumaşın ses yutma katsayısı ölçümleri yapılırken kaplama yapılmış olan yüzeyin ses kaynağına bakacak şekilde ya da tam tersi şekilde yerleştirilmiş olması durumunda ses yutma davranışının bundan nasıl etkilendiği de araştırılmıştır. Bunun için kumaşın hem kaplanmış yüzünün hem de kaplanmamış yüzünün yani tersinin ses kaynağına dönük olarak yerleştirilerek ölçümleri yapılmıştır.

2.2.3.25.1 *Ses Yutma Katsayısı için Hazırlanan Örneklerin Kalınlık ve Ağırlık Ölçümü.* Ses yutma katsayısı ölçümü için hazırlanan 10 cm çapındaki örnekler hassas terazide tartılarak 10 cm çaptaki örnek kütleleri belirlenmiştir.

2.2.3.25.2 *Ses Yutma Katsayısının Belirlenmesi.* Hazırlanan tüm bu örneklerin ses yutma katsayısı ölçümleri Brüel & Kjaer 4206 iki mikrofonlu akustik empedans tüpü (Şekil 2.8) vasıtasıyla 0-6400 Hertz frekans aralığında ISO 10534-2'e uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 2.8 Brüel & Kjaer 4206 iki mikrofonlu akustik empedans tüpü ölçüm düzeneği (Hassall ve Zaveri, 1988)



Şekil 2.9 İki mikrofonlu akustik empedans tüpünde ölçüm metodunun şematik gösterimi

Ses yutma ölçüm metodunda Şekil 2.9'da gösterildiği gibi empedans tüpünün bir ucuna ses kaynağı, diğer ucuna kumaş örneği yerleştirilmektedir. Ses kaynağı geniş bantlı sabit rasgele ses dalgaları üretmekte ve bu ses dalgaları tüp içinde düz dalgalar

olarak yayılarak örneğe çarpıp geri yansımaktadırlar. İki sabit noktadaki ses basıncının ölçülerek dijital frekans analizöründe transfer-fonksiyonu metoduna göre ses yutma katsayısı hesaplanmaktadır. Ses yutma katsayısı (α) aşağıdaki (5) ve (6)'daki eşitlikler ile hesaplanmaktadır (Shoshani, 1990).

$$\alpha = \frac{\text{Yüzeyin yuttuğu ses enerjisi } (l_i - l_r)}{\text{Yüzeye gelen enerji } (l_i)} \quad (5)$$

$$\alpha = 1 - \frac{\text{Geri yansıyan enerji } (l_r)}{\text{Yüzeye gelen enerji } (l_i)} \quad (6)$$

Burada l_i yüzeye gelen ses dalgasının enerjisini, l_r ise yüzeye çarpıp geri yansıyan ses enerjisini ifade etmektedir. Eğer ses yutma katsayısı 0 olursa malzeme üzerine gelen sesi ya tamamen karşı tarafa geçiriyor ya da tamamen yansıtıyor demektir. Bununla birlikte katsayının 1 olması, malzemenin üzerine gelen sesi tamamen yutarak yansımalarını ve geçmesini önlediği anlamına gelmektedir.

2.2.3.26 Kumaşın Isı İletim Katsayısının Ölçümü

Isı iletim katsayısının belirlenmesi Tübitak BUTAL'de geliştirilen ısı iletim test cihazı (Şekil 2.10) kullanılarak Butal FM.14 standardına göre yapılmıştır. Isı iletim katsayıları $W/(m^{\circ}C)$ birimi ile ifade edilmiştir.

Tübitak-BUTAL'de geliştirilen ısı iletim test cihazı, çift plaka arasında kondüksiyon prensibine göre çalışmakta olup ısı akışının kararlı hale gelmesinden sonra cihaz üzerinde okunan değerler kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılarak ısı iletim katsayısı belirlenmektedir (Köstem, Yıldırım, Ogan ve Aydın, 2002).



Şekil 2.10 Isıl iletim test cihazı

2.2.3.27 Isıl Özelliklerin Ölçümü

Kumaşların ısıl özellikleri ISO 11092 standardına uygun olarak Alambeta cihazında ölçülmüştür. Her bir kumaş için 3 ölçüm yapılmış ve ortalaması belirlenmiştir. Ölçüm sonucunda ısıl iletkenlik, ısıl direnç, ısıl soğurganlık ve kalınlık değerleri belirlenmiştir. Bu kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

Isıl iletkenlik (λ): Bir malzemedan, birim kalınlıkta, 1 °K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir. Isıl iletkenlik (λ);

$$\lambda = \frac{q \cdot h}{\Delta T} \quad (\text{W/m K}) \quad (7)$$

formülü ile gösterilmektedir. Formülde,

$$q = \text{ısı akış miktarı (W/m}^2\text{)}$$

ΔT = sıcaklık farkı (K)
 h = kalınlık (m)'tir.

Isıl direnç (R): Materyalin ısı akışına dayanımıdır.

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad (\text{m}^2 \text{ K} / \text{W}) \quad (8)$$

formülü ile gösterilmektedir. Formülde,

h = kalınlık (mm)
 λ = ısı iletkenlik (W/m K)'tir.

Isıl soğurganlık (b): Farklı sıcaklıktaki iki parça birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ve kısa süreli ısı akışıdır. Isı akışı iki tarafın sıcaklığı dengeye gelinceye kadar devam etmektedir. Isıl soğurganlık literatürde “thermal absorptivity” olarak adlandırıldığı gibi birçok araştırmacı tarafından “sıcak-soğuk hissi” (warm-cool feeling) olarak belirtilmektedir (Pac, Bueno, Renner ve El Kasmi, 2001; Das, Kothari ve Sadachar, 2007).

Kumaş ile cilt arasındaki ani temasta, kumaşın ciltten daha düşük bir sıcaklıkta olması durumunda vücuttan kumaşa doğru ısı akışı meydana geleceğinden, soğukluk hissedilmesine neden olmaktadır (Hes, 2001). Isı akışı, malzemenin ısı iletkenliğinin artması ile artmaktadır. Bir malzemenin ısı iletkenliği arttığında daha fazla ısı enerji soğuracağından, sıcak bir beden ile ilk temas anında daha soğuk bir his vermektedir (Pac, Bueno, Renner ve El Kasmi, 2001). Bu his ortam koşullarına bağlı olarak iyi veya kötü olarak nitelendirilebilmektedir; çünkü sıcak yaz günlerinde giysinin soğuk bir his vermesi tercih edilirken, soğuk ortamlarda daha sıcak his veren giysiler tercih edilmektedir. Isıl soğurganlık;

$$b = (\lambda \rho c)^{1/2} \quad (\text{W s}^{1/2} / \text{m}^2 \text{ K}) \quad (9)$$

formülü ile gösterilmektedir. Formülde,

λ = ısı iletkenlik (W/m K)

ρ = yoğunluk (kg/ m³)

c = özgül ısı (J/ kg K)'dir.

Isıl soğurganlık değeri düşük ise kumaş sıcaklık sıcaklık hissi, yüksek ise soğukluk hissi vermektedir.

2.2.3.28 Nem İletim Özelliklerinin Ölçümü

Kumaşların nem iletimi özellikleri, su buharı direncinin ve çok yönlü olarak nem iletiminin belirlenmesi ile incelenmiştir. Su buharı direnci (R_{et}) de ISO 11092 standardına göre Sweating Guarded Hotplate (SDL Atlas) cihazında, çok yönlü nem iletim özellikleri AATCC 195'e göre MMT (Moisture Management Tester, SDL Atlas) cihazında ölçülmüştür. Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamaları hesaplanmıştır.

Su buharı direnci (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.

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (m^2Pa/W) \quad (10)$$

formülü ile gösterilmektedir. Formül (10)'da,

$P_m = T_a$ çevre sıcaklığı için pascal cinsindedoxygen kısmi su buharı basıncı (P_m değeri termodinamik tablolarından ortamın sıcaklığı esas alınarak bulunmaktadır.)

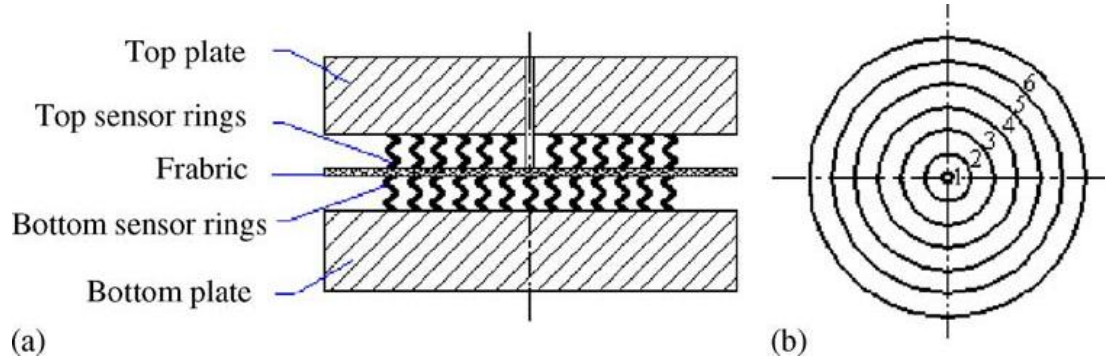
$P_a = T_a$ çevre sıcaklığı için pascal cinsinden laboratuardaki gerçek kısmi su buharı basıncıdır. P_a değeri, P_m ile ortamın bağıl nemi çarpılarak elde edilir.

q_v : Numune ile ısı akış değeri (W/ m²)

q_0 : Numunesiz ısı akış değeri (W/ m²)'dir.

Çok Yönlü Nem İletimi : MMT cihazında kumaşların üç boyutta dinamik nem iletim özellikleri ölçülebilmektedir. Tekstil malzemelerinin elektrik dirençleri (1M Ω)

çok yüksektir. Islanmalarında ya da bir miktar nemlendiklerinde direnç yüzlerce $K\Omega$ değerine düşmektedir. Islanma ile oluşan direnç farklılığını ölçme yolu ile tekstil malzemesinin iki yüzeyinin de nem içeriğindeki değişim miktarı ölçülebilmektedir (Hu, Li, Yeung, Wong ve Xu, 2005). MMT cihazında ölçüm sensörlerinin (Şekil 2.11) çalışma prensibi direnç farklılığını ölçmeye dayalıdır.



Şekil 2.11 MMT sensörlerinin şekli a) sensör yapısı b) ölçüm halkaları (Yao, Li, Hu, Kwok ve Yeung, 2006)

Kumaşın üst yüzeyinden belli miktarda (0,15g) test sıvısı (sentetik terleme AATCC 15), kumaşın üst yüzeyinin ortasından kumaşa uygulanır. Sıvı kumaşın üzerine bırakıldıktan sonra 3 yönde hareket eder. Bu hareket, kumaşın üst yüzeyinde kumaş kenarına doğru, kumaşın üst yüzeyinden alt yüzeyine doğru ve kumaşın alt yüzeyinde kumaş kenarına doğru olur. Islanmanın yayılması, ölçüm halkalarındaki sensörler vasıtasıyla takip edilir. Kumaşta oluşan direnç değişimini sensörlerin algılaması ile, ne kadar sürede, hangi ölçüm halkasına kadar kumaşın ıslandığı belirlenir. Bu cihaz ile, kumaşın alt ve üst yüzeyinin ayrı ayrı, ıslanma süresi (s), maksimum absorpsiyon hızı (%/s), maksimum ıslanma çapı (mm) ve yayılma hızı (mm/s) elde edilebilmektedir.

2.2.3.29 UV Geçirgenliği Ölçümü

Kumaşların UV geçirgenliği ölçümleri AS/NZS 4399:1996 standardına göre Camspec M350 ultraviyole/visible spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır. Her kumaş için 10 örnekle çalışılmıştır. Ölçüm cihazında her örneğin 4 farklı yerinden

okuma yaptırılmaktadır. Sonuçta, her bir kumaş için 40 değerin ortalaması elde edilmektedir.

UV geçirgenliğinden bahsedilirken 3 kavramdan söz edilmektedir. Bunlar; UPF (Ultraviolet protection factor), Ortalama UVA (315 ile 400 nm) ve Ortalama UVB (290 ile 315 nm) kavramlarıdır. UPF, kumaşın ultraviyole koruma faktörüdür yani kumaşın ne kadar UV geçirdiğini göstermektedir. Örneğin UPF 50 değerini aldığında tüm UV ışınlarından sadece 1/50'sinin diğer bir deyişle % 2'sinin kumaştan geçtiği anlamına gelmektedir. Ortalama UVA (%), kumaşın 315-400 nm dalga boyu aralığındaki UVA ışınlarını % olarak ne kadar geçirdiğini belirtmektedir. Ortalama UVB (%) de 290-400 nm dalga boyu aralığındaki ışınların kumaştan geçme %'dir. Kısa dalga boyuna sahip olan ışınların enerjileri daha yüksek olması sebebi ile daha tehlikelidirler.

AS/NZS 4399-1996 standardına göre UPF değerinin hesaplanması Formül (11)'de verilmiştir.

$$UPF = \frac{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda)\varepsilon(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda)\varepsilon(\lambda)T(\lambda)\Delta\lambda} \quad (11)$$

Formül (11)'de;

$E(\lambda)$: Güneşin spektral ışıınımı ($Wm^{-2}nm^{-1}$); her dalga boyu için dünyanın yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarının bir fonksiyonudur.

$\varepsilon(\lambda)$: Eritem etki spektrumu; her bir dalga boyu için cilt üzerinde UV radyasyon etkisinin değer spektrumudur.

$T(\lambda)$: Kumaşın spektral transmittansı, her λ dalga boyunda kumaşın içinden geçen enerji miktarını temsil eder.

$\Delta(\lambda)$: Ölçümlerin dalga boyu aralığıdır.

AS/NZS 4399-1996 standardında UV koruması aşağıdaki Tablo 2.6'da görüldüğü gibi derecelendirilmektedir.

Tablo 2.6 Australian/New Zealand Standard 4399:1996 standardına göre UPF derecelendirmesi

UPF Derecesi	Ortalama UVA (etkili UV geçirgenliği)	Derecelendirme
15-24	6,7-4,2	İyi
25-30	4,1-2,6	Çok iyi
>40	<2,5	Mükemmel

2.2.3.30 Varyans Analizi

Perlit ile kaplanmış kumaşlar ile işlem görmemiş kumaşın arasında ve ayrıca perlit ile kaplanmış kumaşların birbirleri arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığının araştırılması amacıyla %95 güven seviyesinde SPSS 14 istatistik paket programında varyans analizi yapılmıştır.

2.2.3.31 Dikey Perde Tasarımı

Kumaşların çok yüksek UV koruyuculuk özelliklerinden faydalanabilmek amacıyla kumaşların dikey perde olarak kullanılabilceği düşünülmüştür. Çift tarafı kaplanmış kumaşlardan bir dikey perde ürünü tasarlanmıştır. Perlitin kumaş üzerinden dökülmesini engellemek ve bu sayede dikey perdenin kullanım ömrünü uzatmak amacıyla perde yapımında kullanılacak olan kumaşlar, 100 g/L PVC içeren bir solüsyon ile fulardan geçirilmiştir. Bunun için PVC, metil etil ketonda çözülmüş, kumaşlar bu solüsyon ile fulardan geçirilmiş ardından 130°C'de 2 dakika süre ile fikse edilmiştir. PVC'nin UV geçirgenliğine etkisinin olup olmadığı araştırılmak üzere işlem görmemiş kumaş da fulardan geçirilmiş ve bu kumaşa da UV geçirgenliği ölçümü yapılmıştır.

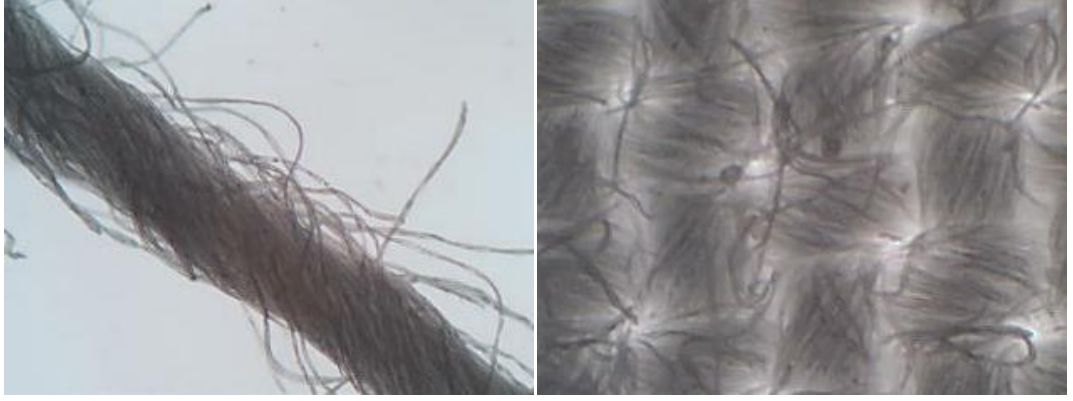
BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

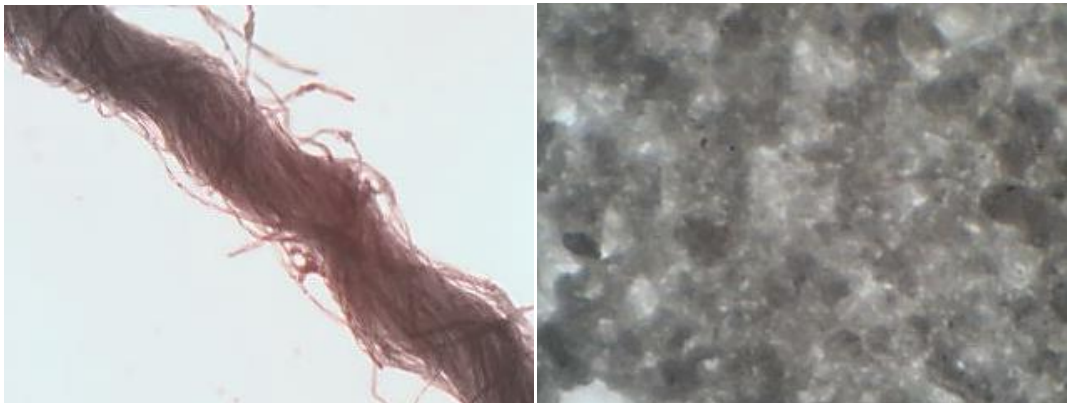
3.1 Yüzey Özellikleri ile İlgili Test Sonuçları

3.1.1 Kumaşların Mikroskop Görüntüleri

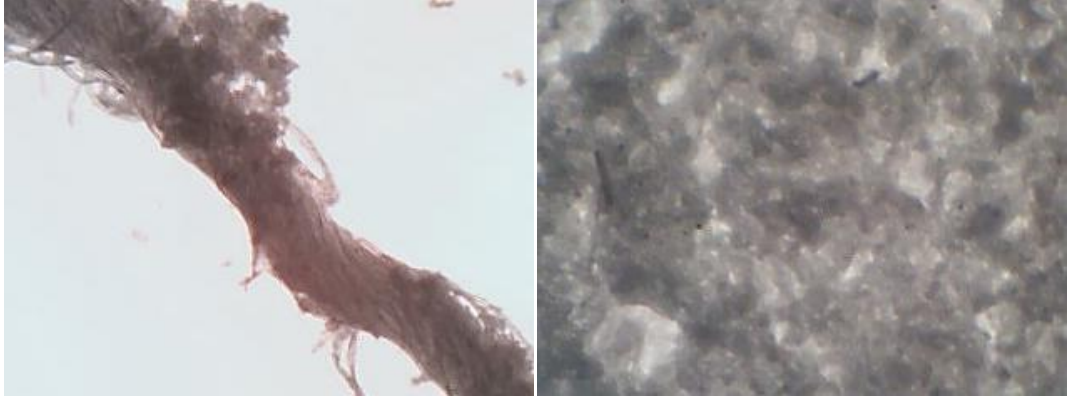
Kumaşlardan ve kumaşlardan çıkarılan ipliklerden alınan mikroskop görüntüleri Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te verilmiştir. Kumaşların perlit ile kaplanmasıyla dimi çizgilerinin tamamen kaybolduğu görülmektedir.



Şekil 3.1 İşlem görmemiş kumaştan mikroskop altında iplik (sol) ve kumaş yüzeyi (sağ) görüntüleri



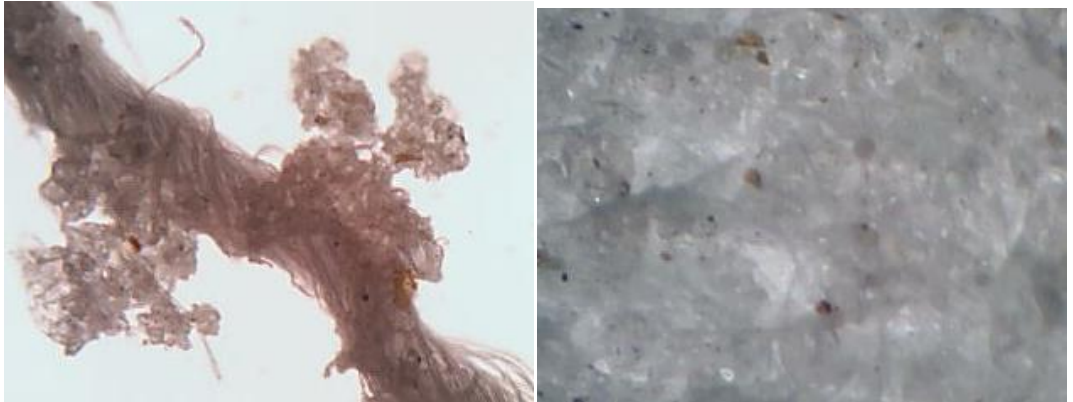
Şekil 3.2 Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaştan mikroskop altında iplik (sol) ve kumaş yüzeyi (sağ) görüntüleri



Şekil 3.3 Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaştan mikroskop altında iplik (sol) ve kumaş yüzeyi (sağ) görünüşleri



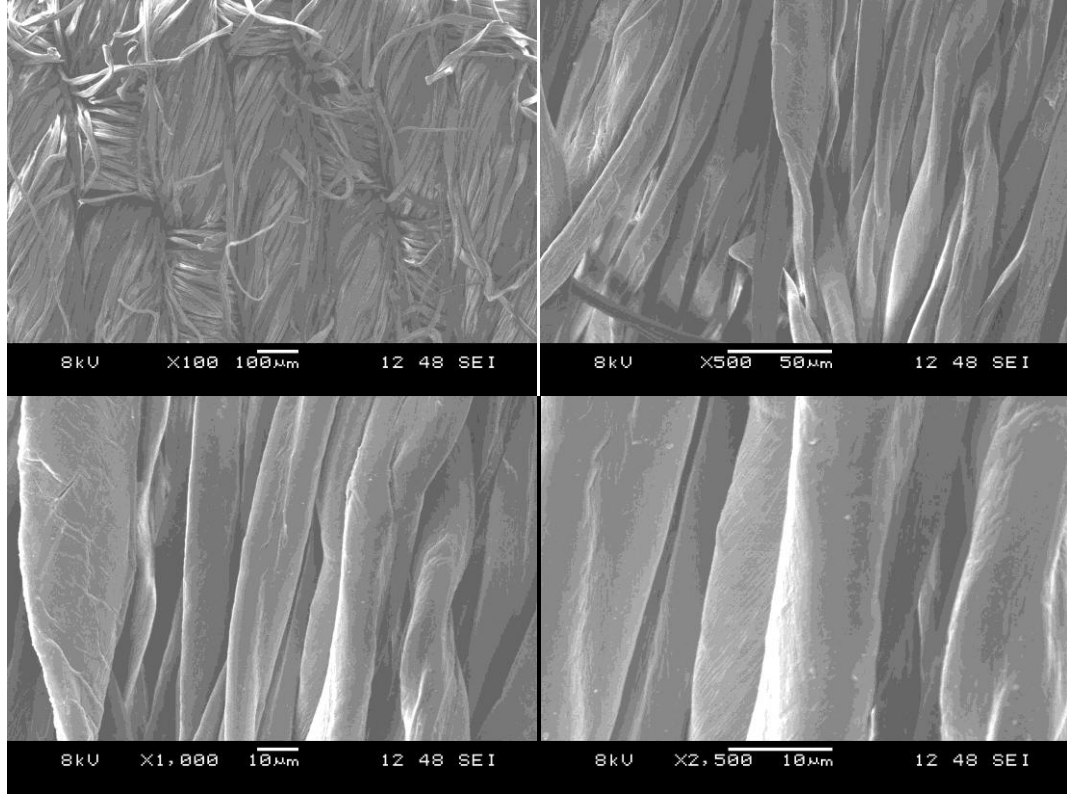
Şekil 3.4 Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaştan mikroskop altında iplik (sol) ve kumaş yüzeyi (sağ) görünüşleri



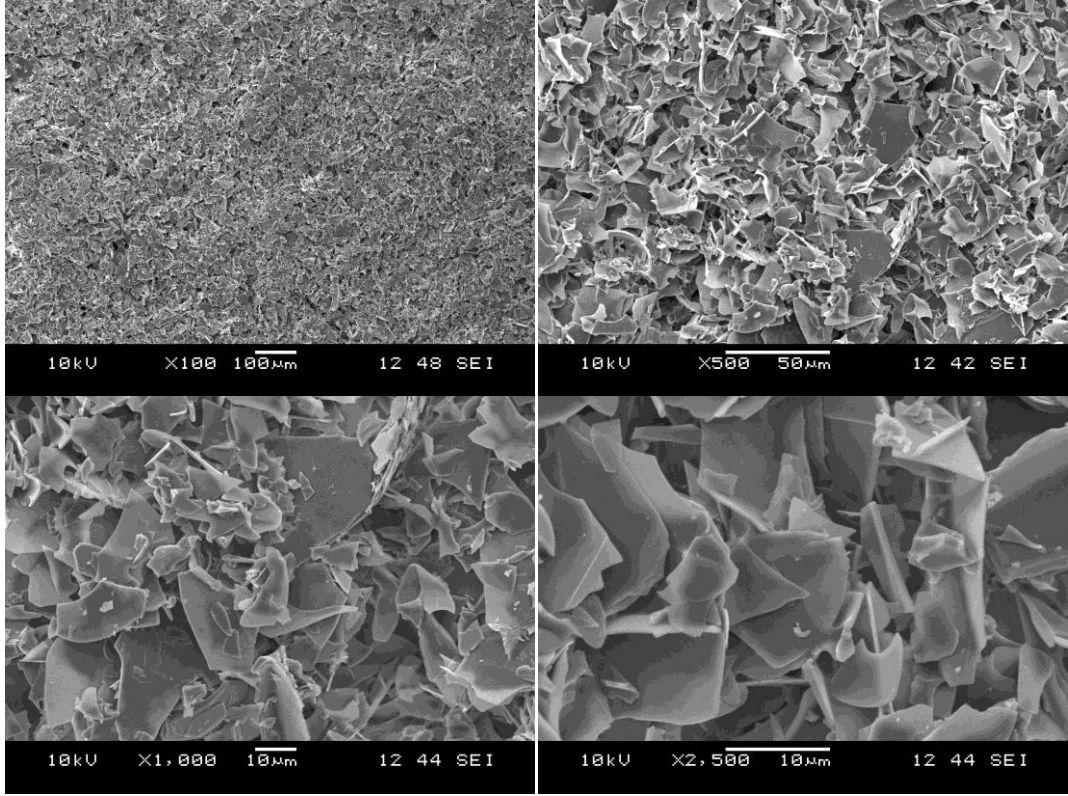
Şekil 3.5 Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaştan mikroskop altında iplik (sol) ve kumaş yüzeyi (sağ) görünüşleri

3.1.2 SEM Analizi Sonuçları

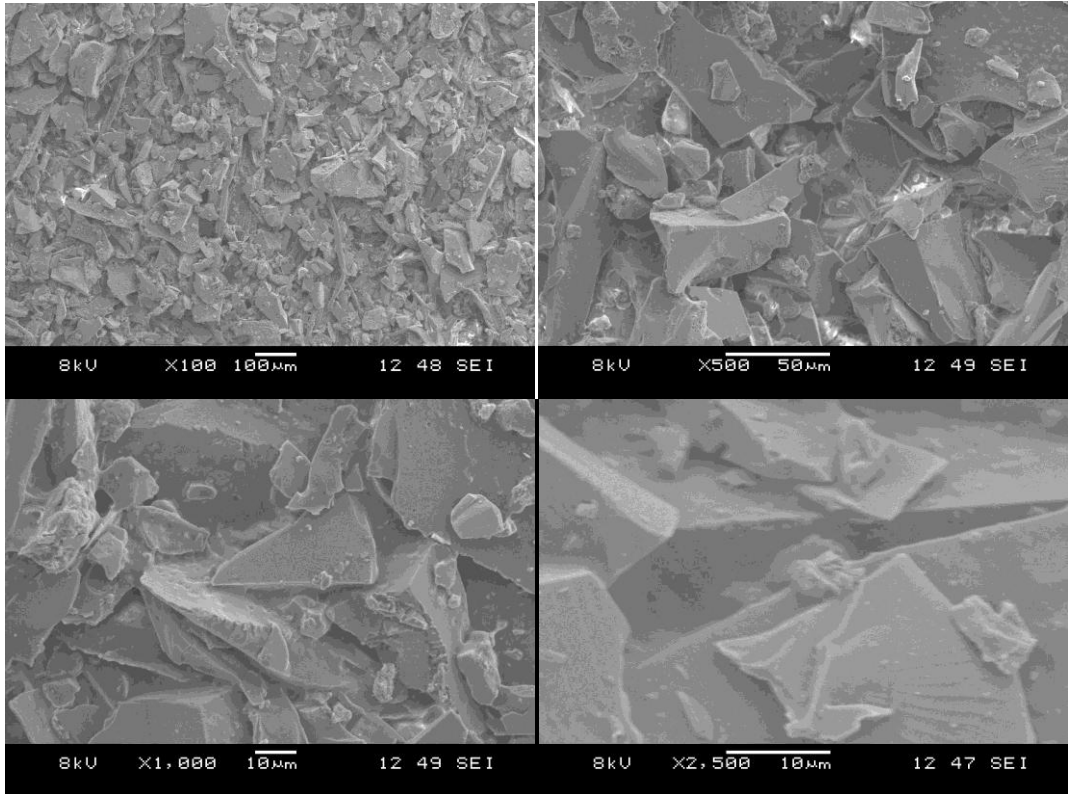
Kaplama yapılmamış kumaş ile ham ve geliştirilmiş perlit ile kaplanan kumaşların SEM görüntüleri Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de görülmektedir. Genleştirilmiş perlit ile kaplanan kumaşın yüzeyinde herhangi bir pamuk lifi görüntüsüne rastlanmamış ve yüzeyin perlit ile tamamen örtüldüğü görülmüştür (Şekil 3.7). Ham perlit ile kaplanmış olan kumaşın yüzey görüntüsünde (Şekil 3.8) ise kumaşın bazı bölgelerinde yok denecek kadar az pamuk lifi görünmesine rağmen, yüzeyin ham perlit ile düzgün şekilde örtüldüğü söylenebilir.



Şekil 3.6 Kaplanmamış kumaşın SEM görüntüleri



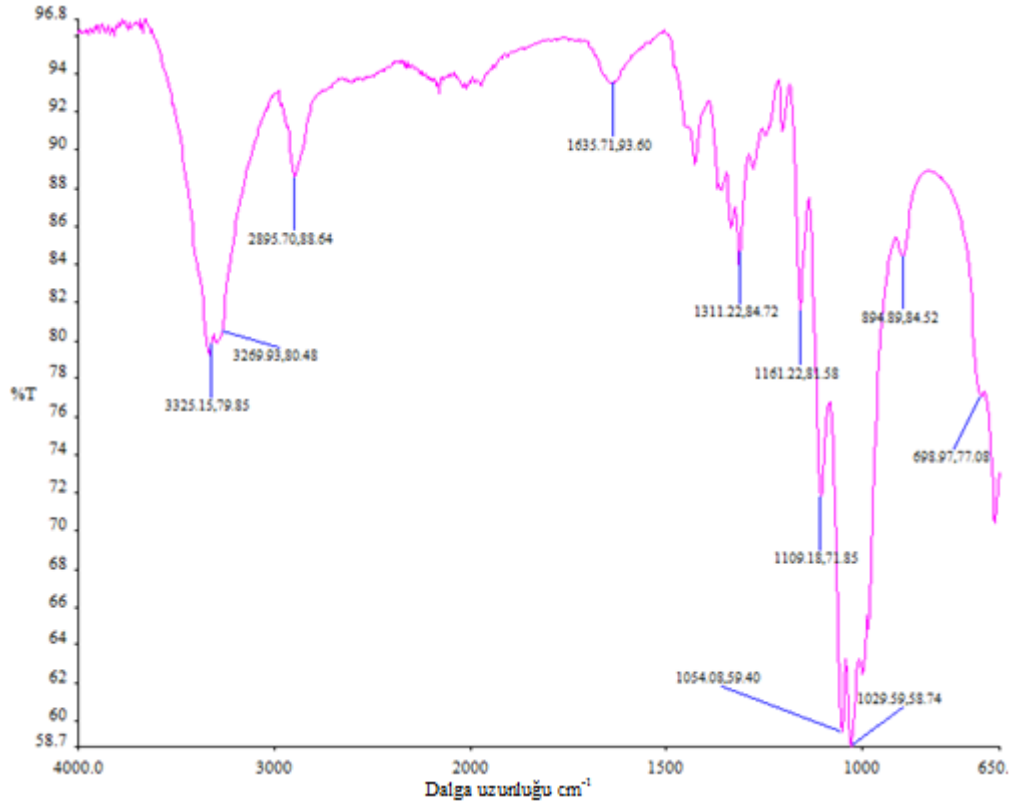
Şekil 3.7 Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşın SEM görüntüleri



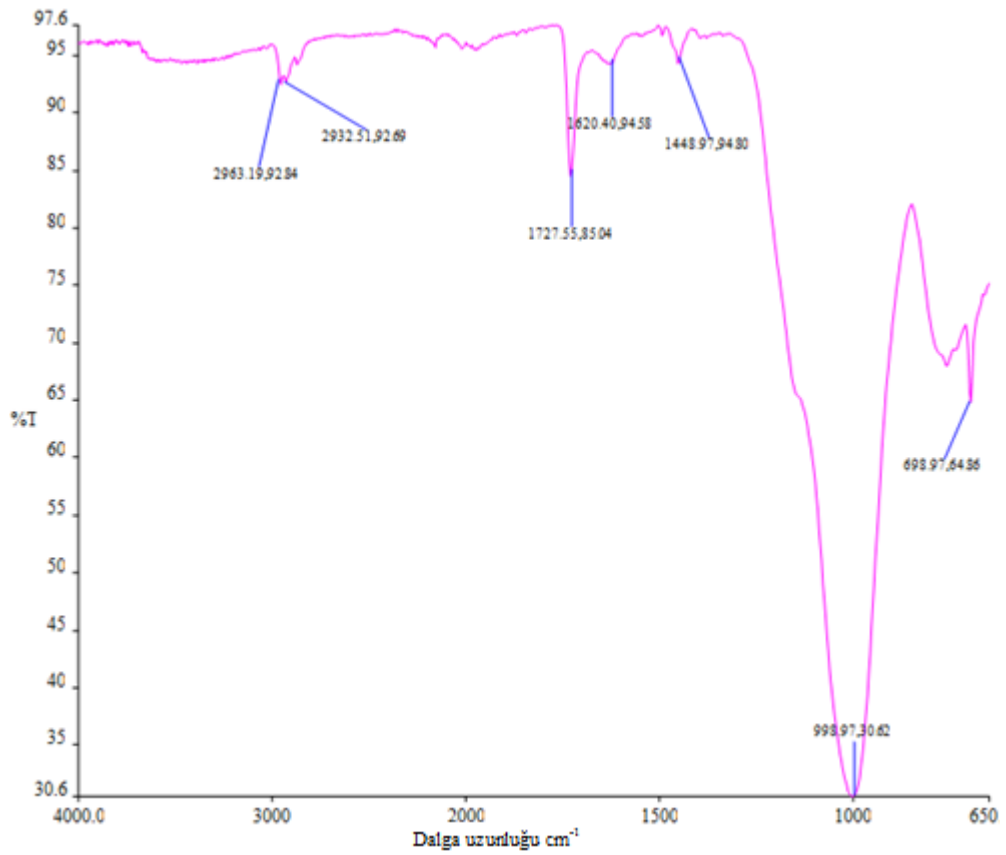
Şekil 3.8 Ham perlit ile kaplanmış kumaşın SEM görüntüleri

3.1.3 FTIR Analizi Sonuçları

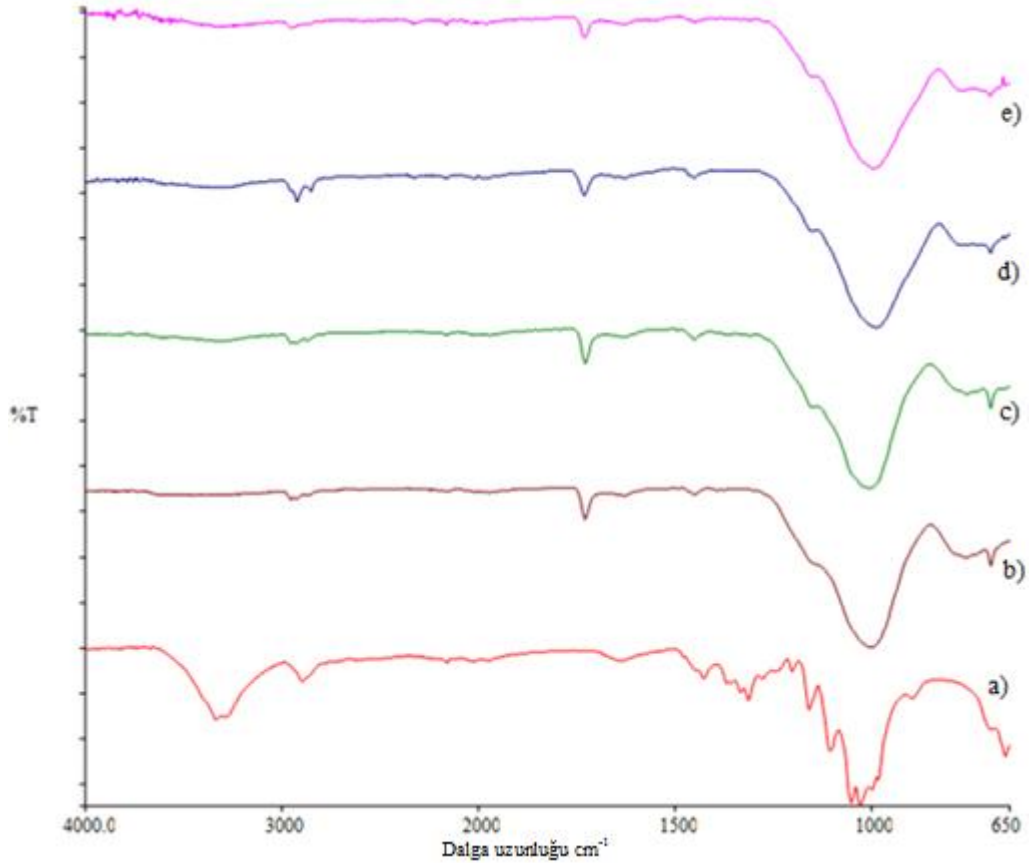
İşlem görmemiş kumaşın, genişletilmiş perlit ile kaplanmış kumaşın ve tüm kumaşların birlikte olduğu FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de verilmiştir. İşlemsiz kumaşta 3325 ve 3269 cm^{-1} dalga uzunluğundaki pikler selülozun yapısındaki O–H gerilimine ait olabilir. Kaplanmış kumaşlarda 3200 - 3350 cm^{-1} dalga uzunluğu aralığında, O–H bağlarında oldukça azalma görülmektedir. Perlit ile O–H etkileşime girerek burada dipol-iyon etkileşimi oluşmuş olabilir. İşlem görmemiş kumaşta 2895 cm^{-1} dalga uzunluğunda oluşan pik C–H gerilme modu ve 1448 cm^{-1} dalga uzunluğundaki pik C–H eğilme modu olabilir. 1311 cm^{-1} dalga uzunluğunda, O–H eğilme titreşimi pike sebep olmuş olabilir. Kaplama yapılan kumaşlarda bu pikin intensitesinde oldukça azalma görülmüştür. İşlemsiz kumaşta 1161 cm^{-1} dalga uzunluğunda görülen pik (C–O–C)’ye ait C–O gerilme titreşimi olabilir. 1161 cm^{-1} dalga uzunluğundaki bu bağ, kaplanmış kumaşlarda, O’nin + yüklü iyonlarla etkileşimde bulunabileceği göz önüne alındığında, az da olsa zayıflayıp sağ tarafa kaymış olabilir. Selülozun yapısındaki CH_2OH grubuna ait C–O gerilme titreşimi 1109 cm^{-1} dalga uzunluğunda pike sebep olmuş olabilir. 1054 ve 1029 cm^{-1} dalga uzunluğundaki pikler ise C ile OH grubu arasında oluşan C–O gerilme titreşimi olabilir. Perlit ile kaplama sonucu OH’in ve alkol grubunun perlitin yapısında bulunan + yüklü iyonlarla (Si^{+2} , Al^{+3} , Ca^{+2} , Na^{+2} , Mg^{+2} gibi) etkilenmesi, C–O arasındaki bağda kaymaya (zayıflamaya) neden olmuş olabilir, bu bağların 998 cm^{-1} dalga uzunluğuna doğru kaydığı görülmektedir. Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşta 1727 cm^{-1} dalga uzunluğundaki C=O gerilme titreşimi bağlayıcıdaki akrilik grubundan gelmiş olabilir. Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşların FTIR spektrumları ham perlit ile kaplanmış kumaşların spektrumları ile benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak selülozun alkollerinin şiddetli reaksiyona girdiği görülmektedir. O–H bağındaki H koparılmış olabilir ya da O ile H arasındaki elektronlar Si, Na gibi elementlere kaymış olabilir.



Şekil 3.9 İşlem görmemiş kumaşın FTIR spektrumu



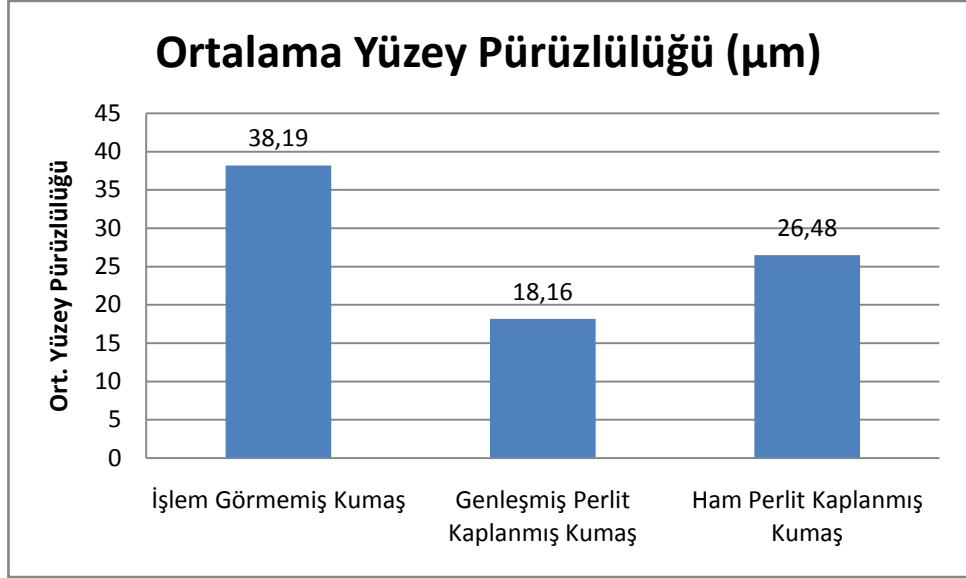
Şekil 3.10 Genleştirilmiş perlit ile kaplanan kumaşın FTIR spektrumu



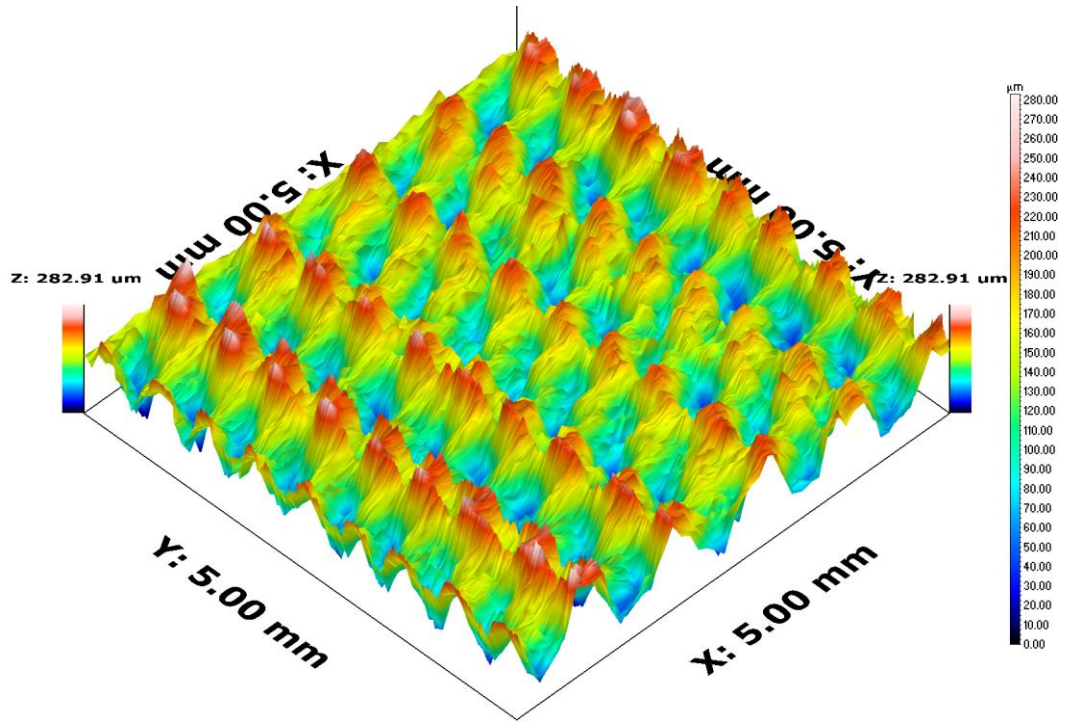
Şekil 3.11 Kumaşların FTIR spektrumları a) İşlem görmemiş kumaş b) Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş c) Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş d) Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş e) Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş

3.1.4 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları

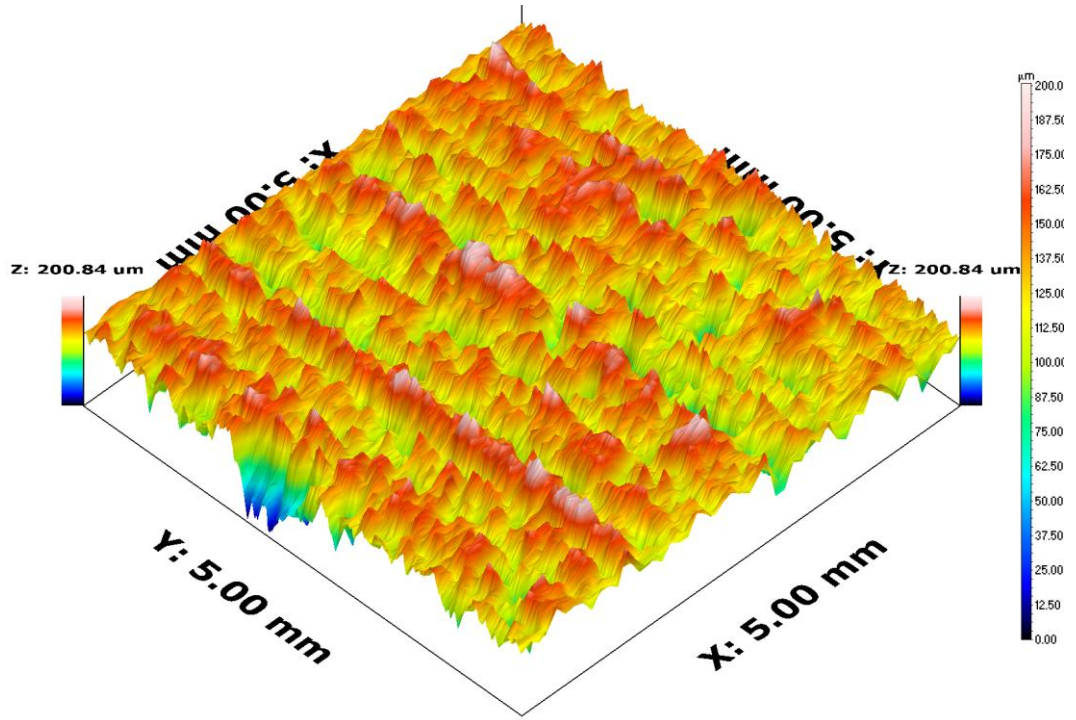
Kumaşların, yüzey profilometresi ile ölçülen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri μm cinsinden Şekil 3.12’de verilmiştir. İşlem görmemiş kumaşın ortalama yüzey pürüzlülüğü $38,19 \mu\text{m}$ olduğu belirlenmiştir. Perlit ile kaplandığında kumaşın pürüzlülük değerinin azaldığı, genişmiş perlit ile kaplanmış kumaşın $18,16 \mu\text{m}$ ve ham perlit ile kaplanmış kumaşın ise $26,48 \mu\text{m}$ ortalama yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Kumaşların yüzey profilometresi ile elde edilen yüzey görüntüleri işlem görmemiş kumaş, genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaş ve ham perlit ile kaplanmış kumaş için sırasıyla Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’te verilmiştir.



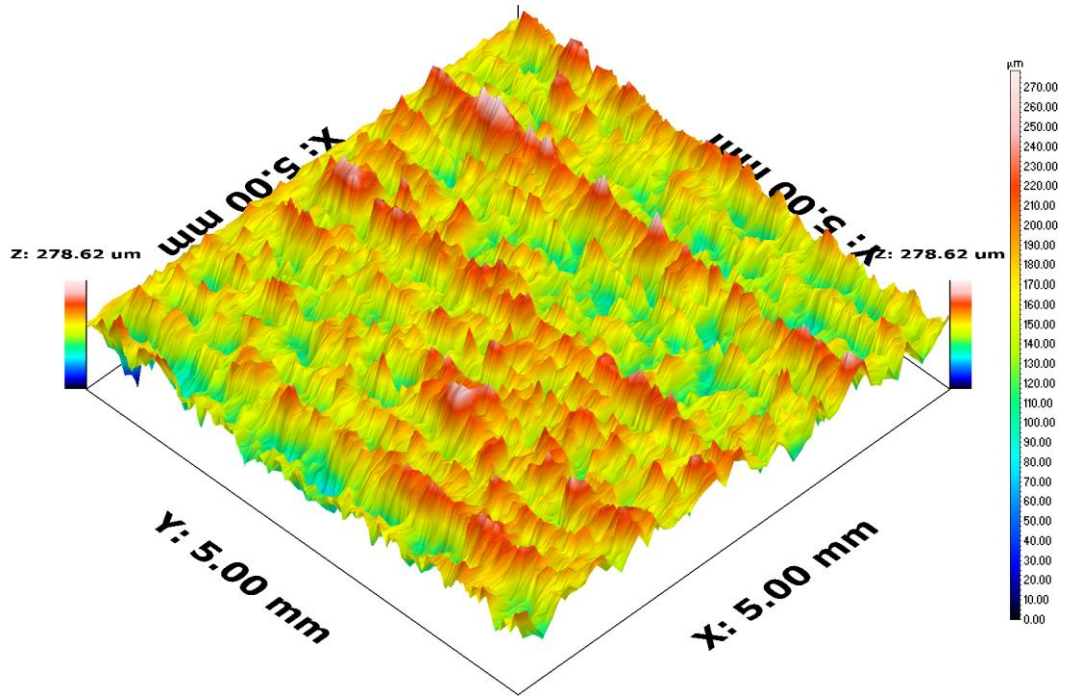
Şekil 3.12 Kumaşların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri



Şekil 3.13 İşlem görmemiş kumaşın yüzey profili görüntüsü



Şekil 3.14 Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşın yüzey profili görüntüsü



Şekil 3.15 Ham perlit ile kaplanmış kumaşın yüzey profili görüntüsü

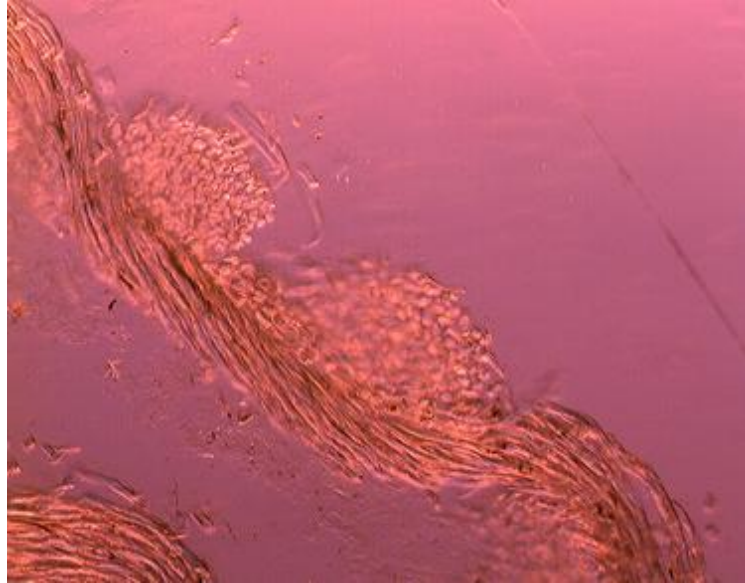
3.1.5 Kaplama Kalınlığı Sonuçları

Kumaşların ortalama kaplama kalınlığı değerleri ile varyasyon katsayıları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Kumaşların kaplama kalınlıkları

Kumaşlar	Kaplama Kalınlığı (mikron)	V _k (%)
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	107	12
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	118	21
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	97	18
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	135	24

Kumaşların kaplama kalınlıklarının 97 ile 135 mikron arasında değiştiği belirlenmiştir. Tablo 3.1 incelendiğinde değişim katsayılarının yüksek olduğu görülmektedir. Bu da kumaş yüzeyine perlitin çok homojen bir şekilde kaplanmadığını göstermektedir. Aşağıdaki Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18 ve Şekil 3.19’da kaplama kalınlığı ölçümünün yapıldığı kumaş görüntülerinden örnekler verilmiştir.



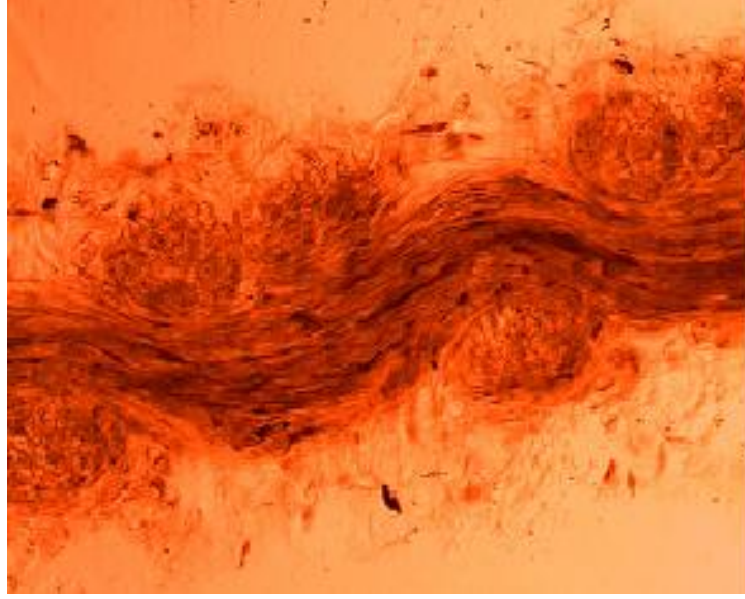
Şekil 3.16 Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş kesiti görüntüsü



Şekil 3.17 Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş kesiti görüntüsü



Şekil 3.18 Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş kesiti görüntüsü



Şekil 3.19 Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş kesiti görüntüsü

3.2 Fiziksel ve Kimyasal Özellikler ile İlgili Test Sonuçları

3.2.1 Kumaşların Birim Alan Kütleleri Tayini Sonuçları

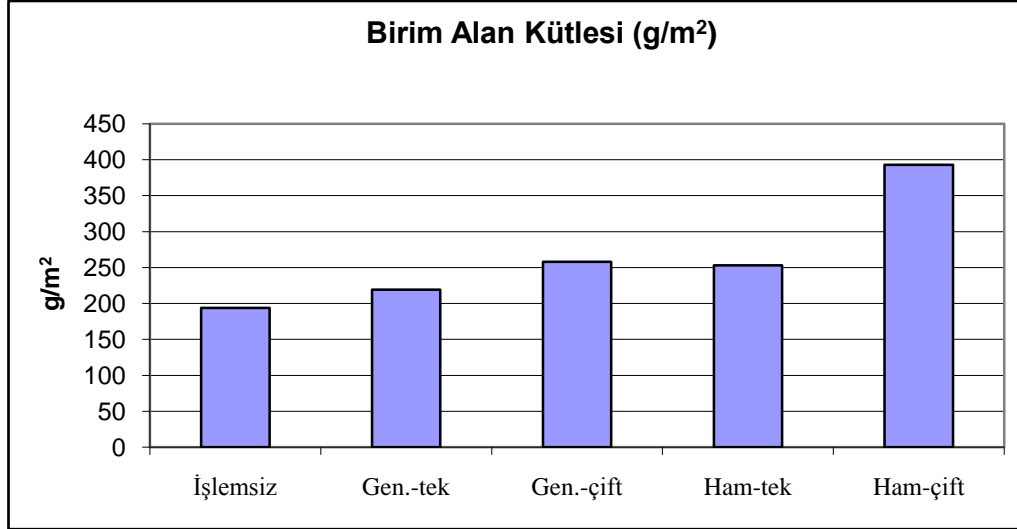
Kumaşların birim alan kütle değerleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Kumaşların birim alan kütleleri

Kumaşlar	Birim Alan Kütleleri (g/m ²)
İşlem görmemiş kumaş	194
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	219
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	258
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	253
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	393

Kaplanmış kumaşların birim alan kütleleri beklenildiği gibi artış göstermiştir. Ham perlitin bulk yoğunluğu, genleştirilmiş perlitin bulk yoğunluğundan daha fazla olduğu için, ham perlit ile kaplanmış kumaşların birim alan kütleleri diğerlerine

nazaran daha fazladır. Şekil 3.20’de kumaşların birim alan kütleleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Burada kumaş isimleri kısaltılarak kullanılmıştır. Ham perlit ile çift tarafı kaplanan kumaşın birim alan kütlelerinin, işlem görmemiş kumaşın birim alan kütlelerinin yaklaşık olarak 2 katı olduğu görülmektedir.



Şekil 3.20 Kumaşların birim alan kütle grafiği

3.2.2 Kumaş Kalınlığı Sonuçları

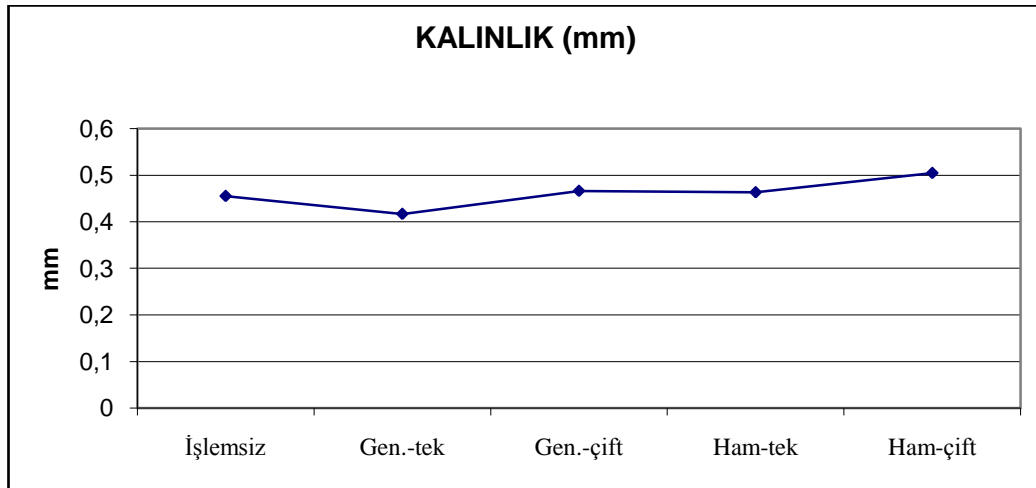
Kumaşların kalınlık değerleri mm cinsinden Tablo 3.3’te verilmiştir.

Tablo 3.3 Kumaşların kalınlık değerleri

Kumaşlar	Kalınlık (mm)
İşlem görmemiş kumaş	0,4550
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,4165
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,4660
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,4630
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,5045

Perlit ile kaplanmış kumaşların kalınlık değerlerinin işlem görmemiş kumaşınkine yakın değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 3.21). Genleştirilmiş perlit ile tek tarafı

kaplanmış kumaşın işlem görmemiş kumaştan yaklaşık olarak 0,04 mm daha ince, ham perlit ile çift tarafı kaplanan kumaşın ise işlemsiz kumaştan yaklaşık olarak 0,05 mm daha kalın olduğu tespit edilmiştir. Kumaşların kaplanması sırasında, kaplama makinesindeki silindirlerin kumaşa baskı uygulamasıyla pamuklu kumaşın kalınlığının azalması sebebiyle kaplanmış kumaşların kalınlık değerlerinin kaplanmamış kumaşa yakın olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.21 Kumaşların kalınlık grafiği

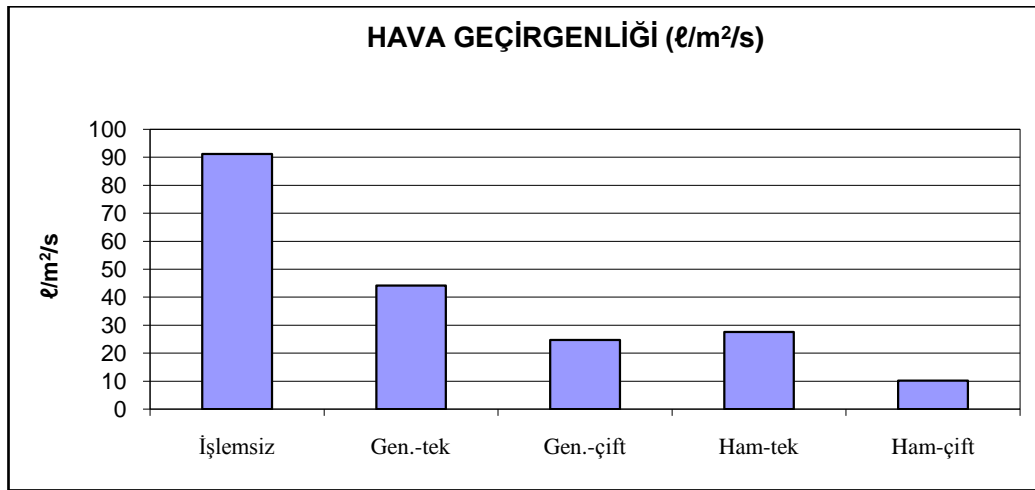
3.2.3 Hava Geçirgenliği Sonuçları

Kumaşların hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Kumaşların hava geçirgenliği değerleri

Kumaşlar	Hava Geçirgenliği ($l/m^2/s$ veya mm/s)
İşlem görmemiş kumaş	91,24
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	44,135
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	24,67
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	27,54
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	10,16

Kumaşın perlit ile kaplanmasının hava geçirgenliğini önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Şekil 3.22). Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplama hava geçirgenliğini %52 azaltırken, çift taraflı kaplama %73 azaltmıştır. Ham perlit ile tek taraflı kaplama hava geçirgenliğinde % 70 azalmaya, çift taraflı kaplama ise %89 azalmaya sebep olmuştur. Beklenildiği gibi her iki yüzü kaplanmış kumaşların hava geçirgenliğinin, tek tarafı kaplanmış kumaşların hava geçirgenliğinden daha az olduğu belirlenmiştir. Ham perlit ile kaplanmış kumaşların hava geçirgenliği genleştirilmiş perlit ile kaplanan kumaşların hava geçirgenliğinden yaklaşık %16-18 daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin genleştirilmiş perlitin gözenekli bir yapıya sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.



Şekil 3.22 Kumaşların hava geçirgenliği grafiği

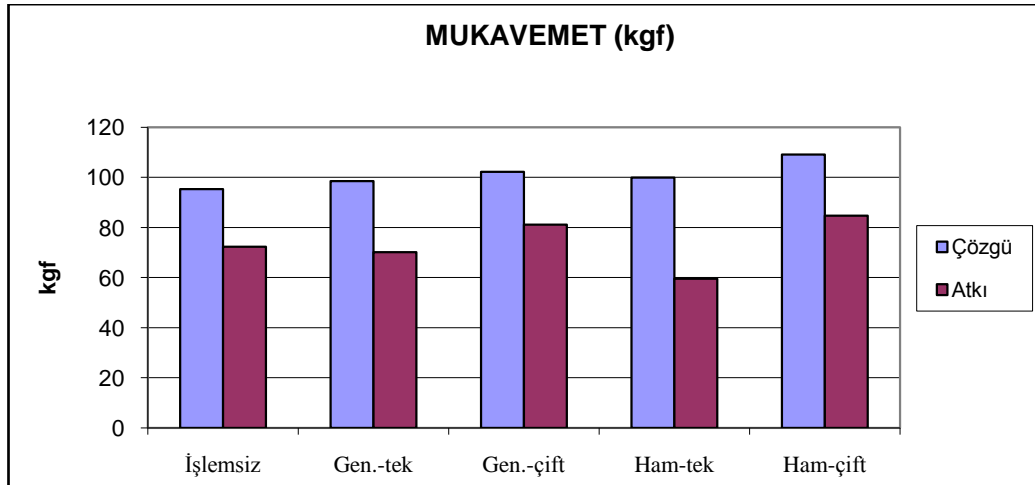
3.2.4 Kopma Mukavemeti Testi Sonuçları

Kumaşların kopma mukavemeti değerleri ile % uzama değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir. Şekil 3.23'te kumaşların mukavemet grafiği, Şekil 3.24'te ise uzama grafiği görülmektedir.

Tablo 3.5 Kumaşların mukavemet ve % uzama değerleri

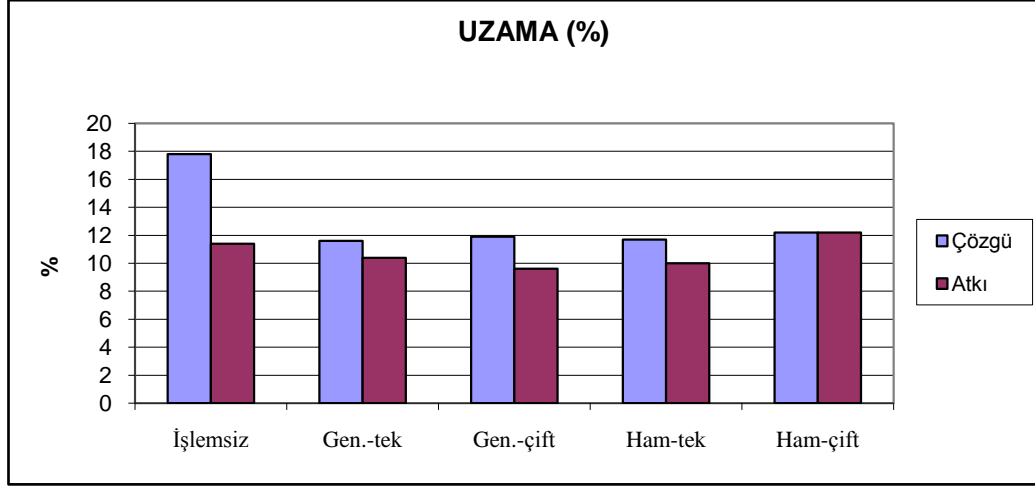
Kumaşlar	Kopma Mukavemeti (kgf)		Kopma Uzaması (%)	
	Çözümlü Yönünde	Atkı Yönünde	Çözümlü Yönünde	Atkı Yönünde
İşlem görmemiş kumaş	95,3	72,3	17,8	11,4
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	98,5	70,2	11,6	10,4
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	102,2	81,2	11,9	9,6
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	99,9	59,5	11,7	10
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	109,1	84,7	12,2	12,2

Kumaş üzerine perlit kaplanmasının, kumaşın çözgü yönündeki mukavemetini yaklaşık %15'e kadar arttırmıştır. Artış miktarının ham perlit uygulamasında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çözgü yönündeki mukavemetin perlitin çift taraflı uygulamasında, tek taraflı uygulamasından daha yüksek sonuç verdiği görülmüştür. Atkı yönündeki mukavemet değerleri incelendiğinde, çift taraflı kaplamalarda yaklaşık olarak %17'lik bir artış olduğu belirlenmiştir. Ancak ham perlitin tek taraflı uygulanması atkı yönünde mukavemeti düşürmüştür, bu düşüşün sebebi belirlenememiştir.



Şekil 3.23 Kumaşların mukavemet grafiği

Perlit kaplanmış kumaşların çözgü yönündeki uzama yüzdelerinde azalma olduğu görülmüştür (Şekil 3.24). Atkı yönünde bu azalmanın daha az miktarda olduğu görülmektedir. Perlitin kumaşa kaplanması ile atkı ve çözgü yönlerinin uzama yüzdeleri arasındaki fark azalmıştır. Atkı yönündeki uzama ve çözgü yönündeki uzama arasında denge sağlanıp, kumaşın daha stabil bir yapı kazandığı söylenebilir.



Şekil 3.24 Kumaşların uzama grafiği

Kumaşların yıkama sonrası kopma mukavemeti değerleri (kgf), yıkama öncesi değerleri ile birlikte Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Kumaşların yıkama öncesi ve yıkama sonrası mukavemet değerleri

Kumaşlar	Kopma Mukavemeti (kgf)			
	Yıkama Öncesi		Yıkama Sonrası	
	Çözgü Yönünde	Atkı Yönünde	Çözgü Yönünde	Atkı Yönünde
İşlem görmemiş kumaş	95,3	72,3	96,97	79,41
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	98,5	70,2	102,33	82,29
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	102,2	81,2	107,66	88,43
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	99,9	59,5	106,24	65,60
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	109,1	84,7	110,44	81,76

Genel olarak tüm kumaşlarda yıkama sonrasında atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerlerinin arttığı görülmüştür.

3.2.5 Dökümlülük Sonuçları

Kumaşların dökümlülük katsayısı değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Dökümlülük ölçümünde aynı kumaş örneği için, kumaşın hem ön yüzünden hem de arka yüzünden ölçüm yapılmış ve elde edilen değerler sırasıyla Ön(%) ve Arka(%) olarak Tablo 3.7’de belirtilmiştir. Ön ve arka yüzlerin dökümlülük değerlerinin ortalaması alınarak kumaşın dökümlülük katsayısı D_k belirlenmiştir. Dökümlülük katsayısının artması, kumaşın dökümlülüğünün azaldığını ifade etmektedir. Kumaşa perlit kaplanması ile kumaşların dökümlülüğünün %28 ile %39 arasında azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalmanın ham perlit ile kaplanmış kumaşlarda geliştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşlara göre yaklaşık olarak ortalama %7 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.7 Kumaşların dökümlülük değerleri

Kumaşlar	Ön (%)	Arka (%)	D_k %
İşlem görmemiş kumaş	47,93	50,13	49,03
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	73,76	81,77	77,76
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	82,47	89,14	85,80
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	77,89	86,90	82,39
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	87,17	89,21	88,19

3.2.6 Su Geçirmezlik Testi Sonuçları

Kumaşların su geçirmezlik test sonuçları Tablo 3.8’de verilmiştir. Bu testte artan hidrostatik basınç altında, kumaştan suyun geçme davranışı incelenmektedir. Suyun kumaştan geçebilmesi için gerekli olan su basıncı belirlenmektedir. İşlem görmemiş kumaş ile geliştirilmiş perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaş su ile temas

ettiğinde, suyun kumaşın diğer yüzeyine geçerek hemen ıslandığı görülmüştür. Bu sebeple bu iki kumaşta suyun basıncı arttırılmadan ıslanma olduğu için ölçüm sağlanamamıştır. Sonuçlara bakıldığında ham perlitin çift taraflı kaplandığı kumaş hariç genel olarak diğer kumaşlarda önemli miktarda su geçirmezlik etkisi sağlanamadığı görülmektedir. Ham perlit kaplanmış kumaş, genleştirilmiş perlit kaplanmış kumaştan daha az su geçirmektedir. Genleştirilmiş perlitin yapısındaki küçük boşluklar sebebiyle su daha kolay geçerek yayılmaktadır. Ham perlitte çift taraflı kaplanmış kumaşın su geçirmezliği oldukça artmasına rağmen su geçirmez kumaşlardan beklenen değer in yaklaşık %50'sine ulaşabilmiştir. (Huang ve Leonas, 2000; Jassal, Khungar, Bajaj ve Sinha, 2004).

Tablo 3.8 Kumaşların su geçirmezlik ölçüm sonuçları

Kumaşlar	Su Geçirmezlik (mbar)
İşlem görmemiş kumaş	Ölçülemedi
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Ölçülemedi
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	2,9
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	7,8
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	15,7

3.2.7 Su İticilik – Sprey Testi Sonuçları

Kumaşlara sprej testi uygulandıktan sonra yüzeylerinin ıslanması, AATCC 22 standardına göre hazırlanmış olan standart ıslanma görüntülerine göre kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslamalar sonucu elde edilen kumaşların su iticilik dereceleri Tablo 3.9'da verilmiştir. Bu standarda göre yapılan derecelendirmede, derecelendirme değerinin 0 olması kumaşın hem alt hem de üst yüzeyinin tamamen ıslandığını ifade etmektedir. Derecelendirme değeri 50 (ISO 1) olması durumunda, kumaşın üst yüzeyinin tamamen ıslandığını göstermektedir. Derecelendirme, 70 (ISO 2) olduğu durumda ise kumaşın üst yüzeyinin kısmen ıslandığı belirtilmektedir. Kumaşta sadece sprejin hizasındaki noktaların ıslanması durumunda 80 (ISO 3), rasgele

sadece birkaç ıslanma noktası olması durumunda ise 90 (ISO 4) olarak belirtilmektedir. Kumaşın üst yüzeyinin hiç ıslanmadığı durumda derecelendirme değeri 100 (ISO 5) olarak belirtilmektedir.

Tablo 3.9 Kumaşların su iticilik ölçüm sonuçları

Kumaşlar	Su İticilik Derecelendirmesi
İşlem görmemiş kumaş	0
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	0 – 50 (ISO 1)
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0 – 50 (ISO 1)
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	70 (ISO 2)

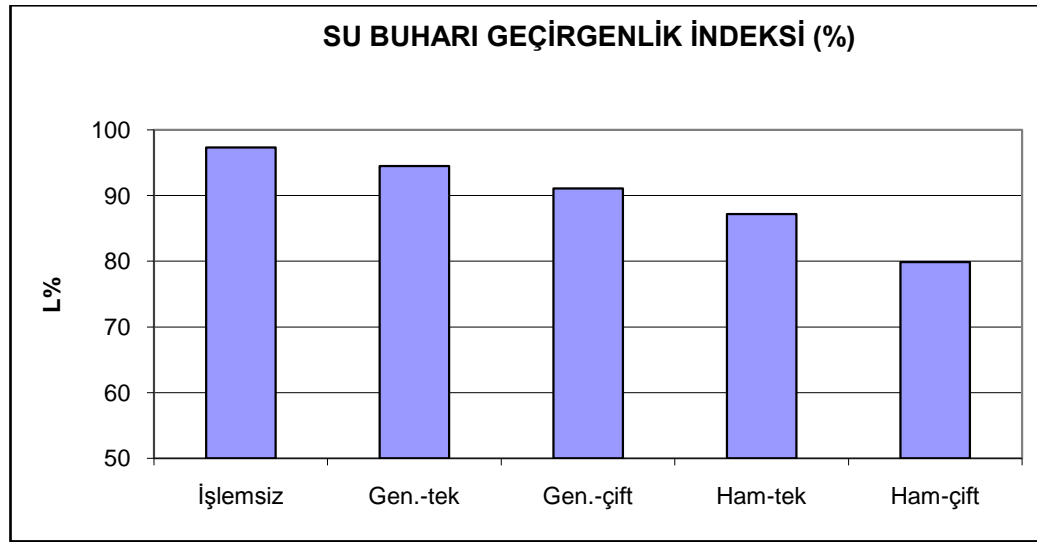
Bu standarda göre yapılan derecelendirmede, işlem görmemiş kumaş ile genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşların alt ve üst yüzeylerinin tamamen ıslandığı ve derecelendirmesinin 0 olduğu görülmüştür. Derecelendirme değeri 50 (ISO 1) olan genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş ile ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşların üst yüzeyinin tamamen ıslandığı belirlenmiştir. Ham perlit ile iki taraflı kaplanmış kumaşın derecelendirmesinin ise 70 (ISO 2) olduğu yani kumaşın üst yüzeyinin kısmen ıslandığı tespit edilmiştir. Tablo 3.9'daki ölçüm sonuçlarına incelendiğinde perlitin az miktarda su iticilik kazandırdığı görülmekle birlikte, kumaşı su itici bir hale getirdiği söylenemez.

3.2.8 Su Buharı Geçirgenliği Sonuçları

Su buharı geçirgenliği ölçümünde, kumaşların su buharı geçirgenliği ($\text{g/m}^2/24\text{saat}$) ile su buharı geçirgenlik indeksi (L %) belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 3.10'da verilmiştir. Su buharı geçirgenlik indeksi, kumaşın su buharı geçirgenliğinin standart referans test kumaşının su buharı geçirgenliğine oranı ile hesaplanmaktadır. Su buharı geçirgenlik indeksi grafiksel olarak Şekil 3.25'te verilmiştir.

Tablo 3.10 Kumaşların su buharı geçirgenliği ve su buharı geçirgenlik indeksi sonuçları

Kumaşlar	Su Buharı Geçirgenliği (g/m ² /24saat)	L %
İşlem görmemiş kumaş	1064	97
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	1033	94
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	996	91
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	953	87
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	873	80



Şekil 3.25 Kumaşların su buharı geçirgenlik indeksi

Tablo 3.10 ve Şekil 3.25'te görüldüğü gibi kumaşın perlit ile kaplanmasıyla su buharı geçirgenliğinde azalma görülmüştür. Çift taraflı kaplamanın tek taraflı kaplamaya göre; ham perlit ile kaplamanın genleştirilmiş perlit ile kaplamaya göre kumaşın su buharı geçirgenliği özelliği üzerindeki azalma etkisi daha fazla olmuştur. İşlem görmemiş kumaşın su buharı indeksinin %97 olduğu yani referans kumaşa göre, su buharını %3 daha az geçirdiği belirlenmiştir. Su buharı geçirgenlik indeksi değeri en düşük olan ham perlit ile çift taraflı kaplanan kumaşın ise su buharını referans kumaşa göre %20 daha az geçirdiği belirlenmiştir. Ham perlit ile tek ve çift taraflı kaplanmış kumaşların su buharını genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşlara göre sırasıyla %7 ve %11 daha az geçirmesinin sebebi genleştirilmiş perlitin

gözenekli yapıya sahip olması sebebi ile su buharını daha fazla geçirmesinden kaynaklanmaktadır.

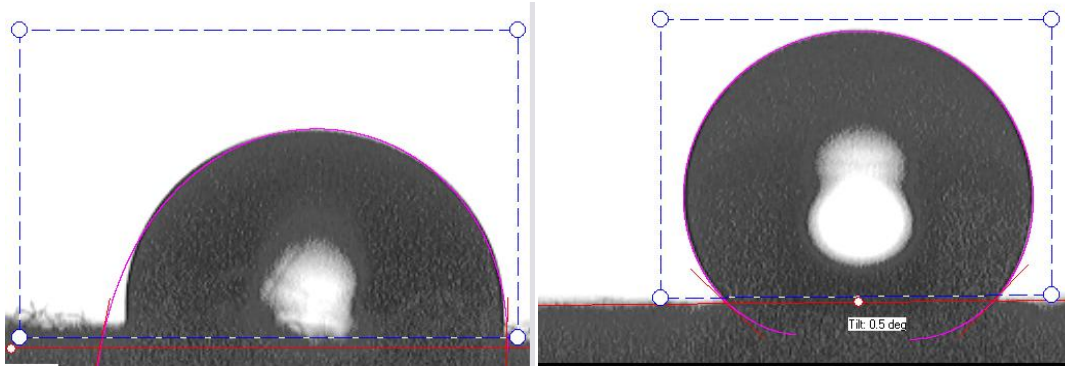
3.2.9 Temas Açısı Ölçüm Sonuçları

Kumaşların temas açısı değerleri Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11 Kumaşların temas açısı ölçüm sonuçları

Kumaşlar	Temas Açısı
İşlem görmemiş kumaş	101°
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	123°
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	118°
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	130°
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	132°

Test sonuçlarına göre perlit ile kaplanmış kumaşların temas açılarının, işlem görmemiş kumaştan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ham perlit ile kaplanarak kumaş yüzeyinin daha hidrofob hale geldiği görülmektedir. 130° ve 132° ile en yüksek temas açısı değerleri ham perlit ile kaplanan kumaşlarda elde edilmiştir. Ham perlit ile kaplanmış kumaşın temas açısı, genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşın temas açısından ortalama olarak yaklaşık 10° daha yüksek olduğu görülmüştür. İşlem görmemiş kumaş ve ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşın, temas açısı ölçümü sırasında kaydedilen görüntüleri Şekil 3.26’da verilmiştir.



Şekil 3.26 İşlem görmemiş kumaş (sol) ve ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşın temas açısı ölçüm görüntüsü

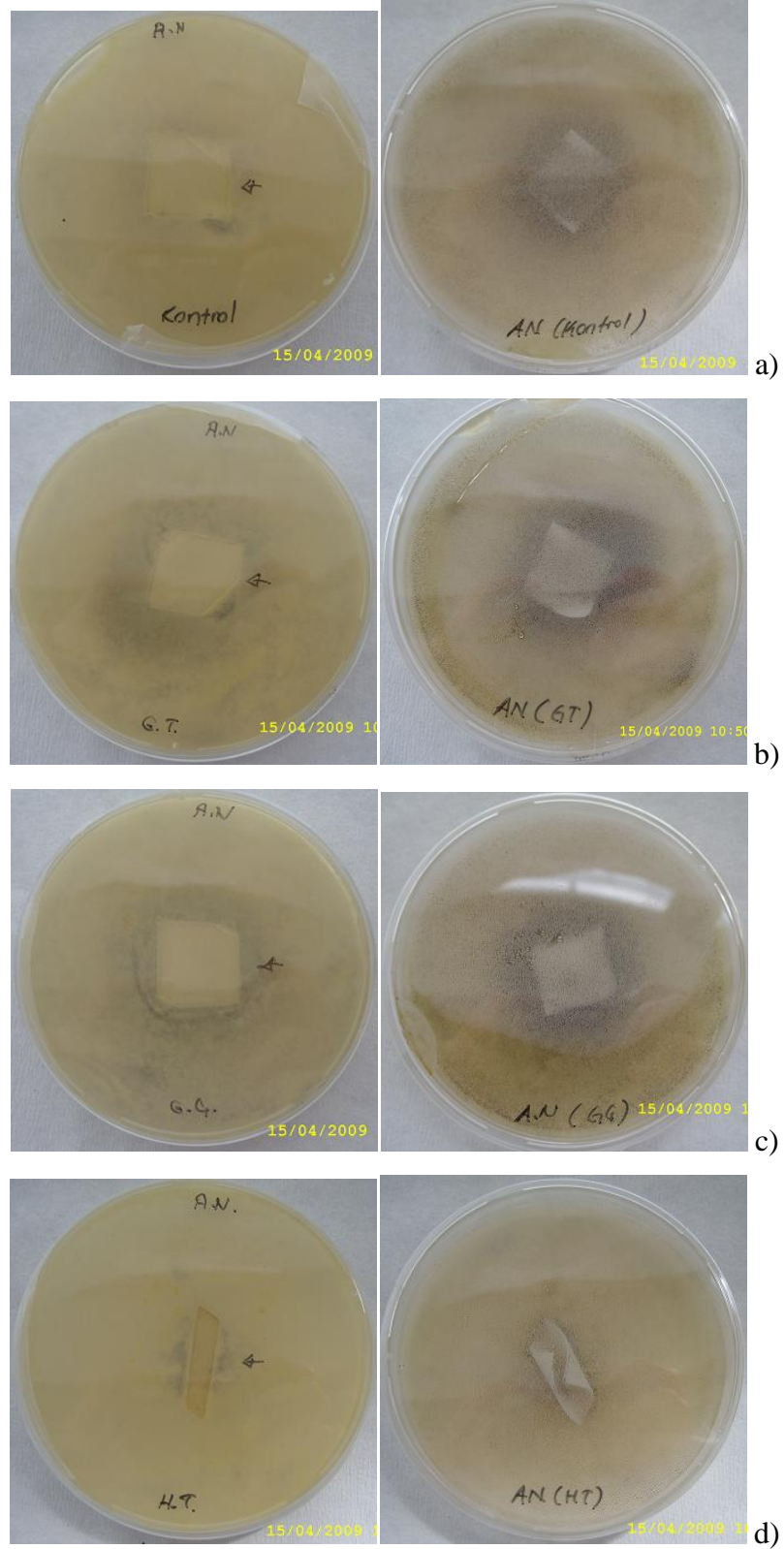
3.3 Diğer Özellikleri ile İlgili Test Sonuçları

3.3.1 Antibakteriyal Özellikle İlgili Test Sonuçları

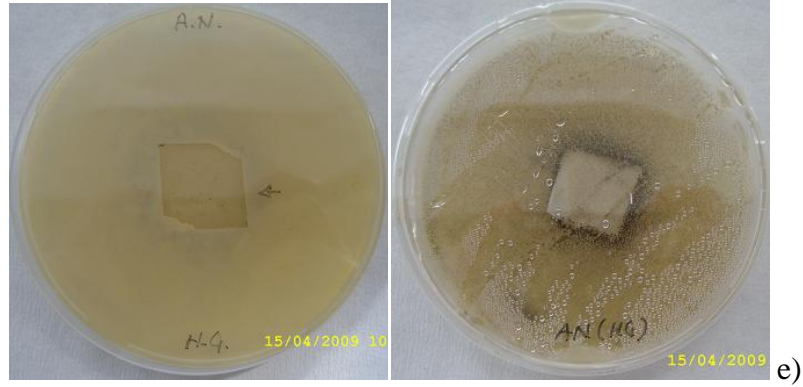
Antibakteriyal özelliğin tespiti için *Aspergillus niger* mantar türü ve *Staphylococcus aureus* gram pozitif bakterisi ile yapılan agar difüzyon testleri sonuçları aşağıda verilmiştir.

3.3.1.1 *Aspergillus Niger* ile Agar Difüzyon Testi Sonuçları

Aspergillus niger ile agar difüzyon testi sonucunda petrilerin önden ve arkadan çekilen görüntüleri Şekil 3.27’de verilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda petrilerdeki kumaşların kenarında ve üzerinde sporların çoğaldığı görülmüş, kumaşların etrafında sporları engelleyen bir bölge oluşumu gözlenmemiştir. Perlit ile kaplamanın kumaşa antifungal bir etki sağlamadığı görülmüştür.



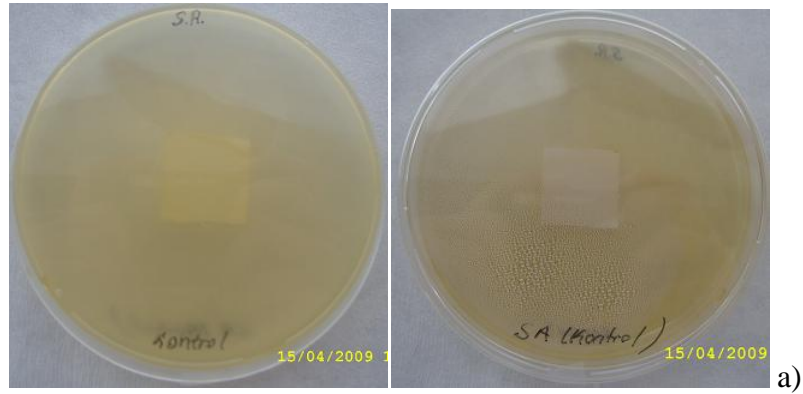
Şekil 3.27 *Aspergillus niger* ile agar difüzyon testi sonucu a) işlem görmemiş kumaş (Kontrol) b) Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş c) Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş d) Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş



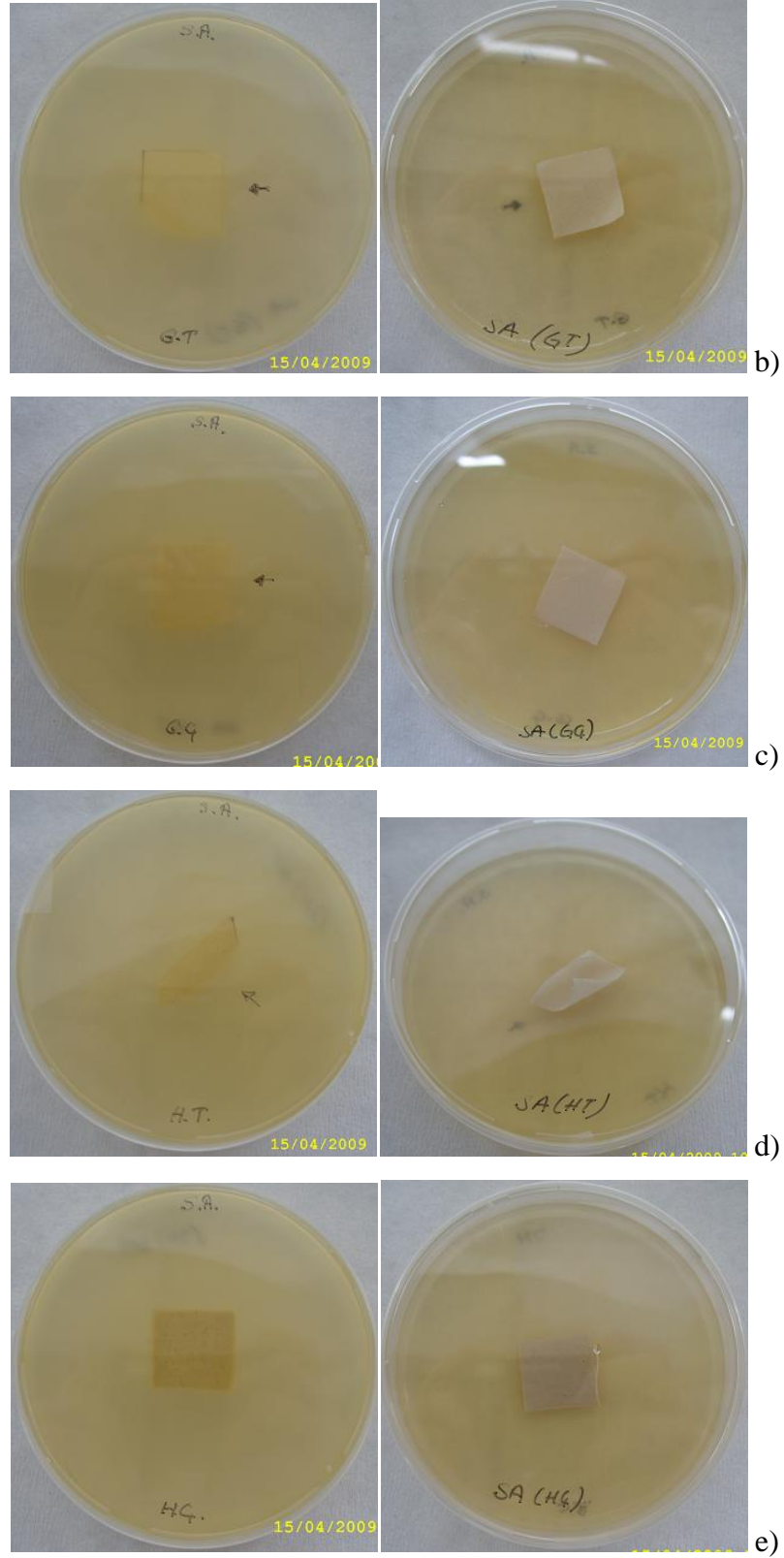
Şekil 3.27'nin devamı *Aspergillus niger* ile agar difüzyon testi sonucu
e) Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş

3.3.1.2 *Staphylococcus Aureus* ile Agar Difüzyon Testi Sonuçları

Staphylococcus aureus ile agar difüzyon testi sonucunda petrilerin önden ve arkadan çekilen görüntüleri Şekil 3.28'te verilmiştir. *Staphylococcus aureus* bakterisinin kumaşların tümünün etrafında çoğaldığı, kumaşların çevresinde çoğalmayı engelleyici bir inhibisyon bölgesinin oluşmadığı görülmüştür. Kumaşların perlit ile kaplanmasının antibakteriyal bakımdan herhangi bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.28 *Staphylococcus Aureus* ile agar difüzyon testi sonucu a)
işlem görmemiş kumaş (Kontrol)



Şekil 3.28'in devamı *Staphylococcus Aureus* ile agar difüzyon testi sonucu a) işlem görmemiş kumaş (Kontrol) b) Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş c) Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış

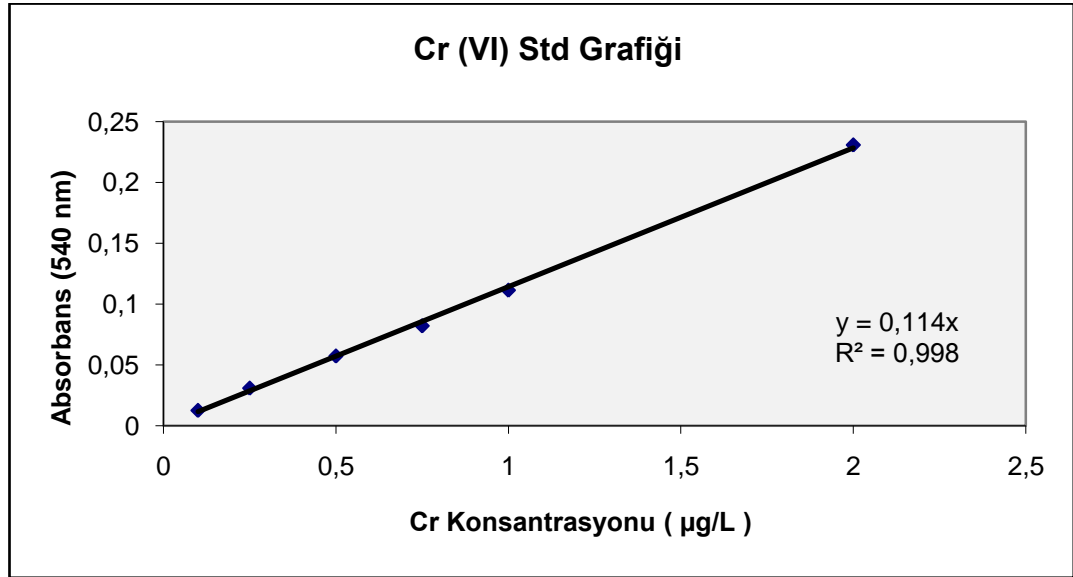
kumaş d) Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş e) Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş

3.3.2 Filtrasyon Alanıyla İlgili Test Sonuçları

Filtrasyon alanı ile ilgili olarak Cr iyonlarının tutuculuğu, tekstil atıksuyunda renk giderimi ve zeytinyağı filtrasyonu sonuçları aşağıda verilmiştir.

3.3.2.1 Cr İyonları Tutuculuğu Sonuçları

Deney öncesinde 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1 ve 2 $\mu\text{g/ml}$ Cr⁶⁺ konsantrasyonları için 540 nm’de absorbans ölçümü yapılarak standart absorbans eğrisi elde edilmiştir. Cr⁶⁺ için hazırlanan standart absorbans eğrisi Şekil 3.29’da verilmiştir.

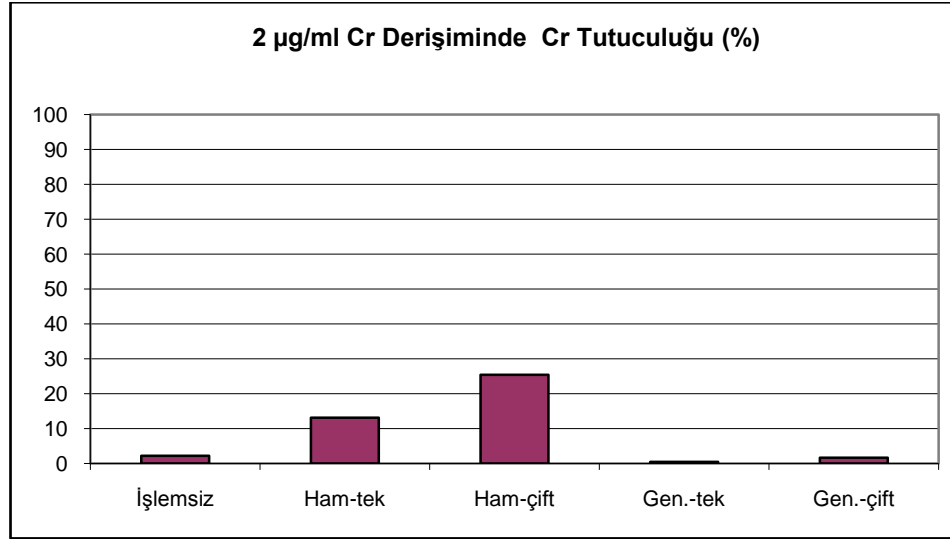


Şekil 3.29 Cr⁶⁺ için standart absorbans eğrisi

2 $\mu\text{g/ml}$ Cr derişimi kullanılarak tüm kumaşlar üzerinde yapılan deneylerin ölçüm sonuçları % Cr tutucuğu olarak Tablo 3.12’de, grafiksel olarak da Şekil 3.30’da verilmiştir.

Tablo 3.12 Kumaşların Cr iyonlarını tutuculuğu (%)

Kumaşlar	% Cr Tutuculuğu
İşlem görmemiş kumaş	2,23
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,51
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	1,72
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	13,09
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	25,45



Şekil 3.30 Kumaşların Cr tutuculuğu grafiği

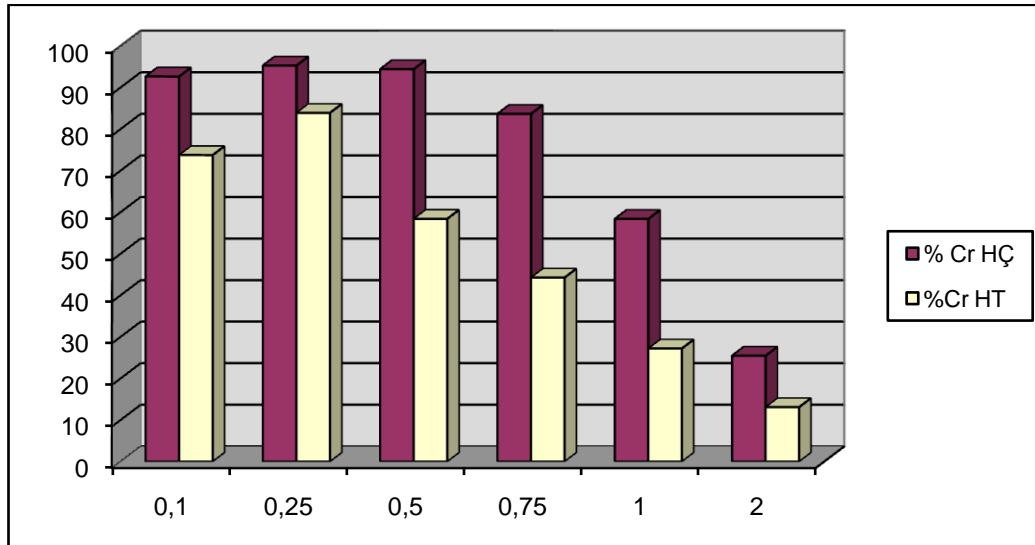
Tablo 3.12 incelendiğinde Şekil 3.30’da görüldüğü üzere, genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşların ve işlemsiz kumaşın Cr tutma özelliğinin bulunmadığı ortaya çıkmıştır. Ham perlit ile tek ve çift taraflı kaplanmış kumaşların ise sırasıyla %13 ve %25 oranlarıyla Cr tutma özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak bu değerin Cr tutma özelliği bakımından yeterli olmadığı kabul edilerek daha düşük konsantrasyonlarda daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmüştür. Bunun için sadece ham perlit ile kaplanmış kumaşlar ile Cr tutma deneylerine devam edilmiştir.

0,1 ile 2 µg/ml arasında değişen farklı konsantrasyonlardaki Cr iyonları ile tek taraflı ve çift taraflı olarak ham perlit ile kaplanmış kumaş örneklerinden elde edilen

ölçüm sonuçları tablo halinde Tablo 3.13'te, grafiksel olarak Şekil 3.31'de verilmiştir.

Tablo 3.13 Farklı Cr derişimlerinde kumaşların Cr tutuculuğu (%)

Cr Derişimi ($\mu\text{g/ml}$)	% Cr Tutuculuğu	
	Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş
0,10	73,73	92,64
0,25	83,89	95,27
0,50	58,4	94,4
0,75	44,25	83,65
1,00	27,19	58,37
2,00	13,09	25,46

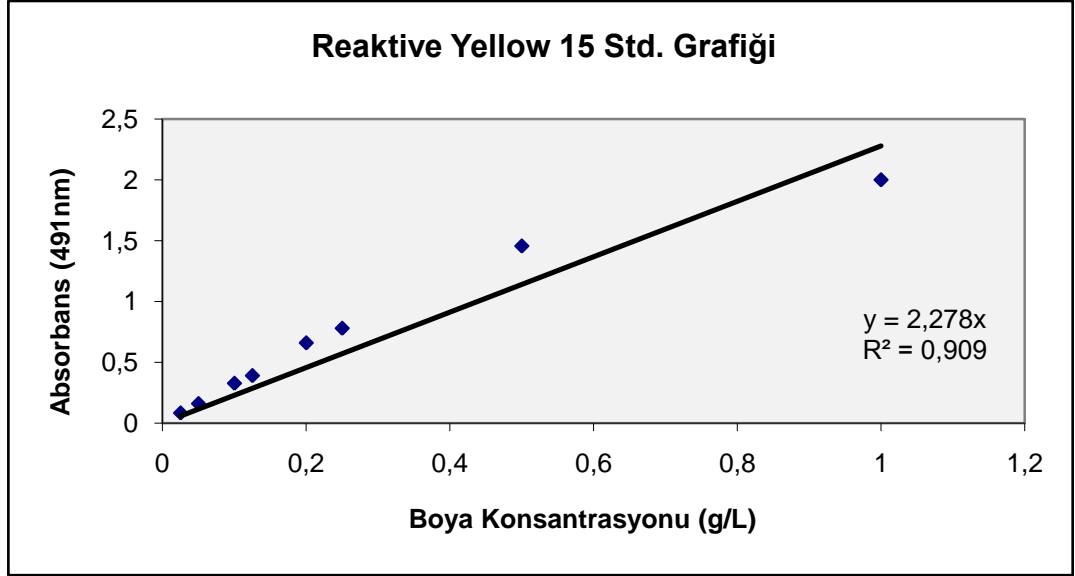


Şekil 3.31 Değişik derişimlerde kumaşların Cr tutuculuğu grafiği

Cr konsantrasyonu düştükçe kumaşların Cr tutuculuk %'lerinin arttığı görülmektedir. Özellikle 0,5 $\mu\text{g/ml}$ ve daha az derişimlerde %90'ın üzerinde tutuculuk elde edilmiştir. İki taraflı kaplanmış kumaşlar tek taraflı kaplanmışlara göre daha fazla tutuculuk sağlamışlardır. Sonuç olarak düşük konsantrasyonlarda ham perlit ile kaplanmış kumaşların Cr iyonlarını tuttuğu söylenebilir.

3.3.2.2 Tekstil Atık Suyunda Renk Giderimi Sonuçları

Renk giderimi deneylerinde kullanılan Reaktif yellow 15 boyarmaddesinin 491 nm dalga boyundaki standart absorbans eğrisi Şekil 3.32’de verilmiştir.



Şekil 3.32 Reaktif yellow 15 boyarmaddesinin standart absorbans eğrisi

Laboratuvar ortamında hazırlanan tekstil atık suyunun filtre işlemi vakum pompası kullanılarak ve membran filtrasyon sisteminde olmak üzere iki ayrı metotla yapılmıştır. Vakum pompası kullanılan metotta kumaşların tümü üzerinde filtrasyon yapılırken, membran filtrasyon sisteminde sadece perlit ile iki tarafı kaplanmış kumaşlarda filtrasyon yapılmıştır. Filtre işlemleri sonucu her iki metotla elde edilen renk giderim yüzdeleri Tablo 3.14’te verilmiştir.

Tüm kumaşların renk giderimi yüzdelerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla perlit ile kaplanmış kumaşların renk gideriminde etkinliğinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 3.14 Kumaşların renk giderim yüzdeleri

Kumaşlar	Renk Giderimi (%)	
	Vakum pompası ile yapılan	Membran filtrasyon sisteminde yapılan
İşlem Görmemiş Kumaş	0,8	Yapılmadı
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0	Yapılmadı
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,8	2,6
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0	Yapılmadı
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	0	2,6

3.3.2.3 Zeytinyağı Filtrasyonu Sonuçları

Filtre edilmiş ve filtre edilmemiş zeytinyağlarının serbest yağ asitliği (% oleik asit cinsinden), özgül soğurma değerleri (232 ve 274 nm'de) ve rengi Tablo 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.15 Kumaşlar ile filtre edilen ve edilmeyen zeytinyağlarının ölçüm sonuçları

Zeytinyağları	Asit	E ₂₃₂	E ₂₇₀	Renk
Filtre Edilmemiş Yağ	13,3	3,736	0,917	8 sarı; 0,9 kırmızı
İşlem Görmemiş Kumaş ile Filtre Edilmiş Yağ	12,9	3,773	0,893	7 sarı; 0,8 kırmızı
Gen. Perlit ile Tek Taraflı Kap. Kumaş ile Filtre Edilmiş Yağ	12,9	3,838	0,876	5 sarı; 0,5 kırmızı
Gen. Perlit ile Çift Taraflı Kap. Kumaş ile Filtre Edilmiş Yağ	12,9	3,915	0,894	5 sarı; 0,5 kırmızı
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kap. Kumaş ile Filtre Edilmiş Yağ	12,9	3,818	0,904	6 sarı; 0,6 kırmızı
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kap. Kumaş ile Filtre Edilmiş Yağ	12,9	3,781	0,893	5 sarı; 0,5 kırmızı

Zeytinyağında asit değerinin düşmesi yağın kalitesini arttırmakta, asit değerinin artması ise yağın kalitesini düşürmektedir. Perlit ile kaplanmış kumaşlarda asit değerinde bir artış olmadığı görülmüştür. Filtre edilmemiş yağın asit değeri 13,3 iken filtre edilen yağların asidinin 12,9 olduğu belirlenmiştir. Asitteki bu az miktardaki

azalma selülozun, zeytinyağı içindeki nemi emerek zeytinyağından uzaklaştırmasından kaynaklanmaktadır.

Filtre edilmiş yağlar ile filtre edilmemiş yağın E_{232} ve E_{270} özgül soğurma değerleri arasında önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Özgül soğurma değerlerinin artması yağın oksidasyona uğraması yani kalitesinin bozulması anlamına gelmektedir. Filtre işlemi sırasında zeytinyağında oksidasyona bağlı bir bozulma olmadığı tespit edilmiştir.

Zeytinyağlarının renk değerleri incelendiğinde parlaklık ve berraklık açısından perlit ile kaplanmış kumaşlarla filtre edilen yağlarda fark olduğu görülmüştür. Perlit ile kaplanmış kumaşların zeytinyağının tortusunu alarak rengini berraklaştırdığı belirlenmiştir. Sonuç olarak perlit ile kaplanmış kumaşlarla filtrasyon işleminin, zeytinyağının kalite parametrelerinden olan serbest yağ asitliği ile E_{232} ve E_{270} değerlerinde herhangi bozulma yaratmadan zeytinyağının parlaklığını ve berraklığını arttırdığı söylenebilir.

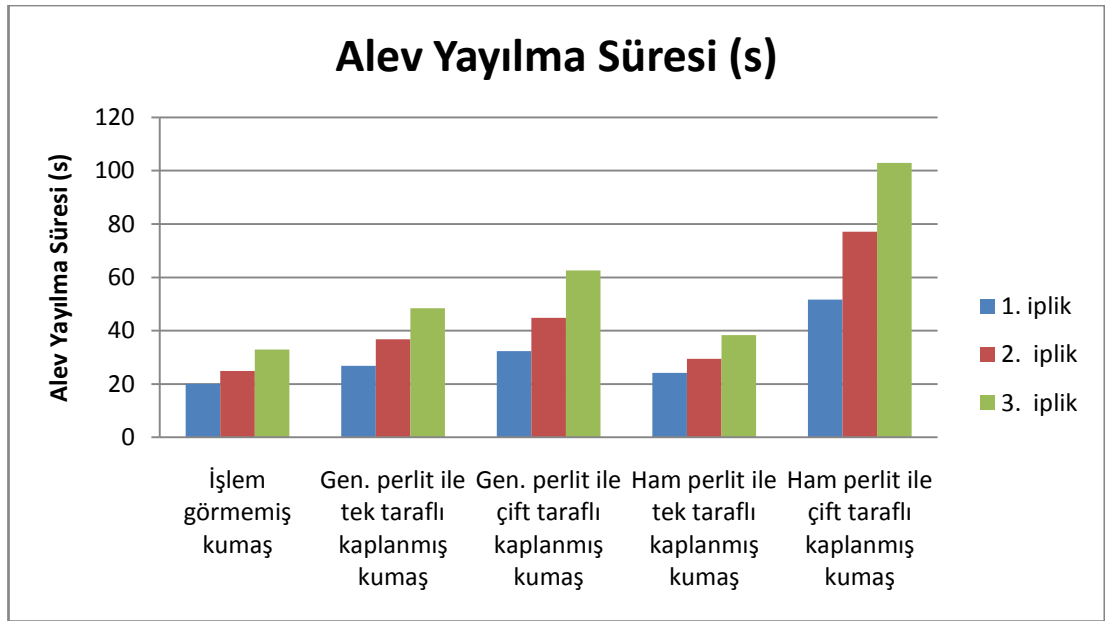
3.3.3 Yanma ve Isıya Karşı Koruyuculuk ile İlgili Test Sonuçları

3.3.3.1 Dikey Yakma Testi Sonuçları

Kumaşların, TS EN ISO 6941 standardına göre dikey yakma testi sonucu elde edilen alev yayılma süreleri, atkı ve çözü için ayrı ayrı 1., 2. ve 3. ipliğin kopuş süreleri olarak Tablo 3.16'da verilmiştir. Atkı ve çözü için ayrı ayrı belirlenmiş olan alev yayılma sürelerinin ortalaması ise her 3 iplik için Şekil 3.33'te görülmektedir.

Tablo 3.16 Dikey yakma test sonuçları

Kumaşlar		Alev Yayılma Süresi (s)		
		1. iplik	2. iplik	3. iplik
İşlem Görmemiş Kumaş	Atkı	19,6	24,6	32
	Çözüğü	20,5	25,2	33,8
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	29,6	44,1	60
	Çözüğü	24	29,5	36,8
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	33,2	47,7	65,6
	Çözüğü	31,5	42	59,6
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	23,3	28,8	40
	Çözüğü	25	30	36,7
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	50,6	73,3	107,6
	Çözüğü	52,7	80,9	98,4



Şekil 3.33 Kumaşların dikey halde alev yayılma süresi grafiği

Perlit ile kaplamanın alev yayılma sürelerini arttırdığı görülmüştür. Genleştirilmiş perlit ile kaplanan kumaşların alev yayılma sürelerinin işlem görmemiş kumaşın sürelerinin yaklaşık 2 katı olduğu belirlenmiştir. Özellikle ham perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaşta alev yayılma süresine perlitin etkisinin ne kadar fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşın alev yayılma

süresi, işlem görmemiş kumaşın alev yayılma süresinin yaklaşık 3 katından fazla olduğu görülmüştür. Tablo 3.16’da perlitin etkisinin 1., 2. ve 3. ipliğin alev yayılma sürelerine etkisini istatistiksel olarak belirlemek amacıyla %95 güven seviyesinde varyans analizi sonuçları yer almaktadır. Tablo 3.17’de görüldüğü üzere kumaş tipinin her 3 iplikte de alev yayılma süresi üzerinde %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Sig.<0,05). Perlitin, kumaşın alev yayılma davranışına etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 3.17 Dikey yakma testi varyans analizi sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
1. İplik	Kumaş Tipi	1830,028	4	457,507	84,954	,000
	Hata	53,853	10	5,385		
	Genel	16317,488	15			
2. İplik	Kumaş Tipi	5153,557	4	1288,389	299,402	,000
	Hata	43,032	10	4,303		
	Genel	32409,895	15			
3. İplik	Kumaş Tipi	9625,805	4	2406,451	142,380	,000
	Hata	43,032	10	4,303		
	Genel	58112,907	15			

Kumaşların birbirleriyle ikili karşılaştırmaları, 1. iplik, 2. iplik ve 3. iplik kopuş süreleri için sırasıyla Tablo 3.18, Tablo 3.19 ve Tablo 3.20’de verilmiştir. Burada (I) ve (J) sütunları kumaşları ifade etmektedir. Kumaş isimleri şöyle kısaltılmıştır:

- İ.G. : İşlem görmemiş kumaş,
H.T. : Ham perlit ile tek tarafı kaplanmış kumaş
H.Ç. : Ham perlit ile çift tarafı kaplanmış kumaş
G.T. : Genleştirilmiş perlit ile tek tarafı kaplanmış kumaş
G.Ç. : Genleştirilmiş perlit ile çift tarafı kaplanmış kumaş

Tablo 3.18 Kumaşların 1. İplik alev yayılma süresi açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (I)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-6,910(*)	1,895	,004
	G.Ç.	-12,290(*)	1,895	,000
	H.T.	-4,093	1,895	,056
	H.Ç.	-31,565(*)	1,895	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	6,910(*)	1,895	,004
	G.Ç.	-5,380(*)	1,895	,018
	H.T.	2,817	1,895	,168
	H.Ç.	-24,655(*)	1,895	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	12,290(*)	1,895	,000
	G.T.	5,380(*)	1,895	,018
	H.T.	8,197(*)	1,895	,001
	H.Ç.	-19,275(*)	1,895	,000
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	4,093	1,895	,056
	G.T.	-2,817	1,895	,168
	G.Ç.	-8,197(*)	1,895	,001
	H.Ç.	-27,472(*)	1,895	,000
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	31,565(*)	1,895	,000
	G.T.	24,655(*)	1,895	,000
	G.Ç.	19,275(*)	1,895	,000
	H.T.	27,472(*)	1,895	,000

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Tablo 3.19 Kumaşların 2. iplik alev yayılma süresi açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (I)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-11,935(*)	1,694	,000
	G.Ç.	-19,938(*)	1,694	,000
	H.T.	-4,405(*)	1,694	,026
	H.Ç.	-52,190(*)	1,694	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	11,935(*)	1,694	,000
	G.Ç.	-8,003(*)	1,694	,001
	H.T.	7,530(*)	1,694	,001
	H.Ç.	-40,255(*)	1,694	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	19,938(*)	1,694	,000
	G.T.	8,003(*)	1,694	,001
	H.T.	15,533(*)	1,694	,000
	H.Ç.	-32,252(*)	1,694	,000
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	4,405(*)	1,694	,026
	G.T.	-7,530(*)	1,694	,001
	G.Ç.	-15,533(*)	1,694	,000
	H.Ç.	-47,785(*)	1,694	,000
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	52,190(*)	1,694	,000
	G.T.	40,255(*)	1,694	,000
	G.Ç.	32,252(*)	1,694	,000
	H.T.	47,785(*)	1,694	,000

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Tablo 3.20 Kumaşların 3. iplik alev yayılma süresi açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (İ)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-15,498(*)	3,357	,001
	G.Ç.	-29,697(*)	3,357	,000
	H.T.	-3,938	3,357	,268
	H.Ç.	-70,103(*)	3,357	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	15,498(*)	3,357	,001
	G.Ç.	-14,198(*)	3,357	,002
	H.T.	11,560(*)	3,357	,006
	H.Ç.	-54,605(*)	3,357	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	29,697(*)	3,357	,000
	G.T.	14,198(*)	3,357	,002
	H.T.	25,758(*)	3,357	,000
	H.Ç.	-40,407(*)	3,357	,000
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	3,938	3,357	,268
	G.T.	-11,560(*)	3,357	,006
	G.Ç.	-25,758(*)	3,357	,000
	H.Ç.	-66,165(*)	3,357	,000
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	70,103(*)	3,357	,000
	G.T.	54,605(*)	3,357	,000
	G.Ç.	40,407(*)	3,357	,000
	H.T.	66,165(*)	3,357	,000

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

İkili karşılaştırma tabloları incelendiğinde; 1. ve 3. iplik alev yayılma süresi için, işlem görmemiş kumaş ile ham perlit ile tek tarafı kaplanmış kumaş arasında, %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca geliştirilmiş perlit ve ham perlit ile tek tarafı kaplanmış kumaşların birbiri arasında 1. iplik alev yayılma süresi açısından istatistiksel olarak fark olmadığı, 2. ve 3. iplik alev yayılma sürelerinin ise %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. Belirtilen bu durumlar haricinde, kumaşların birbiri arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir.

3.3.3.2 Yatay Yakma Testi Sonuçları

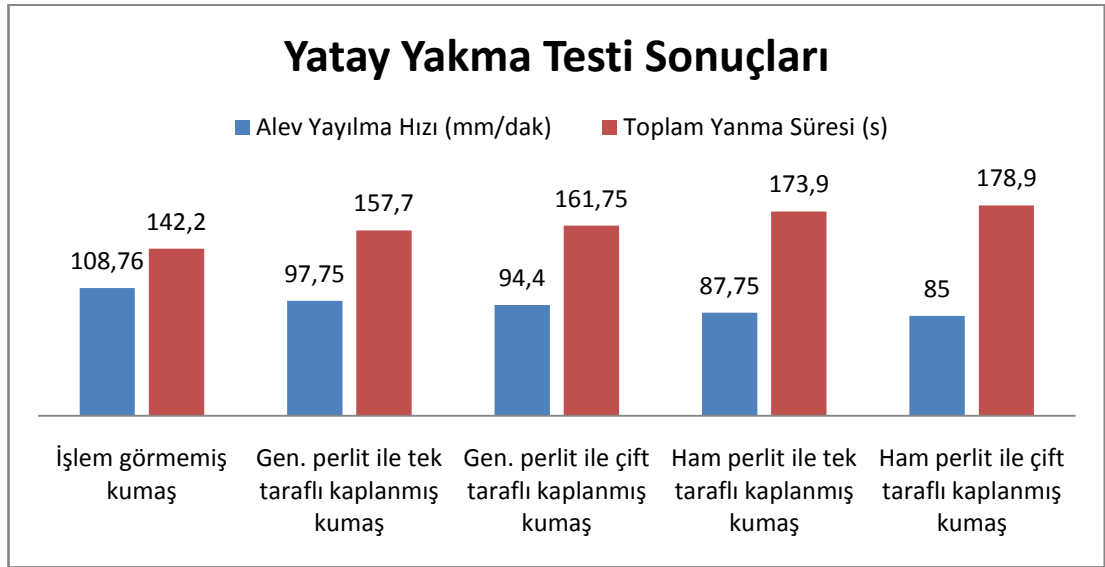
Kumaşların TS 6346 standardına göre yatay yakma test sonuçları, alev yayılma hızı (mm/dak) ve toplam yanma süresi (s) olarak atkı ve çözgü için ayrı ayrı Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.21 Yatay yakma test sonuçları

Kumaşlar		Alev Yayılma Hızı (mm/dak)	Toplam Yanma Süresi (s)
İşlem Görmemiş Kumaş	Atkı	105,6	146,9
	Çözgü	111,92	137,5
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	93,3	165,5
	Çözgü	102,2	149,9
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	91,7	166,6
	Çözgü	97,1	156,9
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	87,4	174,6
	Çözgü	88,1	173,2
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Atkı	81	186,1
	Çözgü	89	171,7

Yatay yakma test sonuçlarındaki atkı ve çözgü değerlerinin ortalaması alınarak hazırlanan alev yayılma hızı ve toplam yanma süresi grafiği Şekil 3.34’te görülmektedir. Grafikte soldan sağa doğru yani işlem görmemiş kumaştan ham perlit

ile çift taraflı kaplanmış kumaşa doğru gittikçe alev yayılma hızının kademeli olarak düştüğü, toplam yanma süresinin de kademeli olarak arttığı görülmektedir. Tablo 3.22’de yatay yakma testi varyans analizi sonuçları verilmiştir. Hem alev yayılma hızı hem de toplam yanma süresi üzerinde kumaş tipinin %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu (Sig.<0,05) belirlenmiştir. Perlitin aleve karşı dayanım özelliği pamuklu kumaşın alev yayılma hızını düşürüp, toplam yanma süresini arttırarak yanma davranışını değiştirmiştir.



Şekil 3.34 Kumaşların yatay yakma testi sonuçları grafiği

Tablo 3.22 Yatay yakma testi varyans analizi sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Alev Yayılma Hızı	Kumaş Tipi	1700,859	4	425,215	7,915	,001
	Hata	1074,470	20	53,724		
	Genel	227612,518	25			
Toplam Yanma Süresi	Kumaş Tipi	4170,181	4	1042,545	9,551	,000
	Hata	2183,068	20	109,153		
	Genel	669616,898	25			

Kumaşların birbirleriyle karşılaştırmaları, alev yayılma hızı ve toplam yanma süresi için sırasıyla Tablo 3.23 ve Tablo 3.24'te verilmiştir.

Tablo 3.23 Kumaşların alev yayılma hızı açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (İ)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	10,960(*)	4,636	,028
	G.Ç.	14,350(*)	4,636	,006
	H.T.	21,020(*)	4,636	,000
	H.Ç.	23,250(*)	4,636	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-10,960(*)	4,636	,028
	G.Ç.	3,390	4,636	,473
	H.T.	10,060(*)	4,636	,042
	H.Ç.	12,290(*)	4,636	,015
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-14,350(*)	4,636	,006
	G.T.	-3,390	4,636	,473
	H.T.	6,670	4,636	,166
	H.Ç.	8,900	4,636	,069
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-21,020(*)	4,636	,000
	G.T.	-10,060(*)	4,636	,042
	G.Ç.	-6,670	4,636	,166
	H.Ç.	2,230	4,636	,636
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-23,250(*)	4,636	,000
	G.T.	-12,290(*)	4,636	,015
	G.Ç.	-8,900	4,636	,069
	H.T.	-2,230	4,636	,636

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Tablo 3.24 Kumaşların toplam yanma süresi açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (İ)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-15,480(*)	6,608	,030
	G.Ç.	-19,570(*)	6,608	,008
	H.T.	-31,730(*)	6,608	,000
	H.Ç.	-36,680(*)	6,608	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	15,480(*)	6,608	,030
	G.Ç.	-4,090	6,608	,543
	H.T.	-16,250(*)	6,608	,023
	H.Ç.	-21,200(*)	6,608	,004
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	19,570(*)	6,608	,008
	G.T.	4,090	6,608	,543
	H.T.	-12,160	6,608	,081
	H.Ç.	-17,110(*)	6,608	,018
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	31,730(*)	6,608	,000
	G.T.	16,250(*)	6,608	,023
	G.Ç.	12,160	6,608	,081
	H.Ç.	-4,950	6,608	,463
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	36,680(*)	6,608	,000
	G.T.	21,200(*)	6,608	,004
	G.Ç.	17,110(*)	6,608	,018
	H.T.	4,950	6,608	,463

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

İkili karşılaştırma tabloları incelendiğinde hem alev yayılma hızı hem de toplam yanma süresi için işlem görmemiş kumaş ile perlitle kaplanmış kumaşlar arasındaki farkın %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. (Sig.< 0,05). Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış olan kumaş ile çift taraflı kaplanmış olan kumaş arasında, ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş ile çift taraflı kaplanmış kumaş arasında hem alev yayılma hızı hem de toplam yanma süresi %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir (Sig.> 0,05).

3.3.3.3 Eğik Yakma Testi Sonuçları

Kumaşların ASTM D 1230'a göre 45° eğik yakma testi sonucu elde edilen ortalama alev yayılma süresi ve bu süreye karşılık gelen sınıflandırma değeri Tablo 3.25'te verilmiştir.

Tablo 3.25 Eğik yakma test sonuçları

Kumaşlar	Alev yayılma süresi (s)	Sınıflandırma
İşlem görmemiş kumaş	67,02	Sınıf I
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	65,70	Sınıf I
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	84,52	Sınıf I
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	108,82	Sınıf I
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	151,07	Sınıf I

Kumaşların tümünün Sınıf I'e dahil oldukları yani kumaşların konfeksiyon ürünü olarak kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir. Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşın dışında perlit ile kaplanmış tüm kumaşlarda alev yayılma süresinin arttığı görülmüştür. Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış 5 kumaş örneğinden 2'sinin test sırasında hiç tutuşmadığı, bu kumaş için tutuşan diğer 3 örneğin alev yayılma süresinin ortalaması alınmıştır. Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş ve ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşın alev yayılma

sürelerinin işlem görmemiş kumaştan sırasıyla %27 ve %63 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşın alev yayılma süresinin, işlem görmemiş kumaşın alev yayılma süresinin yaklaşık 2,3 katı olduğu tespit edilmiştir. Kumaş tipinin, alev yayılma süresi üzerinde etkisinin olup olmadığını araştırmak üzere yapılan varyans analizi sonucu kumaş tipinin alev yayılma süresi üzerindeki etkisinin %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3.26’da eğik yakma testi için yapılan varyans analizi sonucu verilmiştir.

Tablo 3.26 Eğik yakma testi varyans analizi sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Alev Yayılma Süresi	Kumaş Tipi	18045,942	4	4511,486	25,129	,000
	Hata	3052,111	17	179,536		
	Genel	206167,000	22			

Alev yayılma süresi açısından kumaşların ikili karşılaştırmaları Tablo 3.27’de verilmiştir. %95 güven seviyesinde işlem görmemiş kumaş ve genişletilmiş perlit ile tek ve çift taraflı olarak kaplanmış kumaşlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Ham perlit ile tek taraflı ve çift taraflı olarak kaplanmış kumaşların hem birbirleriyle hem de diğer kumaşlarla aralarındaki farkın %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.27 Kumaşların alev yayılma süresi açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (İ)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	1,320	8,988	,885
	G.Ç.	-17,500	8,474	,055
	H.T.	-41,800(*)	8,474	,000
	H.Ç.	-84,047(*)	9,785	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-1,320	8,988	,885
	G.Ç.	-18,820	8,988	,052
	H.T.	-43,120(*)	8,988	,000
	H.Ç.	-85,367(*)	10,234	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	17,500	8,474	,055
	G.T.	18,820	8,988	,052
	H.T.	-24,300(*)	8,474	,011
	H.Ç.	-66,547(*)	9,785	,000
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	41,800(*)	8,474	,000
	G.T.	43,120(*)	8,988	,000
	G.Ç.	24,300(*)	8,474	,011
	H.Ç.	-42,247(*)	9,785	,000
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	84,047(*)	9,785	,000
	G.T.	85,367(*)	10,234	,000
	G.Ç.	66,547(*)	9,785	,000
	H.T.	42,247(*)	9,785	,000

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

3.3.3.4 LOI (Limiting Oxygen Index) Ölçüm Sonuçları

ASTM D 2863-77 standardına göre yapılan ölçümler sonucu elde edilen LOI değerleri Tablo 3.28’de verilmiştir.

Tablo 3.28 Kumaşların LOI (%) değerleri

Kumaşlar	LOI (%)
İşlem görmemiş kumaş	19,0
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	19,8
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	19,8
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	19,8
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	20,6

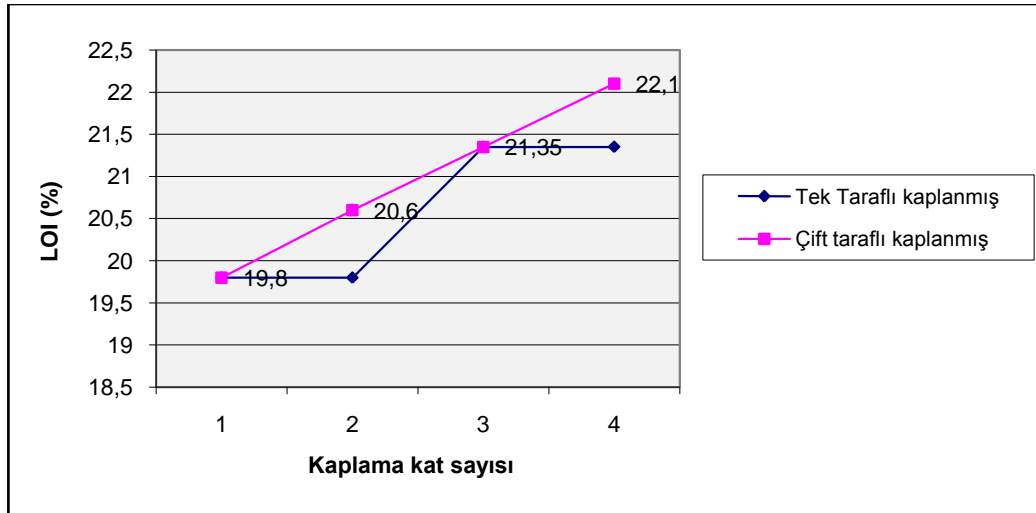
Pamuklu kumaş kolay yanabilen bir malzeme olup LOI değerinin %19 olduğu görülmektedir. Perlit ile kaplanmış kumaşlarda LOI değeri %20,6’ya kadar çıkmıştır. Yakma testlerinde elde edilen iyi sonuçlar LOI ölçümlerinde elde edilememiştir. Perlitin kumaşın yanıcılığına önemli bir etkisi olmasa da kumaşın alev yayılma hızı, alev yayılma süresi ve toplam yanma süresi üzerindeki etkisi ile kumaşın yanma davranışını değiştirdiği söylenebilir.

Kaplama kat sayısının LOI değerine etkisi araştırılmış bunun için ham perlit ile kaplama düzeneğinde tek taraflı ya da çift taraflı olarak 4 kata kadar kaplanan kumaşların LOI ölçüm sonuçları Tablo 3.29’da verilmiştir.

Tablo 3.29 Kaplama düzeneğinde 4 kata kadar kaplanan kumaşların LOI (%) değerleri

Kumaşlar	LOI (%)
Tek tarafı 1 kat kaplanmış	19,8
Tek tarafı 2 kat kaplanmış	19,8
Tek tarafı 3 kat kaplanmış	21,35
Tek tarafı 4 kat kaplanmış	21,35
Çift tarafı 1'er kat kaplanmış	19,8
Çift tarafı 2'şer kat kaplanmış	20,6
Çift tarafı 3'er kat kaplanmış	21,35
Çift tarafı 4'er kat kaplanmış	22,1

Kumaşların LOI değerleri incelendiğinde kat sayısı arttıkça LOI değerinde de artış olduğu görülmektedir. Çift taraflı kaplanmış kumaşlarda kat sayısının artması ile LOI değerleri arasında doğrusal bir artış olduğu Şekil 3.35'te gösterilmiştir.



Şekil 3.35 Kaplama kat sayısı ile LOI arasındaki ilişki grafiği

LOI değeri %20,95'ten küçük olan malzemeler havada kolayca yanabilmektedir. Diğer taraftan LOI değeri %21'den büyük olan malzemeler tutuşturma kaynağı uzaklaştırıldığında alevi azaltabilmektedirler. Birçok araştırmacı LOI değerinin

%28'den büyük olan malzemelerin güç tutuşur olduğunu belirtirken (Horrocks, Tunc ve Price, 1989; Chen, Zheng, Ye ve Zheng, 2006), LOI değeri %21 ile %28 değerleri arasındaki malzemelerin yavaş yanıcı olarak nitelendirilebileceği belirtilmiştir (Fenimore,1975). Bu noktadan hareketle ham perlit ile iki yüzeyinden kaplanmış kumaşlar yavaş yanıcı olarak nitelendirilebilir. LOI ölçümleri sırasında perlit ile kaplanmış kumaşlarda alevin çok yavaş ilerlediği ve yanma zamanının kat sayısı arttıkça gittikçe yükseldiği gözlemlenmiştir. Yanma sonrasında işlem görmemiş pamuklu kumaştan herhangi bir kalıntı kalmazken, perlit ile kaplanmış kumaşlardan geriye kalan kalıntıda kumaş yapısının korunduğu gözlenmiştir.

3.3.3.5 Radyan Isıya Karşı Koruma Testi Ölçüm Sonuçları

TS EN ISO 6942:2007'ye uygun olarak radyan ısıya maruz bırakılan kumaşların ısı transfer indisleri $RHTI_{24}-RHTI_{12}$, $RHTI_{24}$ ve aktarılan ısı yoğunluğu Q_c ile ısı aktarma etkeni TF değerleri Tablo 3.30'da verilmiştir. Ölçümler için 21 kW/m^2 ısı akı yoğunluğu seçilmiştir ancak cihaz üzerinde yapılan denemeler sonucu gelen ısı akı yoğunluğunu $20,8 \text{ kW/m}^2$ değerine ayarlamak mümkün olmuştur. Bu sebeple TF'nin hesaplanmasında $20,8 \text{ kW/m}^2$ değeri kullanılmıştır.

Tablo 3.30 Radyan ısıya karşı koruma testi sonuçları

Kumaşlar	$RHTI_{24}-RHTI_{12}$ (s)	$RHTI_{24}$ (s)	Q_c (kW/m^2)	$TF_{(20,8)}$
İşlem görmemiş kumaş	5,6	11,4	11,8	0,57
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	6,9	14	9,5	0,46
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	9	17,5	7,3	0,35
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	6,4	13,5	10,3	0,50
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	7,5	16,2	8,9	0,43

Ölçüm başladıktan sonra kalorimetrenin sıcaklığının $24 \text{ }^\circ\text{C}$ artması için geçen süre olan $RHTI_{24}$ değerleri incelendiğinde perlit ile kaplanmış kumaşların bu süreyi arttırdığı görülmektedir. $RHTI_{24}-RHTI_{12}$ değerinde de aynı durum söz konusudur.

Çift taraflı kaplanmış olan kumaşlarda bu artış tek taraflı kaplanmış olan kumaşlara göre daha fazladır. Çift taraflı kaplanmış kumaşlarda elde edilen $RHTI_{24}$ değerleri 17,5 s ve 16,2 s olup, Shekar ve diğer.'in tek katlı dokuma kumaş için aynı koşullarda yaptıkları ölçümlerde elde edilen ve oldukça yüksek olarak nitelendirilen 15,95 s değerinden daha yüksektir. Özellikle geliştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşın tek katlı bir kumaş olması göz önünde bulundurulduğunda, radyan ısıya karşı oldukça iyi koruyuculuk sağladığı söylenebilir. EN 469'a göre itfaiyeci giysilerinde dış katman, nem bariyeri ve termal bariyer gibi en az üç kumaşın birleşiminden oluşan yapının 40 kW/m^2 'lik ısı akısı karşısında $RHTI_{24}$ değerinin performans seviyesi 1 için en az 10 s, performans seviyesi 2 için de en az 18 s olması gerekmektedir. Kumaşların ısı aktarma etkeni TF, aktarılan ısı akı yoğunluğunun gelen ısı akı yoğunluğuna oranıdır. Tablo 3.30'daki TF değerleri incelendiğinde kaplanmış kumaşların TF değerlerinin işlem görmemiş kumaştan daha düşük olduğu yani ısıyı daha az aktardıkları görülmüştür. Çift taraflı kaplanmış kumaşların tek taraflı kaplanmış kumaşlara göre, geliştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşların ham perlit ile kaplanmış kumaşlara göre ısıyı daha az aktardıkları Tablo 3.30'da görülmektedir. Perlit ile kaplanmış kumaşların ışıma yolu ile gelen ısıya karşı koruma davranışı gösterdiği söylenebilir.

Tablo 3.31'de $RHTI_{24}$ değerleri için yapılan varyans analizi sonuçları verilmiştir. Buna göre kumaş tipinin $RHTI_{24}$ değerleri üzerindeki etkisinin %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Sig.<0,05).

Tablo 3.31 Radyan ısı transfer indeksi $RHTI_{24}$ sonucu varyans analizi

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
$RHTI_{24}$	Kumaş Tipi	93,668	4	23,417	14,742	,000
	Hata	28,592	18	1,588		
	Genel	5155,652	23			

$RHTI_{24}$ değerleri açısından kumaşların ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 3.32'de verilmiştir.

Tablo 3.32 Kumaşların RHTI₂₄ süresi açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (İ)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-2,657(*)	,920	,010
	G.Ç.	-6,137(*)	,920	,000
	H.T.	-2,081(*)	,920	,036
	H.Ç.	-4,819(*)	,920	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	2,657(*)	,920	,010
	G.Ç.	-3,480(*)	,797	,000
	H.T.	,576	,797	,479
	H.Ç.	-2,162(*)	,797	,014
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	6,137(*)	,920	,000
	G.T.	3,480(*)	,797	,000
	H.T.	4,056(*)	,797	,000
	H.Ç.	1,318	,797	,116
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	2,081(*)	,920	,036
	G.T.	-,576	,797	,479
	G.Ç.	-4,056(*)	,797	,000
	H.Ç.	-2,738(*)	,797	,003
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	4,819(*)	,920	,000
	G.T.	2,162(*)	,797	,014
	G.Ç.	-1,318	,797	,116
	H.T.	2,738(*)	,797	,003

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Tablo 3.32'ye göre işlem görmemiş kumaş ile perlit kaplanmış kumaşlar arasındaki farkın %95 güven seviyesinde istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Genleştirilmiş perlitle tek taraflı kaplanmış kumaş ile ham perlitle tek taraflı kaplanmış kumaş arasında, genleştirilmiş perlitle çift taraflı kaplanmış kumaş ile ham perlitle çift taraflı kaplanmış kumaş arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir.

3.3.4 Akustik Özelliklerle İlgili Ölçüm Sonuçları

3.3.4.1 Ses Yutma Katsayısı için Hazırlanan Örneklerin Kütle ve Kalınlık Ölçüm Sonuçları

Ses yutma katsayısı ölçülen, 100 mm çaptaki dairesel şekilli örneklerin kalınlık (mm) ve kütle (g) değerleri Tablo 3.33'te verilmiştir.

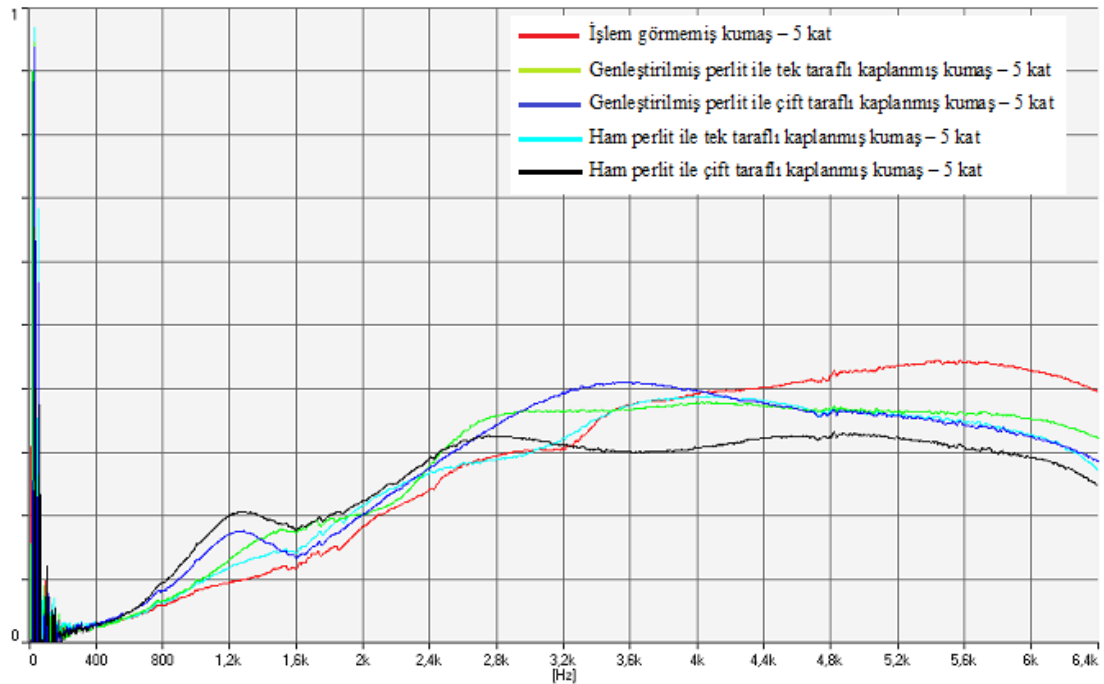
Tablo 3.33 Ses yutma katsayısı ölçülen örneklerin kalınlık ve kütle değerleri

Örnekler		100 mm çaplı örnek kütlesi (g)	Kalınlık (mm)
İşlem Görmemiş Kumaş	5 katlı	7,68	1,9939
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	5 katlı	8,59	1,8866
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	5 katlı	12,27	2,7046
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	5 katlı	10,16	1,8854
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	5 katlı	13,78	2,1627
İşlem Görmemiş Kumaş	10 katlı	15,35	3,9852
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	10 katlı	17,26	4,0081
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	10 katlı	20,08	4,3043
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	10 katlı	20,11	3,6667
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	10 katlı	26,76	4,2589

Tablo 3.33'ün devamı			
İşlem Görmemiş Kumaş	Dolgu gen. perlit	11,58	4,7135
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu gen. perlit	8,53	3,1715
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu gen. perlit	9,84	3,3421
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu gen. perlit	12,88	4,3478
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu gen. perlit	10,74	3,0628
İşlem Görmemiş Kumaş	Dolgu ham perlit	17,40	3,6258
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu ham perlit	18,49	3,0645
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu ham perlit	18,86	3,3642
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu ham perlit	17,33	2,8547
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	Dolgu ham perlit	13,56	2,2750
Dokusuz Yüzey Kumaş		1,80	2,4160
Genleştirilmiş Perlit ile Kaplanmış Dokusuz Yüzey Kumaş		5,40	2,2725
Ham Perlit ile Kaplanmış Dokusuz Yüzey Kumaş		4,69	2,0978

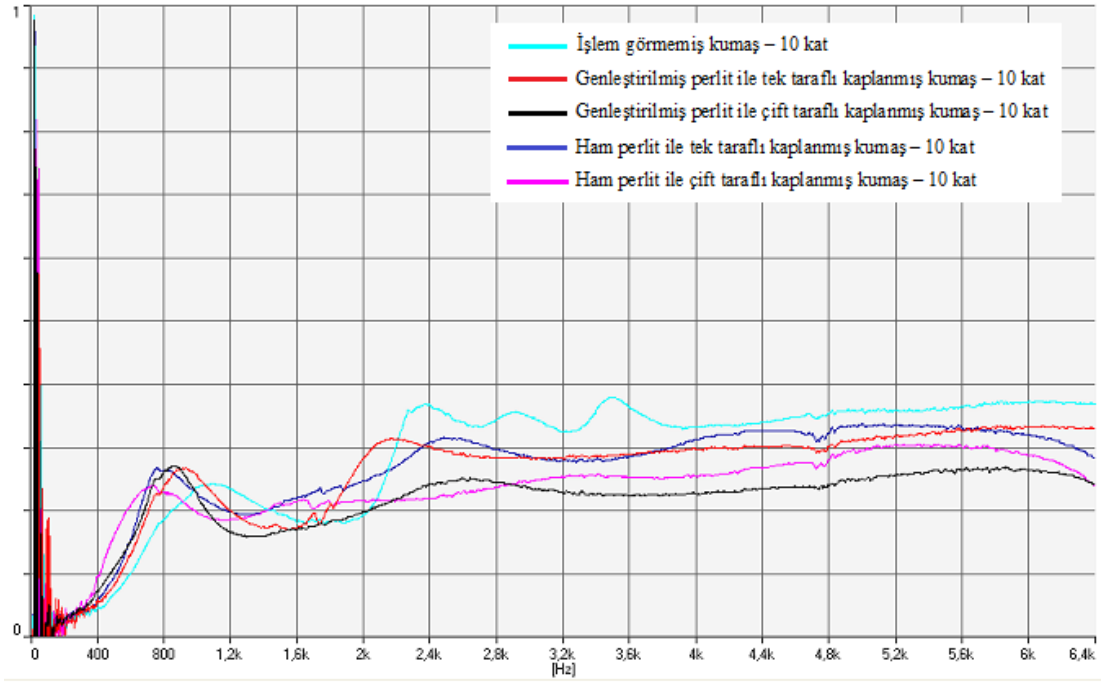
3.3.4.2 Ses Yutma Katsayısı Ölçüm Sonuçları

5 katlı olarak birbirine dikişle tutturulan kumaşların ses yutma katsayısı eğrileri Şekil 3.36'da görülmektedir. Ham perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış ve genişletilmiş perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaşlar yaklaşık 1300 Hz'de tepe yapmışlardır yani bu frekansta diğer kumaşlardan daha iyi yutuculuk göstermişlerdir. 1600-2800 Hz frekans aralığında kumaşlar benzer davranış göstermişlerdir. 2800 Hz'den sonra 4000 Hz'e kadar genişletilmiş perlit ile çift taraflı kaplanan kumaş diğerlerinden daha fazla yutuculuk göstermiş ve ses yutma katsayısı 0,42'ye kadar çıkmıştır. 4000 Hz'den sonra işlem görmemiş kumaşın yaklaşık %10 daha fazla yutuculuk sağladığı görülmektedir. Perlit ile kaplanmış 5 katlı kumaşlar için, yaklaşık 1600 Hz frekanslarına kadar ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş daha iyi yutuculuk gösterirken, 2800 Hz.'den sonra daha yüksek frekanslarda genişletilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş daha iyi yutuculuk göstermiştir.



Şekil 3.36 5 katlı kumaşların ses yutma katsayısı eğrisi

10 katlı kumaşların ses yutma katsayıları Şekil 3.37’de görülmektedir. 10 katlı örneklerin ses yutma katsayıları incelendiğinde 5 katlı kumaşlarınkine göre yutuculuğun daha düşük frekanslara kaydığı görülmektedir. Özellikle düşük frekanslarda materyal kalınlaştıkça belli bir limite kadar ses yutuculuğu artmaktadır (Rettinger, 1968).

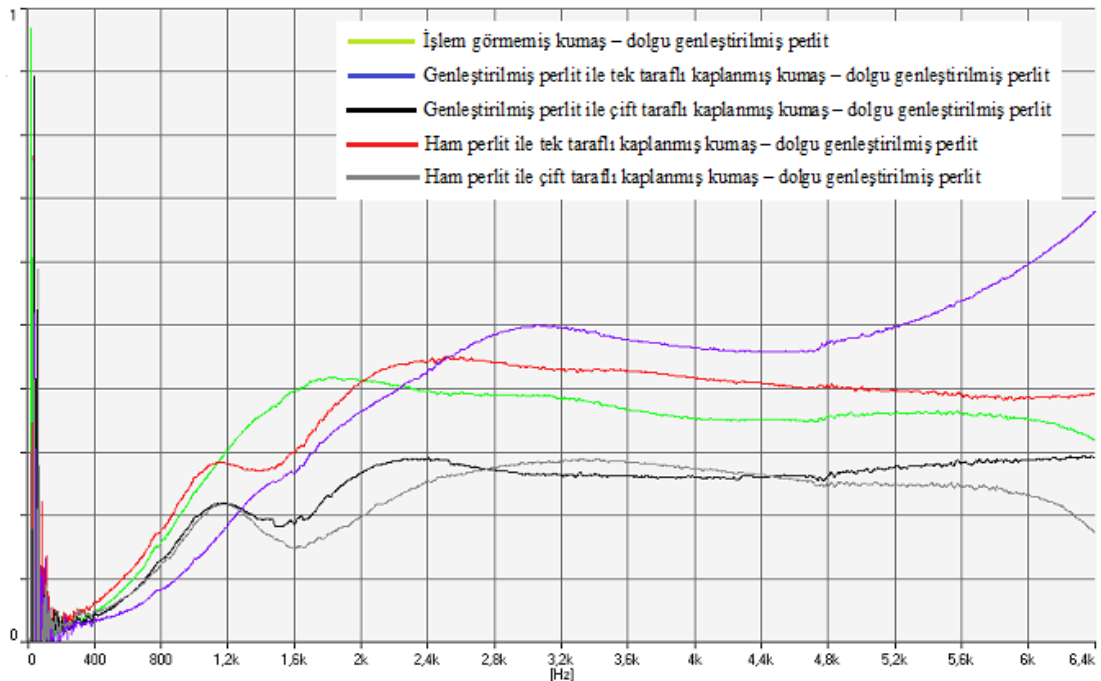


Şekil 3.37 10 katlı kumaşların ses yutma katsayısı eğrileri

Örnek kalınlığının artmasıyla yutuculuk 1300 Hz’lerden 800 Hz’lere doğru kaymıştır. Ham perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaşta yutuculuk diğer kumaşlardan daha düşük frekanslarda başlarken, işlem görmemiş kumaşta yutuculuk diğer kumaşlara göre daha yüksek frekanslarda başlamıştır. Yaklaşık 800 Hz civarında genleştirilmiş perlit ile tek taraflı ve çift taraflı kaplanmış kumaşlar ile ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşın ses yutma katsayısı yaklaşık 0,28 iken, işlem görmemiş kumaşın 0,18 olduğu görülmektedir. Bu bölgede perlit kaplanmış kumaşların yutuculuğu %10 daha iyidir. 1000-2000 Hz frekans aralığında kumaşların yutuculuğu biraz azalmış ve benzer davranış göstermişlerdir. 2000 Hz’den sonra ses yutma katsayıları tüm kumaşlar için bir miktar artmıştır. 2400 Hz’den sonra kaplanmış kumaşlar arasında tek taraflı olarak kaplanan kumaşların çok az daha iyi yutuculuğu olduğu ancak işlem görmemiş kumaşın yutuculuğunun az da olsa

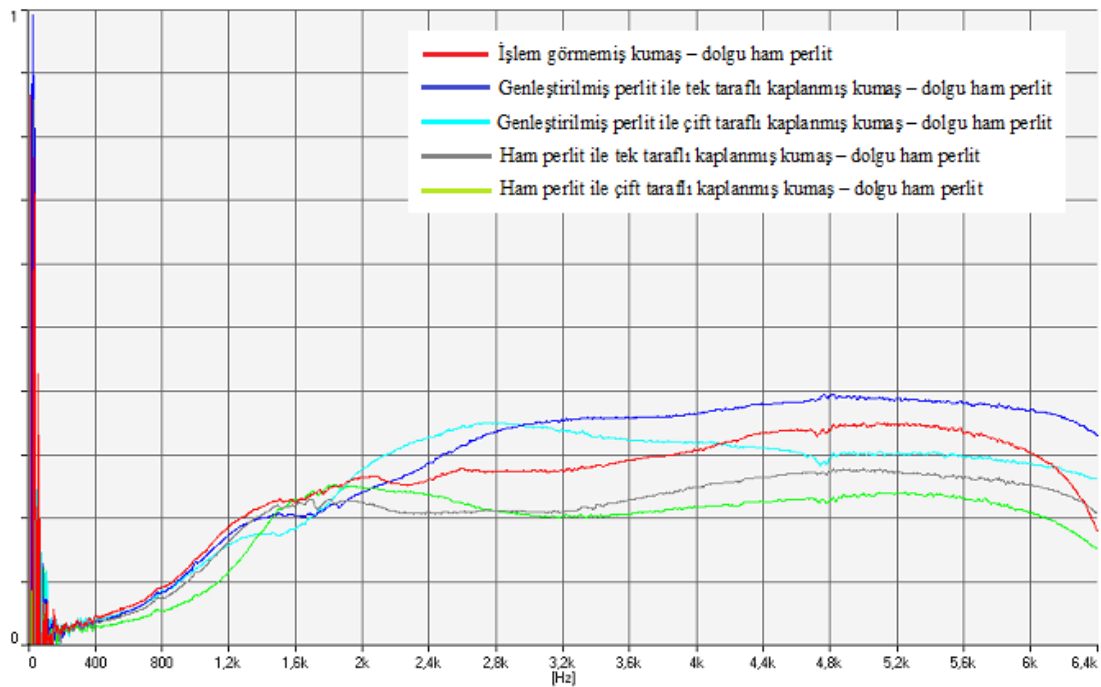
hepsinden daha iyi olduğu görülmektedir. 10 katlı kumaşlar için 800 Hz civarında perlit ile kaplanan kumaşların daha iyi yutuculuk gösterdiği söylenebilir. 2400 Hz'den sonra tüm kumaşların ses yutma katsayılarının pek değişmediği ve aynı kaldığı söylenebilir. Genel olarak 10 katlı kumaşlarda 400-1200 Hz. frekans aralığında 5 katlı kumaşlara göre daha yüksek yutuculuk sağlanmıştır.

Genleştirilmiş perlit dolgu kumaşların ses yutma katsayıları Şekil 3.38'de görülmektedir. Dolgusu genleştirilmiş perlit olan kumaşların eğrilerine bakıldığında genleştirilmiş perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaş kullanılan örnekte 2500 Hz'den sonra diğer malzemelerden daha iyi ses yutuculuğuna sahip olduğu görülmüştür. Diğer malzemelerde frekansın artması ile ses yutma katsayıları aynı kalırken, bu malzemenin frekans ile birlikte ses yutma katsayısının da artmış olduğu ve 6400 Hz'de 0,68 değerini aldığı belirlenmiştir. Eğrisinin eğiminin yukarıya doğru olduğu görülmektedir, bu da 6400 Hz'in üzerindeki frekanslarda daha iyi yutuculuk sağlayabileceğine işaret etmektedir. Perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşlar birbirine yakın ve diğer kumaşlara göre daha az yutuculuk göstermişlerdir. Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaştan hazırlanmış örneğin yaklaşık olarak 2400 Hz'den sonra işlem görmemiş kumaştan hazırlanmış örneğe göre daha iyi yutuculuk göstermiştir.



Şekil 3.38 Genleştirilmiş perlit dolgu kumaşların ses yutma katsayısı eğrileri

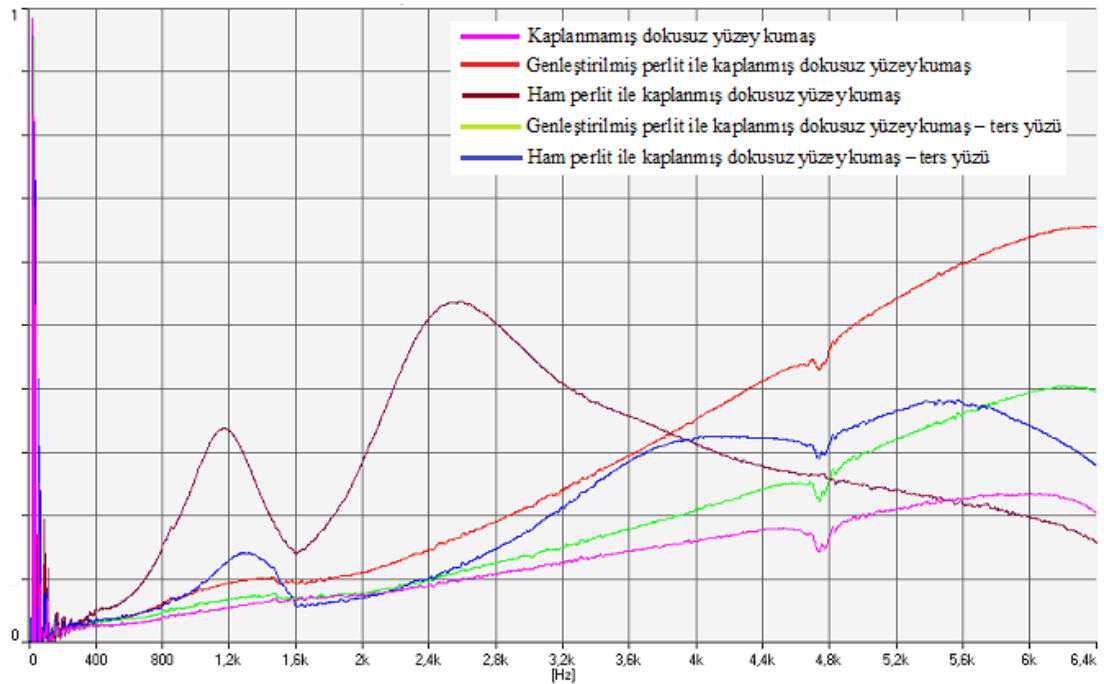
Ham perlit ile doldurulmuş kumaşların ses yutma katsayısı eğrileri Şekil 3.39'da verilmiştir. Yaklaşık olarak 2000 Hz'e kadar malzemeler benzer davranışlar göstermişlerdir. 2000 Hz'den sonraki frekanslarda malzemelerin ses yutma katsayıları 0,2 ile 0,4 arasında değişim göstermektedir. 2000 ile 4000 Hz aralığında geliştirilmiş perlitle kaplanmış kumaşlar diğer kumaşlardan daha fazla yutuculuk sağlamışlardır. 4000 Hz'den sonra geliştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaştan hazırlanan malzeme en fazla yutuculuğu gösterirken, bu malzemeyi işlem görmemiş kumaştan hazırlanan malzeme takip etmiştir.



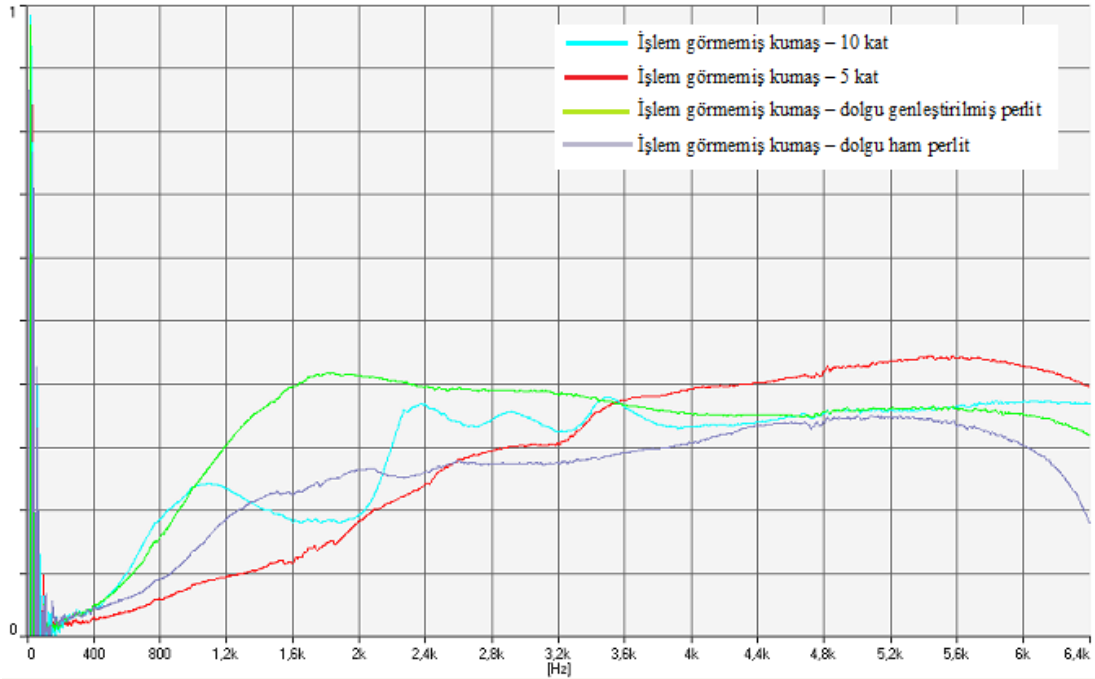
Şekil 3.39 Ham perlit dolgulu kumaşların ses yutma katsayısı eğrileri

Şekil 3.40'ta ham perlit ile kaplanan dokusuz yüzey malzemenin 1200 ve 2500 Hz civarında tepe yaparak ses yutma katsayısının bu frekanslarda sırasıyla 0,34 ve 0,54 değerini aldığı görülmektedir. Bu frekanslarda diğerlerine göre çok daha fazla yutuculuk gösterdiği ancak frekans arttıkça ses yutma katsayısının düştüğü görülmüştür. Geliştirilmiş perlit ile kaplanan dokusuz yüzey kumaş, yaklaşık olarak 4000 Hz'lere kadar ham perlit ile kaplanmış yüzeyden daha az yutuculuğa sahip iken 4000 Hz'den sonraki frekanslarda sürekli bir artış göstermiş ve ses yutma katsayısı 0,66'ya kadar çıkmıştır. Perlit kaplayarak kumaşa kazandırılan yutuculuk davranışının perlitin ham ya da geliştirilmiş olmasına göre, farklı frekans

aralıklarında etkili olduğu saptanmıştır. Ham perlit ile, 1200 Hz civarı ile 2500 Hz civarında ses yutuculuk iyileştirilirken, genişleştirilmiş perlit ile daha yüksek frekanslardaki ses yutuculuk davranışının geliştirilmesi mümkün olmuştur. Kumaşın kaplanmış yüzünün ses kaynağına dönük olmasının ses yutma davranışını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Genleştirilmiş perlit ile kaplanan yüzeyin ses kaynağına dönük olması durumunda ses yutuculuğu, tersi olması duruma göre %25 daha fazladır. Ham perlit ile kaplanan yüzeyin ses kaynağına dönük yerleştiği durumda ses yutma katsayısı, malzemenin ses yutuculuğunun yüksek olduğu yani tepe yaptığı bölgelerde, tersi yerleşim durumuna göre yaklaşık %20 ile %35 arasında daha fazla olurken, yutuculuğunun düştüğü yüksek frekanslarda tersi yerleşimin yaklaşık olarak %10 daha iyi olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak bu formdaki bir dokusuz yüzey kumaşı perlit ile kaplamanın ses yutma davranışını etkilediği ve ses yutuculuğunu arttırdığı saptanmıştır.

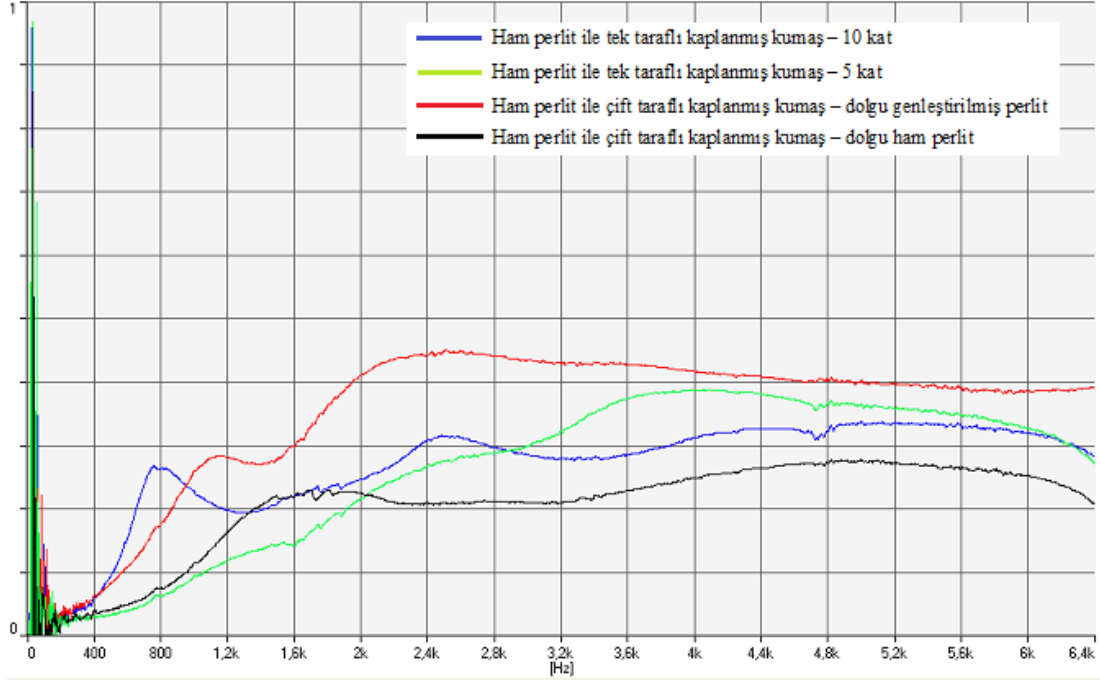


Şekil 3.40 Perlit ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşın ses yutma katsayısı eğrileri



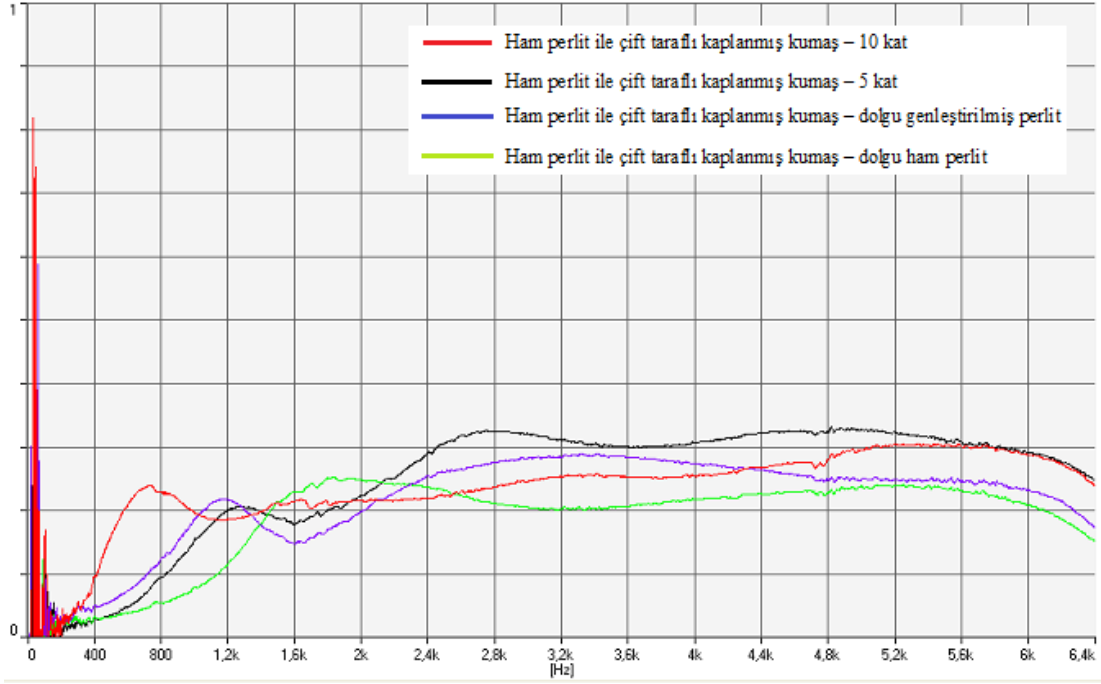
Şekil 3.41 İşlem görmemiş kumaş kullanılarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayısı eğrileri

İşlem görmemiş kumaş kullanılarak hazırlanan 5 katlı, 10 katlı, genişletilmiş perlit dolgulu ve ham perlit dolgulu örneklerin ses yutma katsayıları Şekil 3.41’de gösterilmiştir. Ses yutma katsayıları incelendiğinde yaklaşık 1500-2400 Hz frekans aralığında genişletilmiş perlit dolgulu örneğin diğerlerine göre daha iyi yutuculuğa sahip olduğu ve frekansın artması ile 5 katlı malzemenin diğerlerinden bir miktar daha iyi yutuculuk gösterdiği belirlenmiştir.



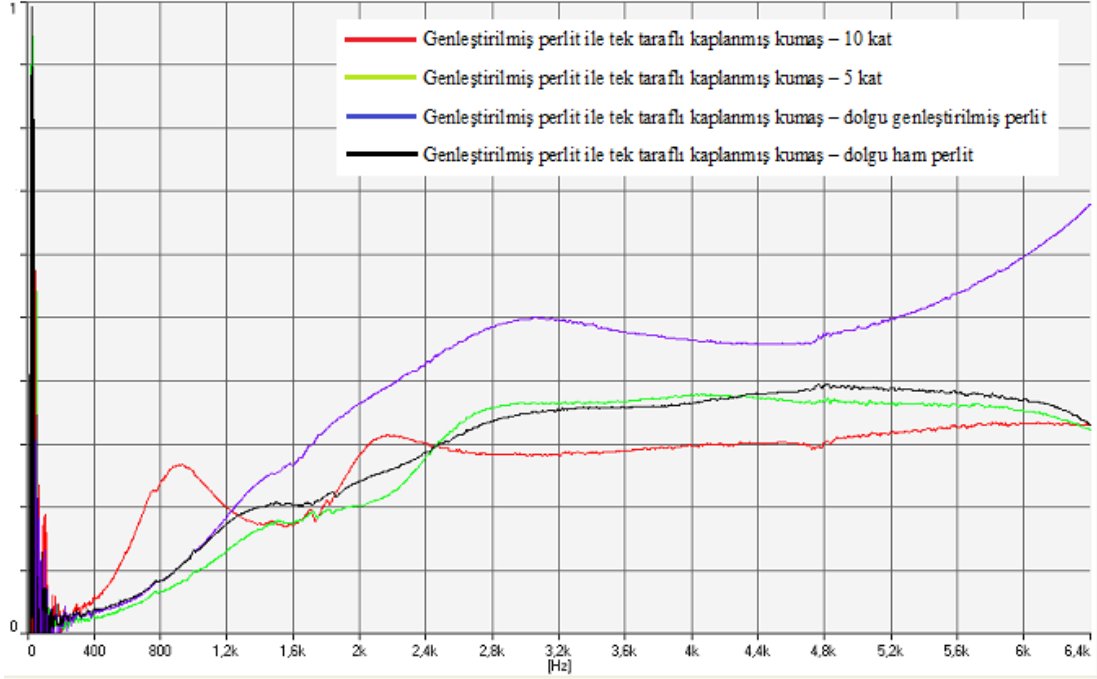
Şekil 3.42 Ham perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaş kullanılarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayısı eğrileri

Ham perlit ile tek taraflı olarak kaplanan kumaşlardan 5 katlı, 10 katlı, genişletilmiş perlit dolgulu ve ham perlit dolgulu olarak hazırlanan örneklerin ses yutma katsayıları Şekil 3.42’de gösterilmiştir. Genleştirilmiş perlit dolgulu malzemenin diğerlerine göre daha fazla yutuculuk gösterdiği görülmüştür. Yaklaşık olarak 800 Hz civarındaki frekanslarda 10 katlı malzeme diğerlerine göre daha fazla yutuculuk göstermiştir. Düşük frekanslarda malzemenin kalınlığının artması ses yutma katsayısının değerini belli bir limite kadar arttırdığı bilinmektedir (Rettinger, 1968).



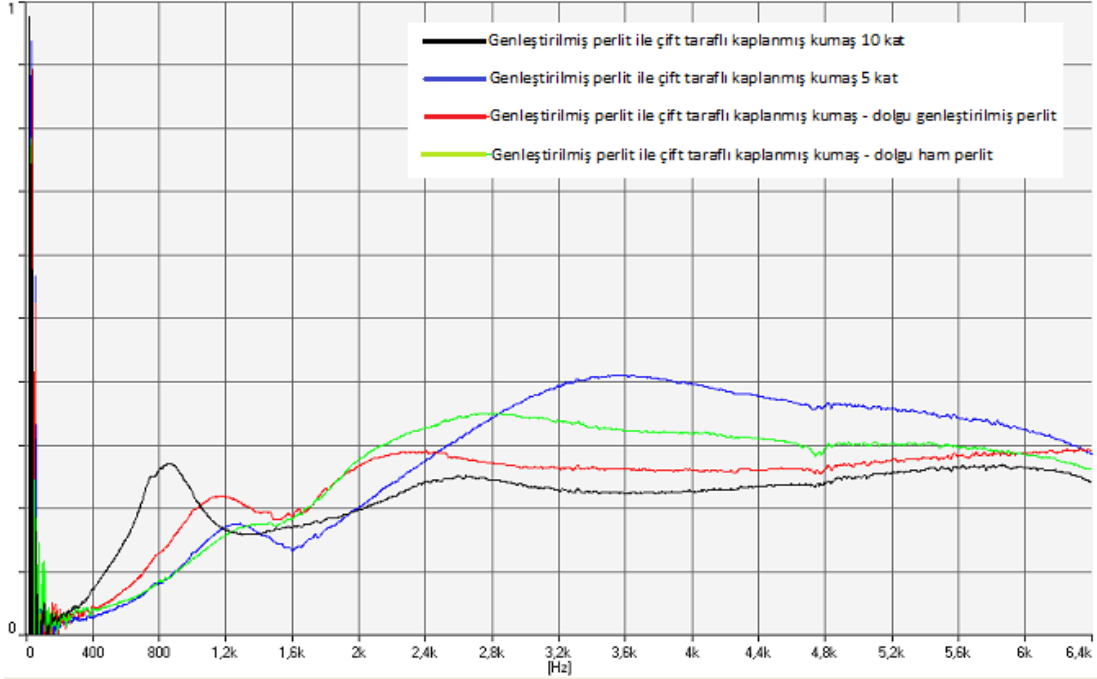
Şekil 3.43 Ham perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaş kullanılarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayısı eğrileri

Ham perlit ile çift taraflı olarak kaplanan kumaş kullanılarak, 5 katlı, 10 katlı, genişletilmiş perlit dolgulu ve ham perlit dolgulu olarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayıları Şekil 3.43'te görülmektedir. Ses yutma katsayısı eğrileri incelendiğinde ses yutma katsayısı değerlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Burada da malzeme kalınlığı arttıkça eğrinin düşük frekans bölgesine doğru kaydığı görülmektedir. 10 katlı kumaşın 5 katlı kumaşa göre kalınlığının daha fazla olması onun düşük frekanslarda ses yutma özelliğinin 5 katlı kumaşa göre daha iyi olmasına sebep olmuştur.



Şekil 3.44 Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaş kullanılarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayısı eğrileri

Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaşlardan hazırlanan 5 katlı, 10 katlı, genleştirilmiş perlit dolgulu ve ham perlit dolgulu malzemelerin ses yutma katsayıları Şekil 3.44'te gösterilmiştir. Genleştirilmiş perlit ile doldurulmuş malzemenin ses yutma katsayısının diğerlerinden çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Burada da, düşük frekans bölgesinde 10 katlı kumaştan hazırlanan malzemenin ses yutma katsayısının diğerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.45 Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaş kullanılarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayısı eğrileri

Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşlardan 5 katlı, 10 katlı, genleştirilmiş perlit dolgulu ve ham perlit dolgulu olarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayıları Şekil 3.45’de görülmektedir. 3200 Hz’den sonra 5 katlı kumaştan hazırlanmış malzemenin diğerlerine göre yutuculuğunun biraz daha iyi olduğu görülmüştür. Bu kumaş ile hazırlanan malzemelerden 10 katlı malzemenin yine 800 Hz bölgesinde diğerlerine göre daha iyi yutuculuğa sahip olduğu belirlenmiştir.

Yüksek frekanslarda 5 katlı malzemelerin 10 katlı malzemelere göre daha fazla yutuculuğa sahip olduğu belirlenmiştir. Daha düşük frekanslarda ise literatürde de belirtildiği gibi malzemenin kalınlığının artmasının ses yutma davranışını iyileştirdiği görülmüştür (Lou, Lin ve Su, 2005; Kosuge, Takayasu ve Hori, 2005; Rettinger, 1968). Ses yutucu malzeme olarak yüksek frekanslar için 5 katlı malzemelerin, daha düşük frekanslar için de 10 katlı malzemelerin daha uygun olacağı söylenebilir.

Genleştirilmiş perlit dolgulu malzemelerin ham perlit dolgulu malzemelere göre daha fazla yutuculuğa sahip oldukları saptanmıştır. Bu farklılık genleştirilmiş perlitin ham perlite göre daha gözenekli bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmış olabilir. Genleştirilmiş perlitle kaplı kumaş yapılarının, ham perlitle kaplananlardan daha fazla hava boşluğuna sahip olduğu SEM görüntülerinden anlaşılmaktadır. Gözenekli malzemelerde ses yutma davranışı şöyle açıklanmaktadır. Gelen ses dalgası, gözeneklerin içindeki hava moleküllerine kuvvet uygulayarak hava moleküllerini titreştirmekte ve bu sayede gelen ses dalgasının enerjisi düşmektedir. Çünkü hava molekülleri, gelen sesin enerjisini ısı enerjine dönüştürmektedir (Zwikker ve Kosten, 1949; Crocker ve Arenas, 2007). Daha gözenekli olan malzemelerde ses dalgasının enerjisi daha fazla düşecek yani daha fazla yutulacaktır.

Tablo 3.34'te ses yutma katsayısı ölçülen malzemelerin, 200'er Hz artarak 6400 Hz'e kadar ses yutma katsayısının aldığı değerleri verilmiştir. Malzemelerin isimleri şu şekilde kısaltılmıştır:

- İ.G. : İşlem görmemiş kumaş,
- G.T. : Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaş,
- G.Ç. : Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaş,
- H.T. : Ham perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaş,
- H.Ç. : Ham perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaştır.

Dokusuz yüzey kumaşlar için yapılan kısaltmalar ise şu şekildedir:

- K. : Kaplanmamış dokusuz yüzey kumaş
- G.K. : Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaş
- H.K. : Ham perlit ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaş

Tablo 3.34 Malzemelerin frekanslara göre ses yutma katsayıları

Frekans Hz.	Ses Yutma Katsayısı Ölçülen Malzemeler																						
	5 Katlı					10 Katlı					Dolgu Gen. Perlit					Dolgu Ham Perlit					Dokusuz Yüzey		
	İ.G.	G.T.	G.Ç.	H.T.	H.Ç.	İ.G.	G.T.	G.Ç.	H.T.	H.Ç.	İ.G.	G.T.	G.Ç.	H.T.	H.Ç.	İ.G.	G.T.	G.Ç.	H.T.	H.Ç.	K.	G.K.	H.K.
200	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
400	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05
600	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,10	0,13	0,15	0,15	0,21	0,09	0,05	0,07	0,11	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,07
800	0,06	0,07	0,08	0,06	0,09	0,19	0,24	0,26	0,26	0,23	0,16	0,08	0,13	0,18	0,13	0,09	0,08	0,09	0,07	0,05	0,04	0,06	0,15
1000	0,08	0,10	0,12	0,09	0,15	0,24	0,25	0,22	0,22	0,19	0,24	0,13	0,20	0,26	0,19	0,13	0,13	0,12	0,11	0,08	0,05	0,08	0,26
1200	0,09	0,13	0,17	0,12	0,20	0,23	0,20	0,16	0,20	0,18	0,30	0,18	0,22	0,28	0,22	0,19	0,17	0,16	0,16	0,11	0,05	0,09	0,33
1400	0,11	0,16	0,16	0,14	0,20	0,20	0,17	0,16	0,20	0,20	0,36	0,24	0,19	0,27	0,17	0,22	0,20	0,17	0,20	0,18	0,06	0,10	0,22
1600	0,12	0,17	0,13	0,14	0,18	0,18	0,17	0,17	0,22	0,21	0,39	0,26	0,19	0,30	0,15	0,22	0,20	0,19	0,22	0,23	0,06	0,09	0,14
1800	0,15	0,19	0,17	0,18	0,20	0,18	0,21	0,18	0,23	0,21	0,42	0,32	0,23	0,36	0,17	0,25	0,22	0,22	0,23	0,25	0,07	0,10	0,19
2000	0,18	0,20	0,20	0,22	0,22	0,19	0,28	0,20	0,25	0,21	0,41	0,36	0,27	0,41	0,20	0,26	0,24	0,28	0,22	0,25	0,07	0,11	0,29
2200	0,21	0,22	0,24	0,24	0,25	0,31	0,31	0,22	0,27	0,22	0,40	0,39	0,28	0,44	0,23	0,25	0,26	0,31	0,21	0,24	0,08	0,13	0,41
2400	0,24	0,28	0,28	0,27	0,29	0,36	0,30	0,24	0,31	0,22	0,39	0,42	0,29	0,44	0,25	0,26	0,29	0,33	0,21	0,24	0,09	0,15	0,51
2600	0,28	0,33	0,31	0,28	0,32	0,34	0,29	0,25	0,31	0,23	0,39	0,46	0,28	0,45	0,26	0,28	0,31	0,34	0,21	0,22	0,10	0,17	0,54
2800	0,29	0,36	0,34	0,29	0,32	0,34	0,28	0,24	0,30	0,24	0,39	0,48	0,27	0,44	0,27	0,27	0,34	0,35	0,21	0,21	0,11	0,19	0,50
3000	0,30	0,36	0,37	0,30	0,32	0,35	0,28	0,23	0,28	0,24	0,39	0,49	0,26	0,43	0,28	0,27	0,35	0,34	0,21	0,20	0,11	0,21	0,45

Tablo 3.34'ün devamı

3200	0,30	0,36	0,39	0,32	0,31	0,32	0,28	0,22	0,28	0,25	0,38	0,49	0,26	0,43	0,28	0,27	0,35	0,34	0,21	0,20	0,12	0,24	0,41
3400	0,35	0,36	0,41	0,35	0,30	0,36	0,29	0,22	0,28	0,25	0,38	0,49	0,26	0,43	0,29	0,28	0,36	0,33	0,22	0,20	0,14	0,27	0,38
3600	0,37	0,37	0,41	0,37	0,30	0,36	0,29	0,22	0,28	0,25	0,37	0,48	0,26	0,43	0,28	0,29	0,36	0,32	0,23	0,21	0,14	0,29	0,35
3800	0,38	0,37	0,40	0,38	0,30	0,33	0,29	0,22	0,30	0,25	0,36	0,47	0,26	0,42	0,28	0,30	0,36	0,32	0,24	0,21	0,15	0,32	0,33
4000	0,39	0,38	0,39	0,38	0,30	0,33	0,30	0,23	0,31	0,25	0,35	0,46	0,26	0,41	0,27	0,30	0,36	0,31	0,25	0,22	0,16	0,35	0,31
4200	0,40	0,37	0,38	0,38	0,31	0,33	0,30	0,23	0,32	0,26	0,35	0,46	0,26	0,41	0,27	0,32	0,37	0,31	0,25	0,22	0,17	0,38	0,29
4400	0,40	0,37	0,37	0,38	0,32	0,34	0,30	0,23	0,33	0,27	0,35	0,46	0,26	0,41	0,26	0,33	0,38	0,31	0,26	0,22	0,18	0,41	0,28
4600	0,41	0,37	0,37	0,37	0,32	0,35	0,30	0,24	0,32	0,27	0,35	0,46	0,26	0,40	0,26	0,34	0,38	0,30	0,27	0,23	0,18	0,43	0,27
4800	0,42	0,37	0,36	0,36	0,32	0,35	0,30	0,24	0,32	0,28	0,35	0,47	0,26	0,40	0,25	0,34	0,39	0,29	0,27	0,23	0,17	0,46	0,25
5000	0,43	0,37	0,36	0,36	0,33	0,36	0,31	0,25	0,34	0,29	0,36	0,49	0,27	0,40	0,25	0,35	0,39	0,30	0,28	0,24	0,20	0,51	0,25
5200	0,44	0,36	0,36	0,36	0,32	0,36	0,32	0,25	0,33	0,30	0,36	0,50	0,28	0,40	0,25	0,35	0,39	0,30	0,27	0,24	0,21	0,54	0,24
5400	0,44	0,36	0,35	0,35	0,31	0,36	0,32	0,26	0,33	0,30	0,36	0,51	0,28	0,39	0,25	0,34	0,38	0,30	0,27	0,24	0,22	0,57	0,23
5600	0,44	0,36	0,34	0,35	0,31	0,36	0,32	0,26	0,33	0,30	0,36	0,54	0,28	0,39	0,25	0,33	0,38	0,30	0,27	0,23	0,22	0,60	0,22
5800	0,43	0,36	0,33	0,34	0,30	0,37	0,33	0,26	0,32	0,30	0,35	0,56	0,28	0,38	0,24	0,32	0,37	0,29	0,26	0,22	0,23	0,62	0,21
6000	0,43	0,35	0,32	0,33	0,29	0,37	0,33	0,26	0,32	0,29	0,35	0,60	0,29	0,38	0,23	0,30	0,37	0,28	0,25	0,21	0,23	0,64	0,20
6200	0,41	0,34	0,31	0,31	0,27	0,37	0,33	0,26	0,31	0,27	0,34	0,63	0,29	0,39	0,21	0,26	0,36	0,27	0,24	0,18	0,23	0,65	0,18
6400	0,39	0,32	0,28	0,27	0,25	0,37	0,33	0,24	0,28	0,24	0,32	0,68	0,29	0,39	0,17	0,18	0,33	0,26	0,21	0,15	0,20	0,65	0,15

3.3.5 Konfor Özellikleriyle İlgili Test Sonuçları

3.3.5.1 Isı İletim Katsayısı Ölçümü Sonuçları

Kumaşların BUTAL’de geliştirilen cihazda ölçülen ısı iletim katsayıları Tablo 3.35’te verilmiştir. Burada ısı iletim katsayısı en düşük kumaşın işlem görmemiş kumaş olduğu belirlenmiştir. Perlit ile kaplamak ısı iletim katsayısını arttırmış özellikle ham perlit ile iki yüzü kaplanmış kumaşın ısı iletim katsayısının, işlem görmemiş kumaşın yaklaşık iki katı değere sahip olduğu görülmüştür. Perlitin birçok sektörde ısı yalıtımı amacıyla kullanıldığı düşünüldüğünde bu beklenilmeyen bir sonuçtur. Bu sebeple ısı özellikler daha ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Tablo 3.35 Kumaşların ısı iletim katsayısı

Kumaşlar	Isı İletim Katsayısı (W/m°C)
İşlem görmemiş kumaş	0,08
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,09
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,11
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,11
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	0,14

Isı iletim katsayısı üzerinde kumaş tipinin etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında yapılan varyans analizi sonucunda önemli olduğu Tablo 3.36’da gösterilmiştir. Kumaşların ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 3.37’de verilmiştir.

Tablo 3.36 Isı iletim katsayısı varyans analizi sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Isı İletim Katsayısı	Kumaş Tipi	,006	4	,001	24,036	,000
	Hata	,001	10	5,81E-005		
	Genel	,172	15			

Tablo 3.37 Kumaşların ısı iletim katsayısı açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (İ)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-,007	,006	,287
	G.Ç.	-,024(*)	,006	,003
	H.T.	-,030(*)	,006	,001
	H.Ç.	-,055(*)	,006	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,007	,006	,287
	G.Ç.	-,017(*)	,006	,023
	H.T.	-,023(*)	,006	,004
	H.Ç.	-,048(*)	,006	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,024(*)	,006	,003
	G.T.	,017(*)	,006	,023
	H.T.	-,007	,006	,309
	H.Ç.	-,031(*)	,006	,001
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,030(*)	,006	,001
	G.T.	,023(*)	,006	,004
	G.Ç.	,007	,006	,309
	H.Ç.	-,025(*)	,006	,003
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,055(*)	,006	,000
	G.T.	,048(*)	,006	,000
	G.Ç.	,031(*)	,006	,001
	H.T.	,025(*)	,006	,003

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Tablo 3.37'ye göre işlem görmemiş kumaş ile genişletilmiş perlitle tek tarafı kaplanmış arasındaki farkın %95 güven seviyesinde önemli olmadığı belirlenmiştir. İşlem görmemiş kumaş ile diğer kaplanmış kumaşlar arasında farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca genişletilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş ile ham perlitle tek taraflı olarak kaplanmış kumaş arasında %95 güven seviyesinde önemli bir farkın olmadığı görülmüştür.

3.3.5.2 Isıl Özelliklerin Ölçüm Sonuçları

Kumaşların, Alambeta cihazında ölçülmüş ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık ve kalınlık değerleri Tablo 3.38'de verilmiştir

Tablo 3.38 Kumaşların Isıl Özelliklerine ait Ölçüm Sonuçları

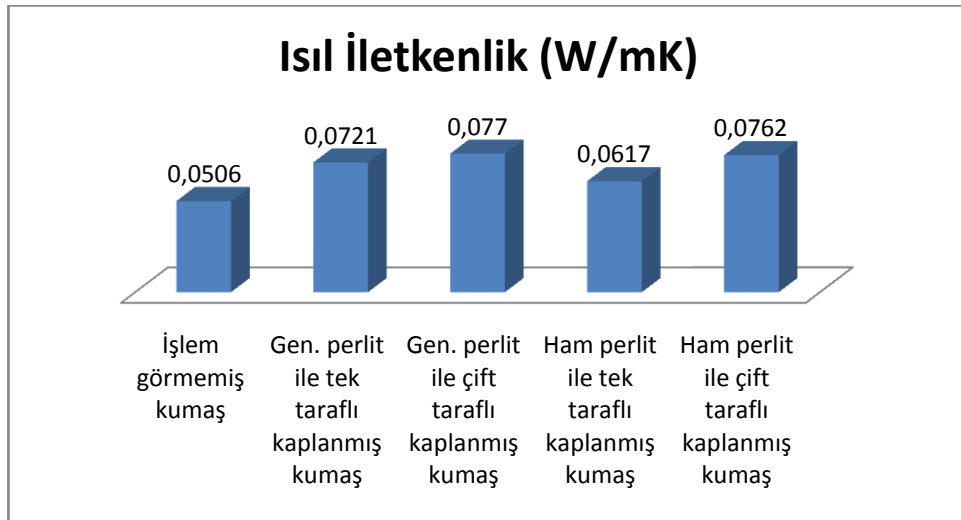
Kumaşlar	Isıl İletkenlik (W/mK)	Isıl Soğurganlık (Ws^{1/2}/m²K)	Isıl Direnç (m²K/W)	Kalınlık (mm)
İşlem görmemiş kumaş	0,0506	183,9	0,0111	0,5567
Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	0,0721	282,2	0,0063	0,4533
Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	0,0770	256,1	0,0069	0,5300
Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	0,0617	239,5	0,0085	0,5233
Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	0,0762	265,2	0,0072	0,5467

Isıl özellikler üzerinde kumaş tipinin etkisinin araştırılması amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.39'da verilmiştir. Her üç ısı özellik parametresi için Sig. değerinin 0,05'ten küçük olduğu belirlenmiştir. Isıl iletkenlik, ısı soğurganlık ve ısı direnç üzerinde kumaş tipinin %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak etkisinin önemli olduğu görülmüştür.

Tablo 3.39 Isıl özelliklerin varyans analizi sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Isıl İletkenlik	Kumaş Tipi	,002	4	,000	42,918	,000
	Hata	8,86E-005	10	8,86E-006		
	Genel	,070	15			
Isıl Soğurganlık	Kumaş Tipi	17024,197	4	4256,049	7,434	,005
	Hata	5724,927	10	572,493		
	Genel	925919,290	15			
Isıl Direnç	Kumaş Tipi	4,38E-005	4	1,09E-005	62,677	,000
	Hata	1,75E-006	10	1,75E-007		
	Genel	,001	15			

Şekil 3.46’da kumaşların ısı iletkenlik grafiği verilmiştir. Perlit ile kaplanan kumaşların ısı iletkenlik değeri iletmemiş kumaşın ısı iletkenliğinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan ısı iletim katsayısının ölçümleri de bu sonucu desteklemektedir. Kumaşların ısı iletkenlik bakımından ikili karşılaştırması Tablo 3.40’ta verilmiştir.



Şekil 3.46 Kumaşların ısı iletkenlik grafiği

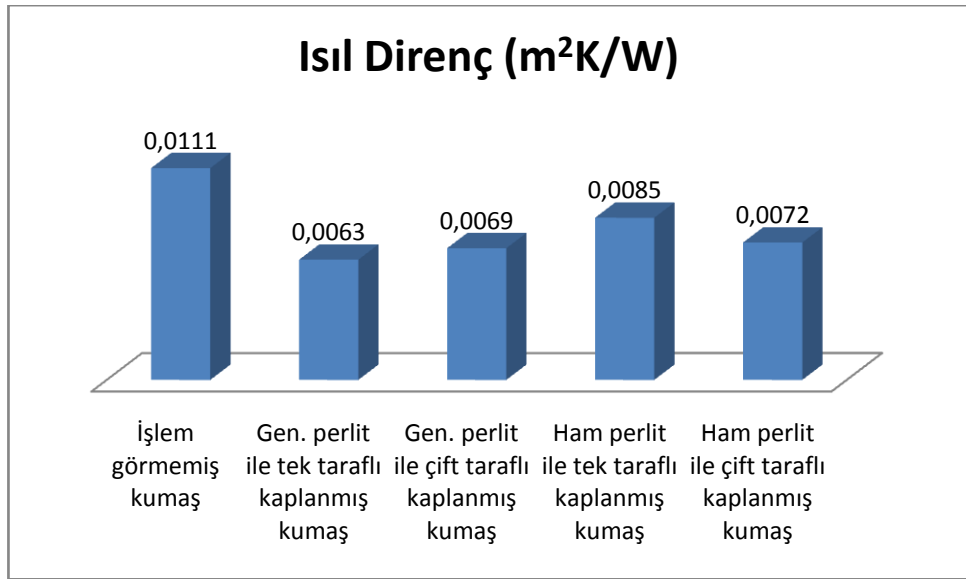
Tablo 3.40 Kumaşların ısı iletkenlik açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (I)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Gormemiş Kumaş	G.T.	-,022(*)	,002	,000
	G..	-,026(*)	,002	,000
	H.T.	-,011(*)	,002	,001
	H..	-,026(*)	,002	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,022(*)	,002	,000
	G..	-,005	,002	,071
	H.T.	,010(*)	,002	,002
	H..	-,004	,002	,117
Genleştirilmiş Perlit ile ift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,026(*)	,002	,000
	G.T.	,005	,002	,071
	H.T.	,015(*)	,002	,000
	H..	,001	,002	,769
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,011(*)	,002	,001
	G.T.	-,010(*)	,002	,002
	G..	-,015(*)	,002	,000
	H..	-,015(*)	,002	,000
Ham Perlit ile ift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	,026(*)	,002	,000
	G.T.	,004	,002	,117
	G..	-,001	,002	,769
	H.T.	,015(*)	,002	,000

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Tablo 3.40'a göre işlem görmemiş kumaş ile kaplanmış kumaşlar arasındaki %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir. Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış, genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış ve ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşların ısı iletkenliklerinin %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir.

Şekil 3.47'de perlit kaplanan kumaşların ısı dirençlerinin işlem görmemiş kumaştan daha düşük olduğu görülmektedir. Isı iletkenlik ile ısı direnç birbiri ile ters orantılı olduğundan ısı iletkenliği en az olan ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşın ısı direncinin en yüksek olduğu görülmektedir. Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanan kumaşın en düşük ısı dirence sahip olması en ince kumaş olmasından kaynaklanmış olabilir. Isı direncin artması termal yalıtımın arttığı anlamına gelmektedir. Pamuklu kumaşın kaplanması ile ısı direnç düştüğü yani termal yalıtımın azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.47 Kumaşların ısı direnç grafiği

Kumaşların ısı direnç açısından ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 3.41'de verilmiştir.

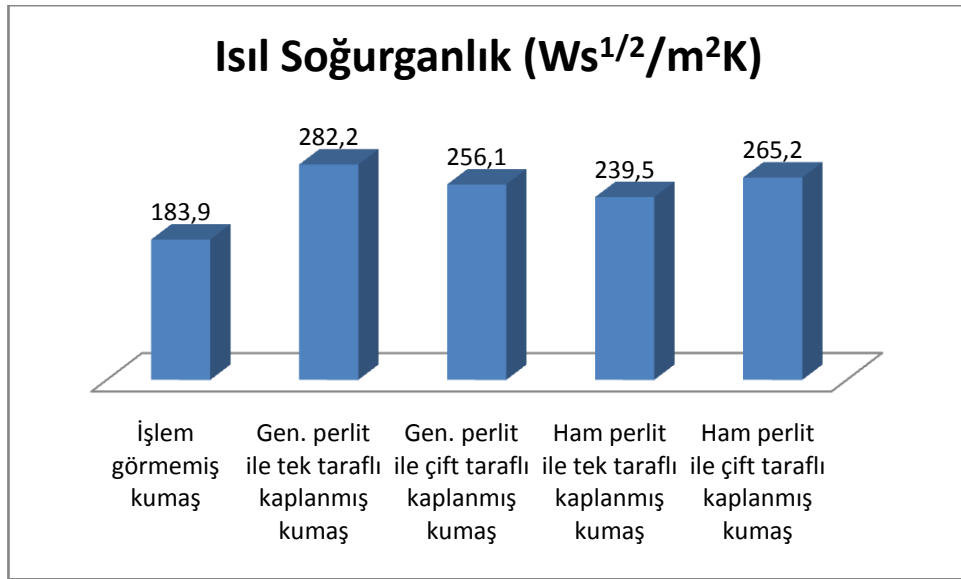
Tablo 3.41 Kumaşların ısı direnç açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (I)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	,005(*)	,000	,000
	G.Ç.	,004(*)	,000	,000
	H.T.	,003(*)	,000	,000
	H.Ç.	,004(*)	,000	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-,005(*)	,000	,000
	G.Ç.	-,001	,000	,093
	H.T.	-,002(*)	,000	,000
	H.Ç.	-,001(*)	,000	,025
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-,004(*)	,000	,000
	G.T.	,001	,000	,093
	H.T.	-,002(*)	,000	,001
	H.Ç.	,000	,000	,453
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-,003(*)	,000	,000
	G.T.	,002(*)	,000	,000
	G.Ç.	,002(*)	,000	,001
	H.Ç.	,001(*)	,000	,002
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	-,004(*)	,000	,000
	G.T.	,001(*)	,000	,025
	G.Ç.	,000	,000	,453
	H.T.	-,001(*)	,000	,002

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Tablo 3.41'e göre işlem görmemiş kumaş ile perlit kaplanmış kumaşlar arasındaki farklılığın %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşlarda tek taraflı veya çift taraflı kaplama arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Ayrıca genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş ile ham perlitte çift taraflı kaplanmış kumaş arasındaki farkın %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Kumaşların Şekil 3.48'deki ısı soğurganlık değerleri incelendiğinde perlit ile kaplamanın ısı soğurganlığı arttırdığı görülmüştür. Isı soğurganlık ısı iletkenlikle ilişkilidir. Isı iletkenlik ne kadar fazla ise kumaş ile deri arasındaki temasta, deriden kumaşa doğru o kadar fazla ısı geçişi olmaktadır. Isı soğurganlığın yükselmesi kumaşların ilk temas anında daha soğuk hissedilmesi anlamına gelmektedir. Perlit kaplanan kumaşların, ilk temas anında işlem görmemiş kumaşa göre ısı soğurganlık değerlerinin daha fazla olmasından dolayı daha soğuk his vermesi beklenmektedir.



Şekil 3.48 Kumaşların ısı soğurganlık grafiği

Kumaşların ısı soğurganlık özelliği açısından birbirleri ile ikili kıyaslamaları Tablo 3.42'de verilmiştir. Buna göre işlem görmemiş kumaş ile diğer tüm perlitte kaplanan kumaşlar arasındaki fark %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ancak perlit ile kaplanmış kumaşların kendi aralarındaki farkın %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 3.42 Kumaşların ısıtılma soğurganlık açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (I)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-98,267(*)	19,536	,001
	G.Ç.	-72,133(*)	19,536	,004
	H.T.	-55,533(*)	19,536	,017
	H.Ç.	-81,300(*)	19,536	,002
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	98,267(*)	19,536	,001
	G.Ç.	26,133	19,536	,211
	H.T.	42,733	19,536	,054
	H.Ç.	16,967	19,536	,405
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	72,133(*)	19,536	,004
	G.T.	-26,133	19,536	,211
	H.T.	16,600	19,536	,415
	H.Ç.	-9,167	19,536	,649
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	55,533(*)	19,536	,017
	G.T.	-42,733	19,536	,054
	G.Ç.	-16,600	19,536	,415
	H.Ç.	-25,767	19,536	,217
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	81,300(*)	19,536	,002
	G.T.	-16,967	19,536	,405
	G.Ç.	9,167	19,536	,649
	H.T.	25,767	19,536	,217

* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

3.3.5.3 Nem İletim Özellikleri Sonuçları

Kumaşların Hotplate cihazında ölçülen su buharı direnci ölçüm sonuçları Tablo 3.43'te verilmiştir.

Tablo 3.43 Kumaşların su buharı direnci değerleri

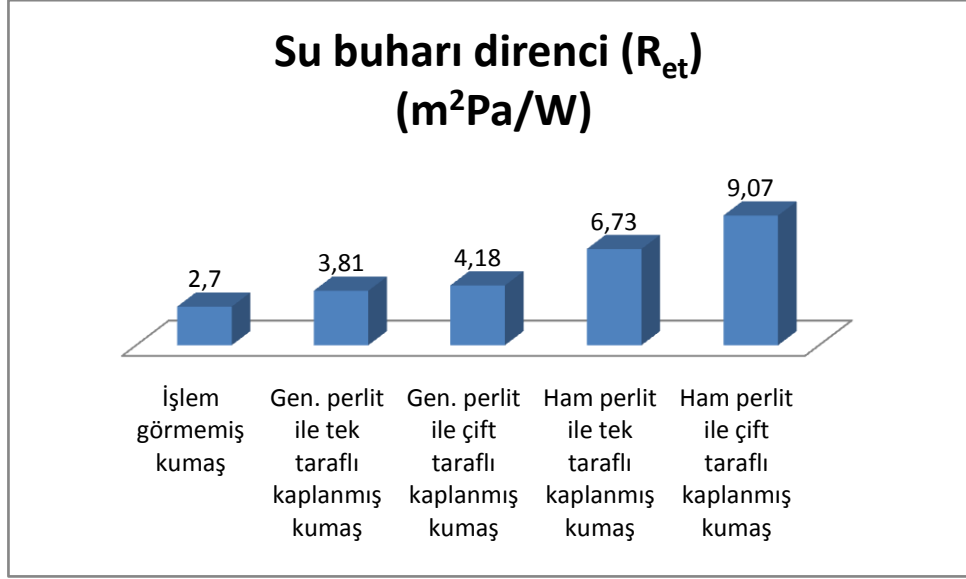
Kumaşlar	Su buharı direnci (R_{et}) (m^2Pa/W)
İşlem görmemiş kumaş	2,70
Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	3,81
Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	4,18
Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	6,73
Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	9,07

Su buharı direnci üzerinde kumaş tipinin etkisinin istatistiksel olarak %95 güven aralığında yapılan varyans analizi sonucunda önemli olduğu Tablo 3.44'te gösterilmiştir.

Tablo 3.44 Su buharı direnci varyans analizi sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Su Buharı Direnci	Kumaş Tipi	79,314	4	19,828	323,817	,000
	Hata	,612	10	,061		
	Genel	500,852	15			

Şekil 3.49’da görüldüğü üzere kumaşın perlit ile kaplanması su buharı direncini arttırmıştır. Kaplama işlemi, kumaşın gözeneklerini kapatacağından su buharı geçirgenliği azalmış su buharı direncinde yaklaşık olarak %230’lara varan artış olmuştur. Genleştirilmiş perlit daha gözenekli bir yapıya sahip olduğundan su buharı direncini ham perlit kadar arttırmamıştır.



Şekil 3.49 Kumaşların su buharı direnci grafiği

Kumaşların su buharı direnci değerleri açısından ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 3.45’te verilmiştir. İşlem görmemiş kumaşın su buharı direnci ile diğer tüm perlit kaplanmış kumaşların su buharı dirençleri arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak farklılık olduğu belirlenmiştir. Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş ile genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşların su buharı direnci arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir. Bu belirtilen durumlar haricinde kumaşlar arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak fark olduğu görülmüştür.

Tablo 3.45 Kumaşların su buharı direnci açısından ikili karşılaştırma sonuçları

Kumaşlar (I)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
İşlem Görmemiş Kumaş	G.T.	-1,110(*)	,202	,000
	G.Ç.	-1,473(*)	,202	,000
	H.T.	-4,023(*)	,202	,000
	H.Ç.	-6,363(*)	,202	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	1,110(*)	,202	,000
	G.Ç.	-,363	,202	,102
	H.T.	-2,913(*)	,202	,000
	H.Ç.	-5,253(*)	,202	,000
Genleştirilmiş Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	1,473(*)	,202	,000
	G.T.	,363	,202	,102
	H.T.	-2,550(*)	,202	,000
	H.Ç.	-4,890(*)	,202	,000
Ham Perlit ile Tek Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	4,023(*)	,202	,000
	G.T.	2,913(*)	,202	,000
	G.Ç.	2,550(*)	,202	,000
	H.Ç.	-2,340(*)	,202	,000
Ham Perlit ile Çift Taraflı Kaplanmış Kumaş	İ.G.	6,363(*)	,202	,000
	G.T.	5,253(*)	,202	,000
	G.Ç.	4,890(*)	,202	,000
	H.T.	2,340(*)	,202	,000

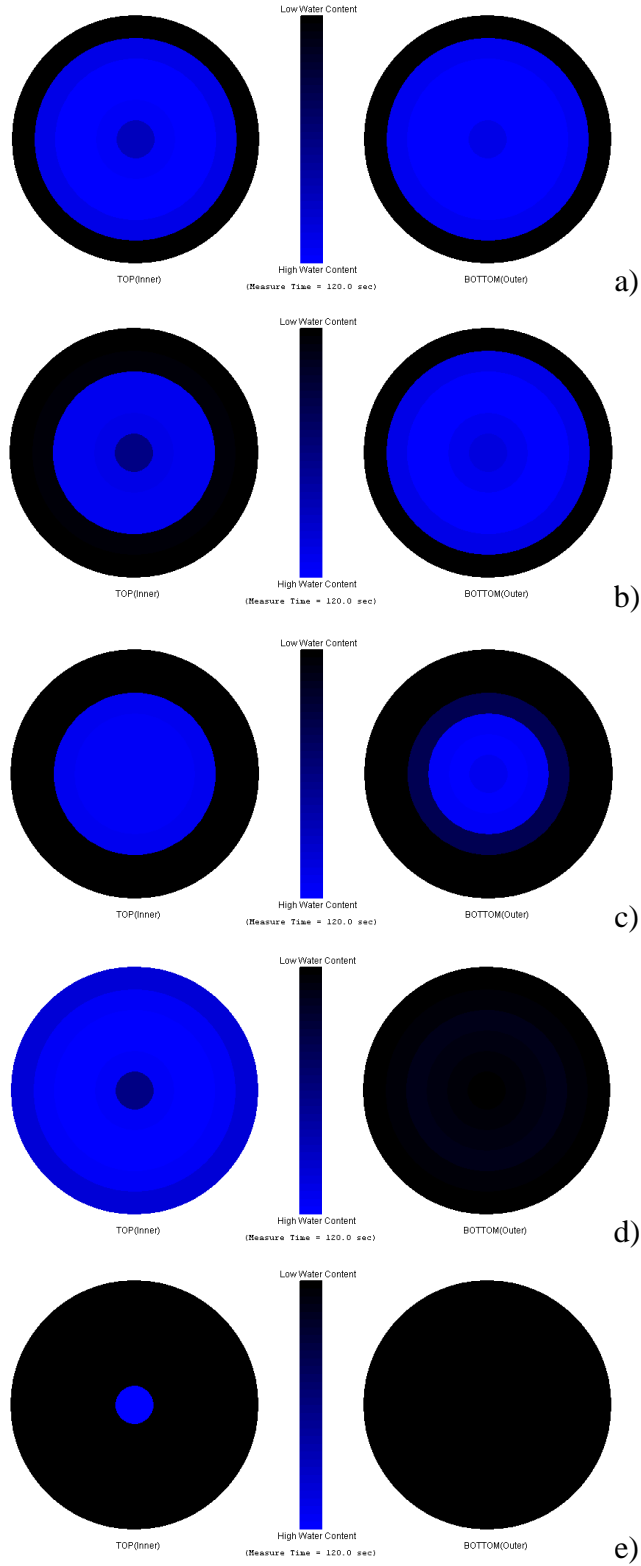
* ortalamalar arası fark 0,95 güven seviyesinde önemlidir.

Kumaşların MMT cihazında ölçülen ıslanma süresi, maksimum absorpsiyon hızı, maksimum ıslanma çapı ve yayılma hızı değerleri Tablo 3.46’da verilmiştir.

Tablo 3.46 Kumaşların çok yönlü nem iletim özellikleri

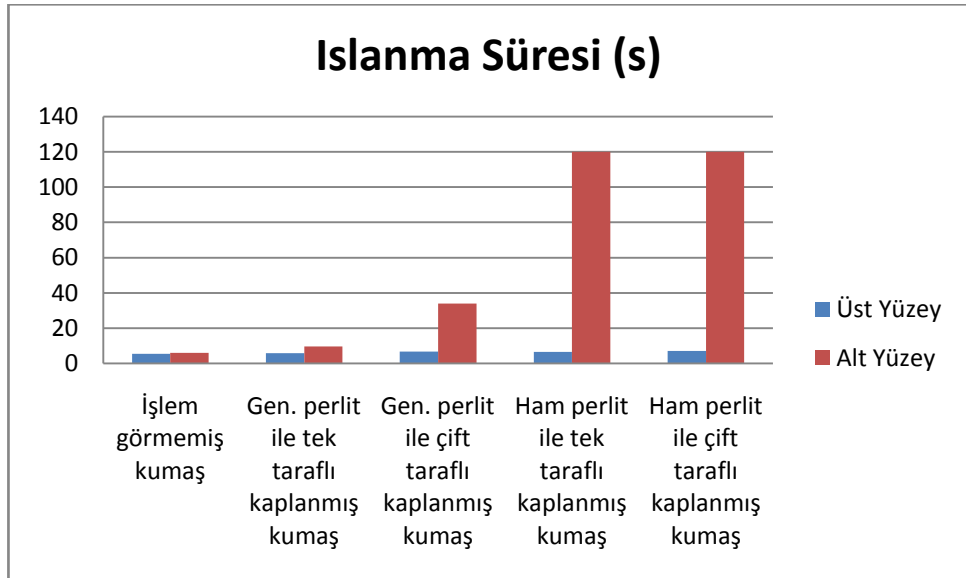
Kumaşlar	Üst Yüzey			
	Islanma Süresi (s)	Maksimum Absorpsiyon Hızı (%/s)	Maksimum Islanma Çapı (mm)	Yayılma Hızı (mm/s)
İşlem görmemiş kumaş	5,375	82,9211	25	3,0173
Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	5,901	70,8314	20	1,7725
Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	6,807	42,9553	20	1,3720
Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	6,573	70,3938	25	2,8173
Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	7,062	39,0763	5	0,6922
Kumaşlar	Alt Yüzey			
	Islanma Süresi (s)	Maksimum Absorpsiyon Hızı (%/s)	Maksimum Islanma Çapı (mm)	Yayılma Hızı (mm/s)
İşlem görmemiş kumaş	6,042	67,1225	25	2,8921
Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	9,615	26,3640	25	2,2295
Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	34,036	8,1542	15	0,5700
Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	119,953	0	0	0
Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	119,937	0	0	0

MMT cihazında kumaşın yerleşimi, kumaşın hangi yüzünün insan derisine temas edeceği bakımından önemlidir. Ölçüm cihazında sıvı, üstten kumaş yüzeyine bırakılacağı için insan derisine temas eden yüzün üste bakacak şekilde yerleştirilmesi gerekir. Perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşlar, kaplanmış yüzeyleri aşağı bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 3.50’de ölçüm sırasında oluşan kumaşların ıslanma görüntüleri verilmiştir. Burada mavi renk, yüksek sıvı içeriğini, siyah renk ise düşük sıvı içeriğini belirtmektedir.



Şekil 3.50 MMT cihazında kumaşların ıslanma görüntüleri a) İşlem görmemiş kumaş b) Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş c) Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş d) Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş e) Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş

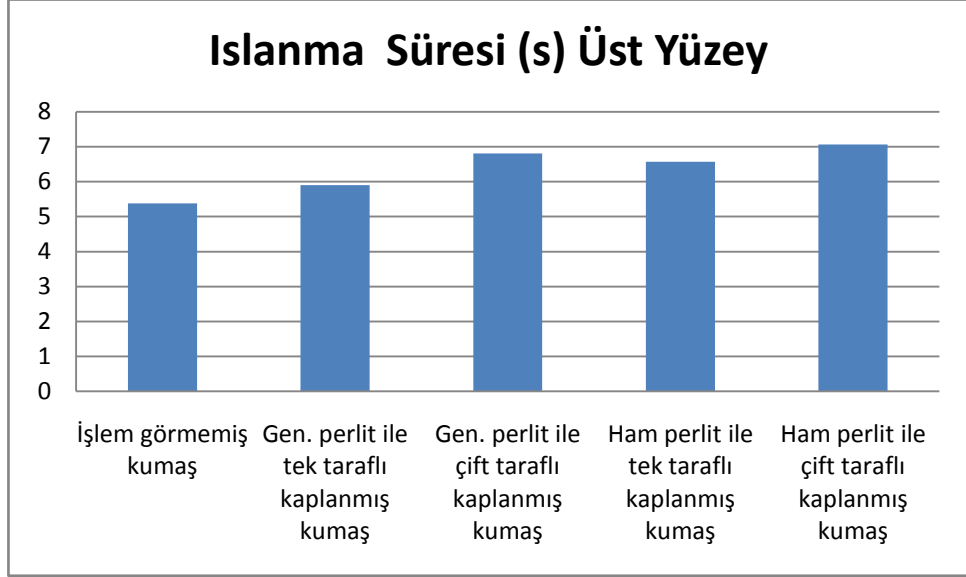
Şekil 3.51, Şekil 3.52 ve Şekil 3.53’de görüldüğü gibi kumaşın kaplama ile ıslanma süreleri değişmiştir. Üst yüzeylerin ıslanma sürelerinin alt yüzeylerin ıslanma sürelerinden daha az olduğu yani üst yüzeylerin daha çabuk ıslandığı görülmüştür. Kumaşın perlit ile kaplanması ıslanma sürelerini arttırmıştır. ıslanma süresi, su emicilik ile ilişkilidir. ıslanma süresinin artması kumaşın çabuk ıslanmadığı anlamına gelmektedir. Ham perlit ile kaplanmış kumaşlar geliştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşlara göre daha geç ıslanmışlardır. Gözenekli olan geliştirilmiş perlit su moleküllerininin daha kolay hareket etmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca ham perlit ile kaplanmış kumaşın temas açısının diğer kumaşlardan daha yüksek olması (Tablo 3.11) bu sonucu doğrulamaktadır.



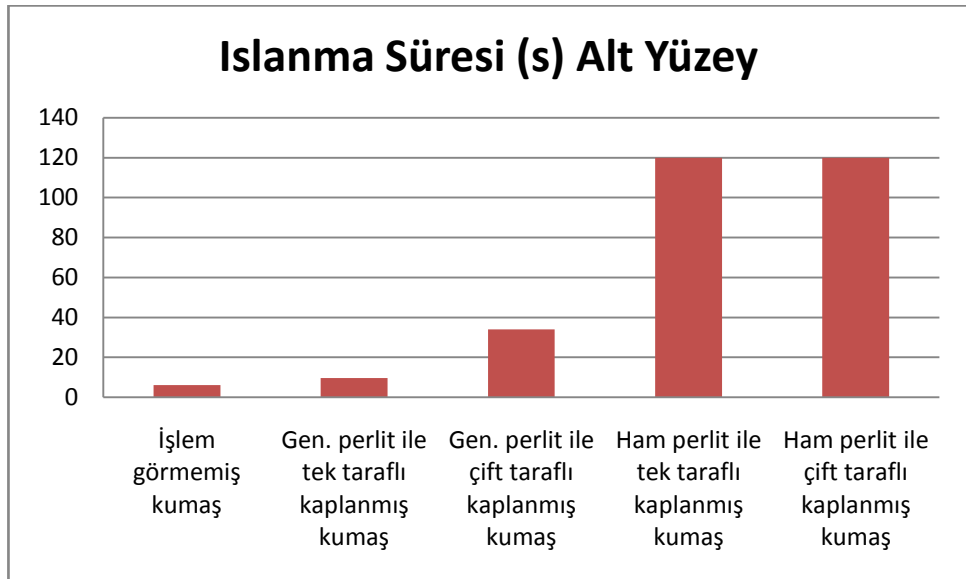
Şekil 3.51 Kumaşların alt ve üst yüzeylerinin ıslanma süreleri

Şekil 3.53’te görülen kumaşın alt yüzeyinde oluşan ıslanma süreleri incelendiğinde geliştirilmiş perlit ile çift taraflı olarak kaplanan kumaşın ıslanma süresinde büyük bir artış olduğu görülmektedir. Ham perlit ile kaplanan kumaşlarda kumaşın alt yüzeyinde ıslanma süresinin yaklaşık 120 saniye olduğu görülmektedir. MMT cihazında her bir ölçümün süresi 120 saniyedir. Bu noktadan yola çıkarak ölçüm süresi boyunca ham perlit ile kaplanan kumaşlarda alt yüzeye sıvı geçişinin olmadığı görülmüştür. Ayrıca Şekil 3.50’de de ham perlit ile kaplanmış kumaşların alt yüzeylerinin ıslanma görüntülerine bakıldığında, bu kumaşların ıslanmadığı yani

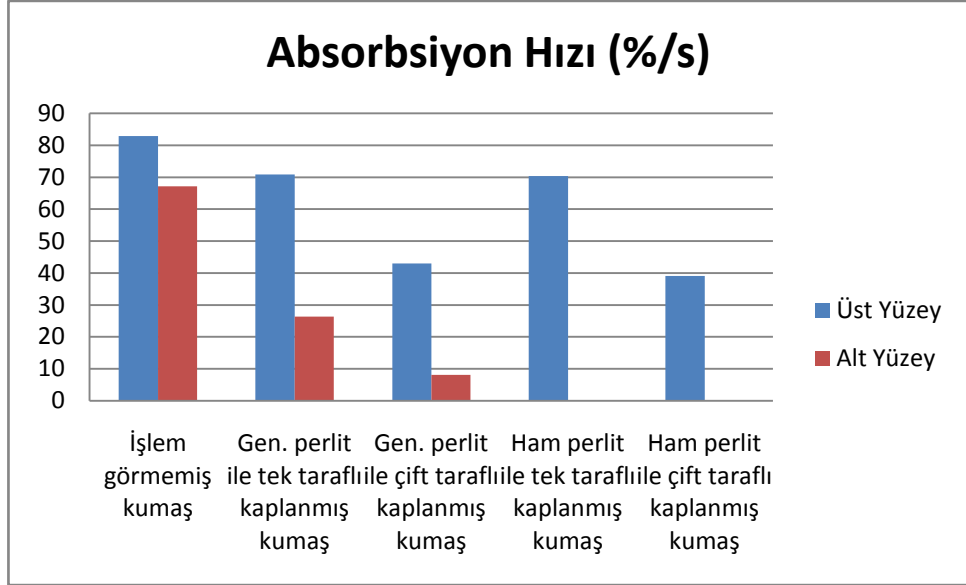
siyah renkli olarak kaldığı görülmektedir. Bu görüntülerde, kumaşın ıslanması arttıkça renk mavileşmektedir.



Şekil 3.52 Kumaşların üst yüzeylerinin ıslanma süreleri

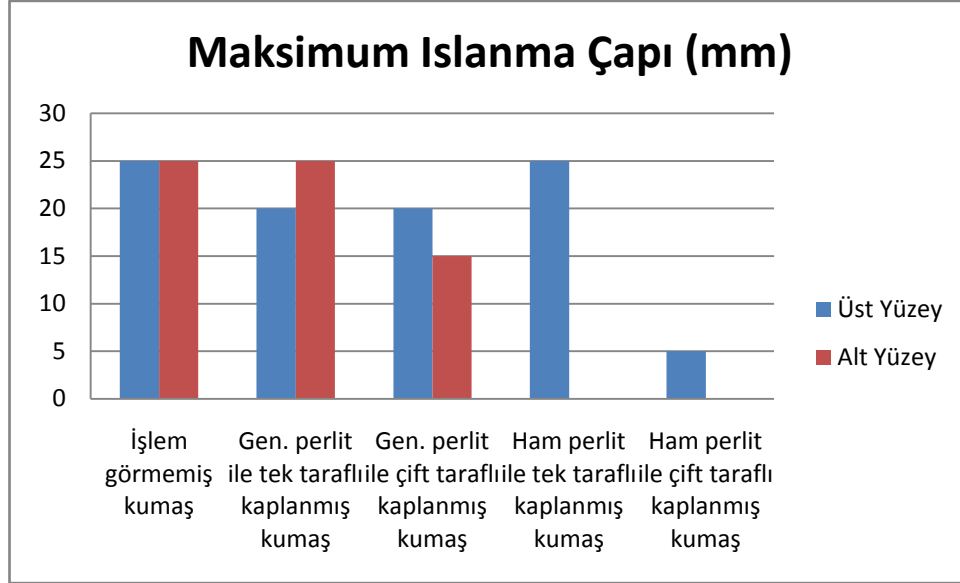


Şekil 3.53 Kumaşların alt yüzeylerinin ıslanma süreleri



Şekil 3.54 Kumaşların Absorbsiyon hızları

Perlit kaplı kumaşların absorpsiyon hızlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3.54'te kumaşların absorpsiyon hızları incelendiğinde kumaşın üst yüzeyindeki absorpsiyon hızının alt yüzeyinden daha fazla olduğu görülmektedir. Üst yüzeylerdeki absorpsiyon hızı incelendiğinde, hem tek taraflı hem de çift taraflı kumaşlarda ham ve genişletilmiş perlitin birbirinden pek farklı olmadığı görülmektedir. Çift taraflı kaplanmış kumaşlarda üst yüzeydeki absorpsiyon hızının, işlem görmemiş kumaşın absorpsiyon hızının yaklaşık %50'si kadar değer olarak çok düştüğü görülmektedir. Alt yüzeylerin absorpsiyon hızı incelendiğinde, ham perlit ile kaplanmış kumaşların absorpsiyon hızının sıfır değerine sahip olduğu görülmektedir. Çünkü bu kumaşlarda ölçüm süresi olan 120 s boyunca kumaşın altında ıslanma olmamıştır (Şekil 3.50).

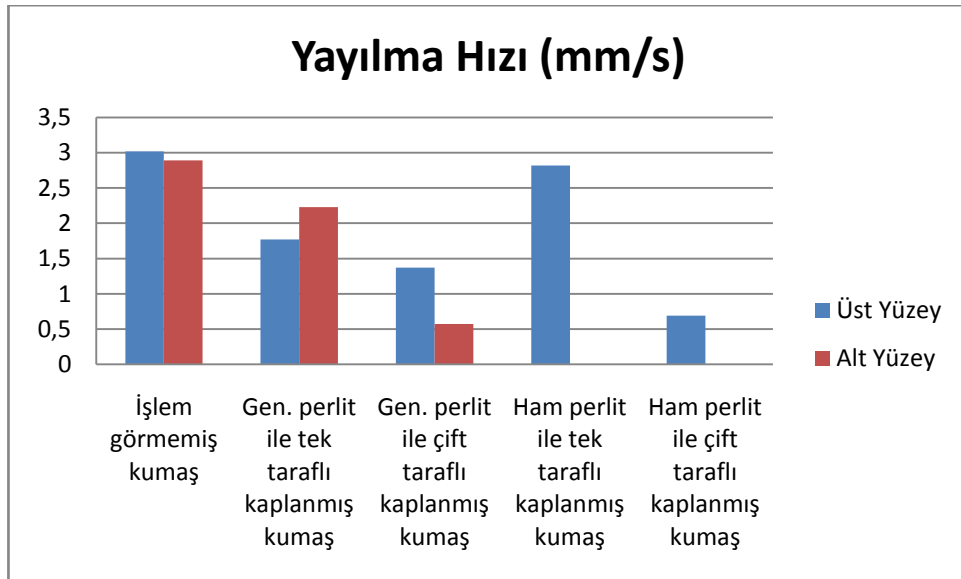


Şekil 3.55 Kumaşların maksimum ıslanma çapları

Kumaşların ıslanma çapları incelendiğinde (Şekil 3.55), geliştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşların üst yüzeylerinin, birbirine eşit miktarda ıslandığı ancak işlem görmemiş kumaşa (25 mm) göre daha küçük ıslanma çapına (20 mm) sahip oldukları görülmektedir. Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşların alt yüzeylerinde ise tek tarafı kaplanmış kumaşın ıslanma çapının (25 mm) işlem görmemiş kumaşla aynı olduğu, çift tarafı kaplanan kumaşın ıslanma çapının ise 15 mm olduğu belirlenmiştir. Tek tarafı geliştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşın alt yüzeyindeki absorpsiyon hızı üst yüzeyinden daha düşük olarak belirlenmiştir (Şekil 3.54) ancak ıslanma çapı kıyaslandığında alt yüzeyin üst yüzeyinden daha fazla ıslandığı ve işlem görmemiş kumaş ile arasında bir fark olmadığı görülmüştür. Genleştirilmiş perlit ile tek tarafı kaplanmış kumaşta alt yüzeyin yani perlitin olduğu yüzeyin, pamuk yüzeyden kendine doğru sıvıyı hızlıca çektiği ve yavaş yavaş alt yüzeye dağıttığı anlaşılmaktadır. Pamuk yüzeyin tamamen ıslanmasına fırsat vermeden suyu çektiği için pamuk olan üst yüzey işlemsiz kumaşın üst yüzeyi kadar ıslanamamıştır (Şekil 3.50). Ham perlit kaplanan kumaşlarda alt yüzeylerde ıslanma olmaması ve ıslanma süresi ile absorpsiyon hızı değerlerinden de tahminleneceği üzere maksimum ıslanma çapı 0 mm olarak tespit edilmiştir. Ham perlit kaplanan kumaşlarda üst yüzeyde oluşan ıslanma çapları incelendiğinde tek tarafı ham perlit ile kaplanmış kumaşın işlem görmemiş kumaş ile aynı çapta ıslandığı, ham perlit ile çift tarafı kaplanmış kumaşta ise ıslanma çapının 5 mm'ye düştüğü görülmektedir. Ham perlit

ile tek taraflı kaplamanın, kumaş yüzeyinde işlem görmemiş kumaş ile aynı miktarda ıslanma yarattığı ancak kumaşın alt yüzeyine bu ıslanmanın geçişini engellediği belirlenmiştir.

Yayılma hızları incelendiğinde kaplanmış kumaşlarda suyun daha yavaş yayıldığı görülmektedir (Şekil 3.56). Genleştirilmiş perlit kaplanmış kumaşlara bakıldığında, yüzeyin perlit ile kaplı olması yayılma hızını azaltmaktadır. Tek taraflı kaplanmış kumaşın alt yüzeyinin (perlit kaplı yüzey) üst yüzeyinden (kaplanmış yüzey) daha yüksek yayılma hızına sahip olması, bu kumaşın alt yüzeyinin üst yüzeyinden daha büyük çapta ıslanmış olmasından dolayıdır. Çünkü yayılma hızı, ıslanma çapının süreye oranıdır, ıslanma çapının yüksek olması yayılma hızını da arttırmaktadır. Aynı durum ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaşın üst yüzeyinin yayılma hızı için de geçerlidir. Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşların alt yüzeyinde ıslanma oluşmadığı için yayılma hızından da bahsedilemez.



Şekil 3.56 Kumaşların yayılma hızları

3.3.6 UV Geçirgenliği Sonuçları

Kumaşların AS/NZS 4399:1996'ya göre yapılan UV geçirgenliği ölçümü sonuçları; ortalama UPF, UPF derecesi ve UVA ile UVB ışınlarını geçirme yüzdesi değerleri olarak Tablo 3.47'de verilmiştir.

Tablo 3.47 Kumaşların UV geçirgenliği ölçüm sonuçları

Kumaşlar	Ortalama UPF	UPF Derecesi	Ortalama UVA %	Ortalama UVB %
İşlem görmemiş kumaş	8,96	5	19,78	9,13
Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	65,85	50+	6,42	0,88
Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	317,52	50+	2,32	0,14
Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	65,96	50+	6,66	0,87
Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	439,62	50+	2,3	0,03

Perlit ile kaplanmış tüm kumaşların UPF derecelerinin 50+ olduğu tespit edilmiştir. AS/NZS 4399'a göre UPF derecesi 40'tan büyük olan kumaşlar mükemmel koruyucu olarak derecelendirilmektedir. Buna göre kaplanmış kumaşların hepsi mükemmel UV koruyuculuk özelliğine sahiptir. Özellikle çift taraflı kaplanmış kumaşların 317 ve 439 UPF değerleriyle UV radyasyonuna karşı çok yüksek koruyuculuk gösterdikleri görülmüştür.

Kumaşların UV koruma özelliğinin yıkama ile nasıl değiştiğinin belirlenmesi amacıyla kumaşlar 20 kez yıkanmışlardır. Kumaşların her 5 yıkama sonrası UV geçirgenlikleri tekrar ölçülmüştür. Kumaşların yıkama öncesi ile birlikte 5, 10, 15 ve 20 yıkama sonrası ortalama UPF değerleri Tablo 3.48'de, UPF dereceleri ise Tablo 3.49'da verilmiştir.

Tablo 3.48 Kumaşların yıkama öncesi ve sonrası ortalama UPF değerleri

Kumaşlar	Ortalama UPF				
	Yıkama Öncesi	Yıkama Sonrası			
		5 Yıkama	10 Yıkama	15 Yıkama	20 Yıkama
Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	65,85	49,93	44,46	42,49	43,66
Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	317,52	286,29	188,05	144,91	133,97
Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	65,96	64,33	56,54	57,63	56,39
Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	439,62	347,57	351,2	369,69	329,83

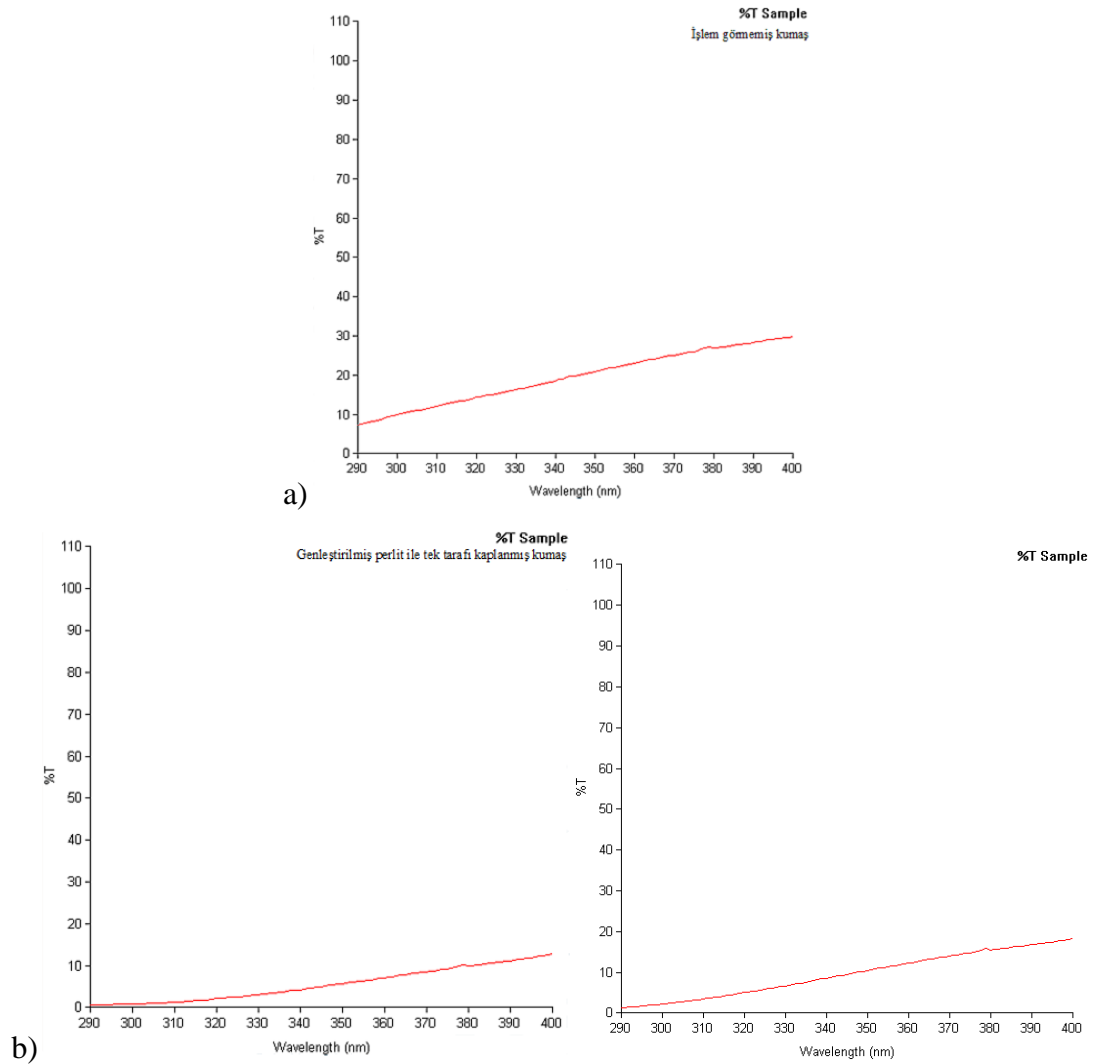
Tablo 3.49 Kumaşların yıkama öncesi ve sonrası UPF dereceleri

Kumaşlar	UPF Derecesi				
	Yıkama Öncesi	Yıkama Sonrası			
		5 Yıkama	10 Yıkama	15 Yıkama	20 Yıkama
Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	50+	45	40	40	40
Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	50+	50+	50+	50+	50+
Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş	50+	50+	50	50	50
Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş	50+	50+	50+	50+	50+

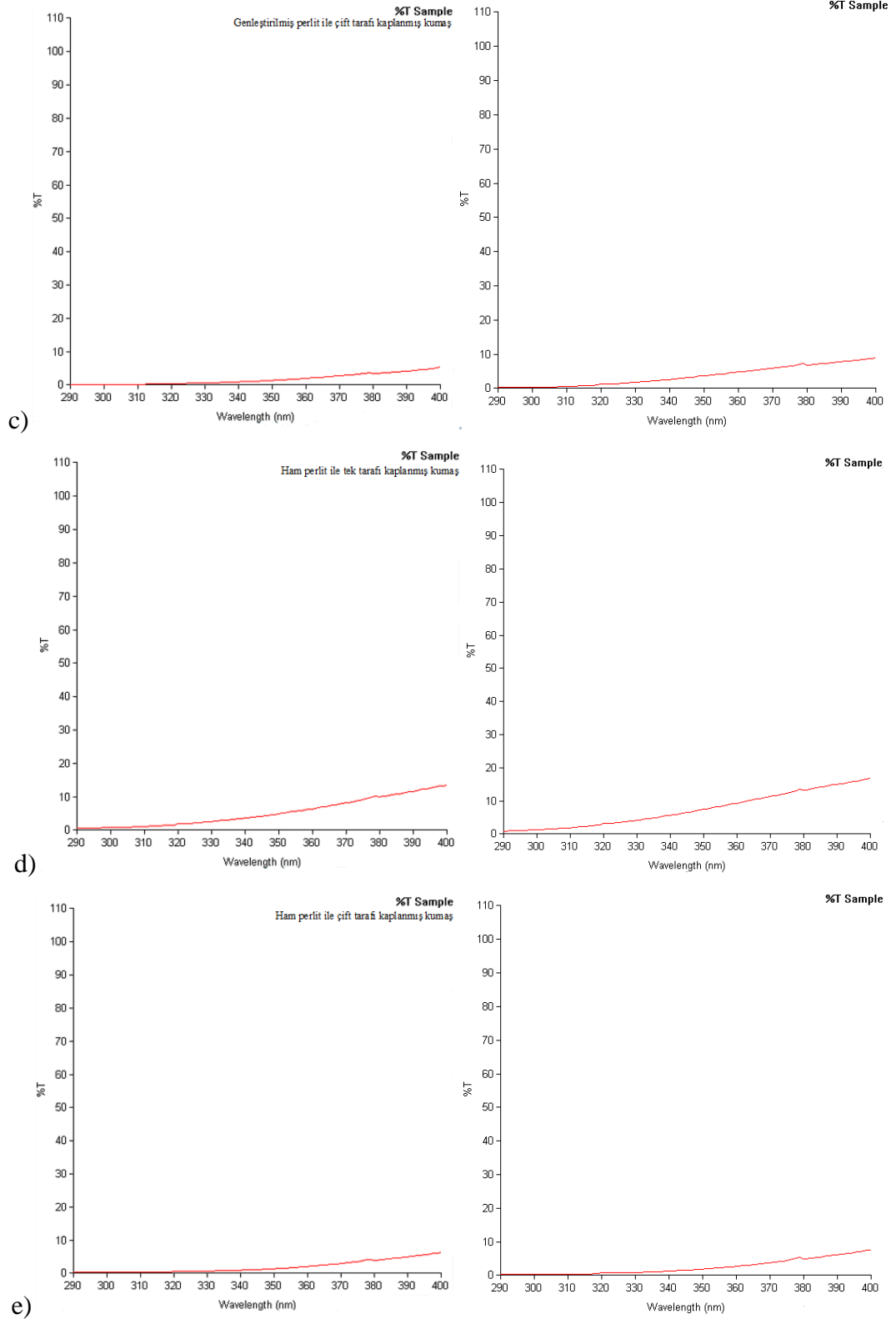
Yıkama sonrası UPF değerleri incelendiğinde kaplanmış kumaşların yıkama sonrası ortalama UPF değerlerinin biraz düştüğü görülmektedir. Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşlarda bu düşüş ham perlit ile kaplanmış olan kumaşlara göre daha fazla olmuştur. Genleştirilmiş perlitin yıkamalar esnasında ham perlitte göre kumaştan daha fazla uzaklaştığı tespit edilmiştir. Buna rağmen genleştirilmiş perlit ile tek ve çift taraflı kaplanmış kumaşların 20 yıkama sonrasında UPF değerleri sırasıyla 44 ve 134'tür. AS/NZS 4399'a göre UPF dereceleri 40 ve 50+ olup hala UV ışınlarına karşı mükemmel koruyuculuk göstermektedirler. Aynı şekilde ham perlit ile tek ve çift taraflı kaplanmış kumaşlar da 20 yıkama sonrasında sırasıyla 56 ve 329 UPF değerleri ve 50 ve 50+ UPF dereceleri ile hala UV radyasyonuna karşı

mükemmel koruyucudurlar. Sonuç olarak kumaşların 20 yıkama sonrasında UPF değerlerinde bir miktar düşüş olsa da koruyuculuklarının hala yüksek olduğu, yıkama ile koruyuculuklarını kaybetmedikleri tespit edilmiştir.

Kumaşların yıkama öncesi ve 20 yıkama sonrası UV ışınlarını geçirgenlik spektrumları aşağıda Şekil 3.57’de görülmektedir. 290-315 nm dalga boyu aralığındaki UVB ışınları daha yüksek frekansa ve dolayısıyla daha yüksek enerjiye sahip olmaları sebebiyle UVA ışınlarından daha zararlıdır. Şekil 3.57 incelendiğinde kumaşların UVB ışınlarını geçirgenliklerinin çok az olduğu, özellikle çift tarafı kaplanmış olan kumaşlarda UVB bölgesindeki geçirgenliğin sifıra yakın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.57 Kumaşların yıkama öncesi (sol) ve 20 yıkama sonrası (sağ) UV geçirgenlik spektrumu a) İşlem görmemiş kumaş b) Genleştirilmiş perlit ile tek tarafı kaplanmış kumaş



Şekil 3.57'nin devamı Kumaşların yıkama öncesi (sol) ve 20 yıkama sonrası (sağ) UV geçirgenlik spektrumu c) Genleştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş d) Ham perlit ile tek taraflı kaplanmış kumaş e) Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaş

3.4 Dikey Perde Tasarımı

Kumaşların çok yüksek UV koruyuculuk özelliklerinden faydalanabilmek amacıyla çift tarafı kaplanmış kumaşlardan dikey perde ürünü tasarlanmıştır. Dikey perdelerde, perdenin kullanım ömrünü uzatmak amacıyla, PVC içeren solüsyon ile fulardan geçirilmiş kumaşlar kullanılmıştır. Sadece PVC ile muamele edilmiş olan pamuklu kumaşın UPF derecesinin 5 olduğu, PVC'nin kumaşın UV geçirgenliği üzerinde etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Şekil 3.58'de dikey perde ürünü görülmektedir.



Şekil 3.58. Dikey perde ürünü

BÖLÜM DÖRT

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında bir çok sektörde geniş kullanım alanı bulan perlitin tekstil sektöründe kullanılabilirliği ile birlikte kumaşa ne gibi özellikler kazandırdığı araştırılmıştır. Bu amaçla %100 pamuk gabardin kumaş üzerine ham ve geliştirilmiş perlit sanayi tipi bir bıçaklı kaplama makinesinde kaplanmıştır. Ayrıca elle bir kaplama düzeneğinde de kumaşın iki yüzünden dörder kata kadar kaplanmıştır. Kaplanmış olan kumaşların yapısal ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi için kaplama kalınlığı, SEM, FTIR ve yüzey profili ölçümleri yapılmıştır. Kumaşlara mukavemet, kumaş kalınlığı, hava geçirgenliği, dökümlülük gibi fiziksel testlerin yanısıra su geçirmezlik, su iticilik, su buharı geçirgenliği, temas açısı ölçümü gibi kimyasal testler de uygulanmıştır. Tekstil atık suyunda renk giderimi ve zeytinyağı filtrasyonu konuları çalışılmıştır. Dikey, yatay, eğik yakma testleri ve LOI ölçümü ile kumaşların yanma davranışları araştırılmıştır. Bunların yanında kumaşların antibakteriyal özelliği, Cr tutuculuğu, akustik özellikleri, ısı özellikleri, nem iletim özellikleri ve UV geçirgenlik özellikleri incelenmiştir.

Perlit kaplanan kumaşların SEM görüntülerinin incelenmesi sonucunda perlitin kumaş yüzeyini tamamen örttüğü görülmüştür.

Kumaşların yüzey profilometresi ile yapılan ölçümleri sonucunda, kumaşın perlit ile kaplandığında pürüzlülük değerinin azaldığı, genişmiş perlit ile kaplanmış kumaşın 18,16 µm ve ham perlit ile kaplanmış kumaşın ise 26,48 µm ortalama yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu tespit edilmiştir.

Perlit kaplanmasıyla kumaşın hava geçirgenliği azalmıştır. Ham perlit ile kaplanan kumaşların hava geçirgenliklerinin geliştirilmiş perlit kaplanmış kumaşlara göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Perlit kaplanan kumaşların mukavemeti yaklaşık % 3 ile %15 arasında artmıştır, yıkama sonrası mukavemetin biraz daha arttığı görülmüştür.

Perlit kaplanması kumaşın dökümlülüğünü %28 ile %39 arasında azaltmıştır. Genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşın ham perlit ile kaplanmış kumaştan yaklaşık %4 daha dökümlü olduğu belirlenmiştir.

Ham perlit ile çift taraflı olarak kaplanmış kumaşın su geçirmezliğinin araştırmada kullanılan diğer kumaşlara göre daha iyi olduğu görülmüş ancak bu değer su geçirmez denilebilmesi için yeterli olmadığı tespit edilmiştir.

Perlit ile kaplamanın kumaşlara az bir su iticilik özelliği kazandırdığı ancak su itici hale getiremediği belirlenmiştir.

Perlit ile kaplamanın kumaşın su buharı geçirgenliğini azalttığı, bu azalmanın ham perlit ile kaplanmış kumaşlarda daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Perlit kaplanan kumaşların temas açılarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Özellikle ham perlit ile kaplanmış kumaş örneklerinin 130°'nin üzerinde temas açısı değerleri ile diğer örneklerden daha hidrofob olduğu görülmüştür.

Aspergillus niger ve *Staphylococcus aureus* ile yapılan agar difüzyon testlerinde perlit kaplanmış kumaşların etrafında mikroorganizmaların çoğaldığı ve kumaşların adı geçen mantar ve bakteri türüne karşı antimikrobiyal etki sağlamadıkları belirlenmiştir.

Genleştirilmiş perlit kaplanmış kumaşın 2 µg/ml Cr⁺⁶ derişiminde Cr⁺⁶ tutma özelliğinin olmadığı belirlenmiştir. Ham perlit ile tek ve çift taraflı kaplanmış kumaş 2 µg/ml Cr⁺⁶ derişiminde sırasıyla %13 ve %25 Cr⁺⁶ tutuculuğu göstermiştir. Cr derişimine bağlı olarak Cr tutuculuk etkinliğinin değiştiği, iyi sonucun ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşlarda elde edildiği görülmüştür. Ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşın 0,5 µg/ml ve daha az Cr⁺⁶ derişimlerinde %90'ın üzerinde tutuculuk sağladığı saptanmıştır.

Laboratuvarda hazırlanan tekstil atık suyu, vakum pompası ve membran filtrasyon sistemi olmak üzere iki değişik şekilde filtre edilmiştir. Her iki sistemde de perlit kaplanmış kumaşların tekstil atıksuyunda renk giderimi sağlamadığı belirlenmiştir.

Zeytinyağının kumaşlardan filtre edilmesi sonucu perlit kaplanmış kumaşların zeytinyağının kalite parametrelerinden olan serbest yağ asitliği ile E_{232} ve E_{270} özgül soğurma değerleri üzerinde değişim yaratmadan, yağın parlaklığını ve berraklığını arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle perlit kaplanmış kumaşların zeytinyağının kalitesini bozmadan parlaklığını ve berraklığını iyileştirdiği belirlenmiştir.

Yapılan dikey yakma testi sonucunda alev yayılma süresinin 3 katına kadar çıktığı saptanmıştır. Ham perlit ile kaplanmış kumaşların, alev yayılma sürelerinin geliştirilmiş perlit kaplanmış kumaşlarınkinden daha iyi olduğu görülmüştür.

Yatay yakma testi sonucunda perlit kaplanmış kumaşlarda toplam yanma süresinde %10-65 arasında artma olduğu, alev yayılma hızında %10-40 arasında azalma olduğu görülmüştür. Ham perlit kaplanmış kumaşlarda geliştirilmiş perlit kaplanmış kumaşlara göre alevin daha yavaş yayıldığı ve yanma süresinin daha uzun sürdüğü belirlenmiştir.

Eğik yakma testi sonucunda alev yayılma süresinin geliştirilmiş perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşta %25 arttığı, ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşta ise %125 arttığı belirlenmiştir.

Pamuklu kumaşın %19 olan LOI değerinin perlit ile 1'er kat kaplanmış kumaşlarda %20,6'ya çıktığı saptanmıştır. Elle kaplama düzeneğinde tek taraflı 3 ve 4 kat, çift taraflı 3'er kat kaplanmış kumaşların LOI değeri %21,35; çift taraflı 4'er kat kaplanmış kumaşın LOI değerinin %22,1 olduğu saptanmıştır. Literatürde bu LOI değerini veren kumaşlar yavaş yanıcı olarak nitelendirilmektedir. Kaplama tekrarı arttıkça, LOI değerinde yükselme görülmüştür.

Düşük frekanslarda 10 katlı malzemenin, yüksek frekanslarda 5 katlı malzemenin daha fazla ses yutuculuğu gösterdiği saptanmıştır. Genleştirilmiş perlit dolgulu malzemelerin, ham perlit dolgulu malzemelere göre daha fazla ses yutuculuğuna sahip olduğu belirlenmiştir. Genleştirilmiş perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaştan dolgusu genleştirilmiş perlit olan malzemenin ses yutma katsayısı 6400 Hz.'de 0,68 değerine ulaşmıştır. Perlit ile kaplanan kumaşın dokusunun da önemli olduğu, dokusuz yüzey kumaşın dokuma kumaştan daha fazla ses yutucu olduğu tespit edilmiştir. 3800 Hz.'den daha düşük frekanslarda ham perlit kaplanmış dokusuz yüzey kumaşın, daha yüksek frekanslarda ise genleştirilmiş perlit kaplanmış dokusuz yüzey kumaşın ses yutuculuğunun daha iyi olduğu belirlenmiştir. 6400 Hz.'de genleştirilmiş perlit kaplanmış dokusuz yüzey kumaşın ses yutma katsayısının 0,65'e kadar çıktığı saptanmıştır. 2600 Hz.'de ise ham perlit kaplanmış dokusuz yüzey kumaşın ses yutma katsayısının 0,53'e ulaştığı belirlenmiştir.

Kaplanmış kumaşların ısı iletkenliklerinin, işlem görmemiş kumaşa göre daha fazla olduğu, genleştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşların ham perlit ile kaplanmış kumaşlara göre daha fazla ısı iletkenliğe sahip olduğu saptanmıştır. Kaplanmış kumaşların ilk temas anında pamuklu kumaşa göre daha soğuk his verdiği, genleştirilmiş perlit ile tek tarafı kaplanmış kumaşın ilk temas anında diğer kumaşlardan daha soğuk his verdiği belirlenmiştir. Kaplanmış kumaşların ısı dirençlerinin pamuklu kumaştan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Su buharı direncinin perlit kaplanmış kumaşlarda daha yüksek olduğu, ham perlit ile çift taraflı kaplanmış kumaşta su buharı direncinin pamuklu kumaşın 3,3 katına kadar çıktığı tespit edilmiştir.

Çok yönlü nem iletim özellikleri incelendiğinde ham perlit ile kaplanmış kumaşlarda, kumaşın alt yüzeyine sıvının geçmediği belirlenmiştir. Perlit kaplanmış kumaşların pamuklu kumaşa göre ıslanmaları için geçen sürenin daha fazla olduğu, maksimum absorpsiyon hızlarının (%/s) ve yayılma hızlarının (mm/s) daha düşük olduğu saptanmıştır.

Pamuklu kumaşın UPF değerinin 8,9; UPF derecesinin 5 olduğu, perlit ile tek taraflı olarak kaplanmış kumaşlarda UPF değerinin 65'e, UPF derecesinin de 50+'ya yükseldiği tespit edilmiştir. Çift taraflı kaplanan kumaşlarda, geliştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşta UPF değeri 317 olarak, ham perlit kaplanmış kumaşta UPF değeri 439 olarak elde edilmiştir. Tüm kaplanmış kumaşlar 50+ UPF derecesi ile mükemmel UV koruyuculuk özelliğine sahip olduğu saptanmıştır. 20 yıkama sonrasında UPF değerlerinde biraz azalma olsa da hala mükemmel koruyucu özelliğini yitirmemişlerdir.

Ham perlit ile kaplanan kumaşlar Cr^{+6} tutuculuğu, dikey, yatay ve eğik yakma testlerinde ve UV ışınlarından korumada geliştirilmiş perlit kaplanmış kumaşlara göre daha iyi sonuç vermiştir. Geliştirilmiş perlit ile kaplanan kumaşlar radyan ısıya karşı koruma ve akustik özellik bakımından ham perlit ile kaplanan kumaşlara göre daha iyi sonuç vermiştir.

Bu çalışmada geliştirilen kumaşlar perde, çadır, branda, güneş şemsiyesi ve şapka olarak UV radyasyonuna karşı koruma amacıyla kullanılabilir. Ayrıca düşük seviyede radyan ısıya maruz kalınan işyerlerinde koruyucu iş elbisesi olarak kullanılabilir.

Geliştirilmiş perlit ile kaplanmış kumaşlar gümüş gibi hassas temizlik gerektiren metal malzemelerin parlatılması ve temizlenmesi amacıyla kullanılabilir.

Geliştirilen kumaşların, zeytin karasuyu filtrasyonu, Hg, Fe vb. ağır metallerin uzaklaştırılması gibi farklı filtrasyon alanlarında da kullanılabilirliği araştırılabilir.

Bu tez çalışmasının dışında kalan, farklı tekniklerle oluşturulmuş (dokuma, örme, dokusuz yüzey) ya da geri dönüşüm ile elde edilmiş tekstil yüzeylerine perlit applike edilerek farklı frekanslardaki ses yutuculuk özellikleri incelenebilir.

Perlitin nano ya da mikron altı boyutlara getirilmesi konusunda gerekli çalışmalar yapılarak, plazma ya da sol jel teknikleri ile kumaşa uygulaması sonucunda elde

edilecek tekstil yüzeylerinin performans özellikleri inceleyebilir. Ayrıca kompozit lif üretiminde perlit kullanılarak oluşturulacak tekstil yüzeylerinin özellikleri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

AATCC Test Method 22-2010. *Water Repellency: Spray Test.*

AATCC Test Method 30-2004. *Antifungal Activity, Assessment on Textile Materials: Mildew and Rot Resistance of Textile Materials.*

AATCC Test Method 100-2004. *Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of.*

AATCC Test Method 127-2008. *Water Resistance: Hydrostatic Pressure Test.*

AATCC Test Method 147-2004. *Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method.*

AATCC Test Method 195-2010. *Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics.*

Abdel-Rehim, Z. S., Saad, M.M., El-Shakankery, M. ve Hanafy, I. (2006). Textile fabrics as thermal insulators. *AUTEX Research Journal*, 6 (3), 148-161.

Abidi, N., Hequet, E., Tarimala, S. ve Dai, L. L. (2007). Cotton fabric surface modification for improved UV radiation protection using sol-gel process. *Journal of Applied Polymer Science*, 104, 111-117.

Aguedacha, A., Brosillon, S., Morvan, J. ve Lhadi, E. K. (2005). Photocatalytic degradation of azo-dyes reactive black 5 and reactive yellow 145 in water over a newly deposited titanium dioxide. *Applied Catalysis B: Environmental*, 57, 55-62.

Ahmad, A. L. ve Puasa, S. W. (2007). Reactive dyes decolourization from an aqueous solution by combined coagulation/micellar-enhanced ultrafiltration process. *Chemical Engineering Journal*, 132, 257-265.

Akbari, A., Remigy, J. C. ve Aptel, P. (2002). Treatment of textile dye effluent using a polyamide-based nanofiltration membrane. *Chemical Engineering and Processing*, 41, 601-609.

- Al-Ghouti, M. A., Khraisheh, M. A. M., Allen, S. J. ve Ahmad, M. N. (2003). The removal of dyes from textile wastewater: a study of the physical characteristics and adsorption mechanisms of diatomaceous earth. *Journal of Environmental Management*, 69, 229-238.
- Alongi, J., Ciobanu, M., Tata, J., Carosio F. ve Malucelli G. (2011). Thermal stability and flame retardancy of polyester, cotton, and relative blend textile fabrics subjected to sol-gel treatments. *Journal of Applied Polymer Science*, 119, 1961-1969.
- Alp, İ. (1977). Perlit arama ve işletme izni nasıl alınır? *I. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri*, 163-165.
- Anita, S., Ramachandran, T., Rajendran, R., Koushik, C. V. ve Mahalakshmi, M. (2011). A study of the antimicrobial property of encapsulated copper oxide nanoparticles on cotton fabric. *Textile Research Journal*, 81 (10), 1081-1088.
- ASTM C 423-02a. *Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method*.
- ASTM D 2863-77. *Standard Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics (Oxygen Index)*.
- ASTM D 1230. *Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles*.
- ASTM E 1050. *Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using A Tube, Two Microphones and A Digital Frequency Analysis System*.
- ASTM F 1939. *Standard Test Method for Radiant Heat Resistance of Flame Resistant Clothing Materials with Continuous Heating*.
- AS/NZS 4399-1996. *Sun protective clothing – Evaluation and classification*.

- Barker, R. L. ve Lee, Y. M. (1987). Analyzing the transient thermophysical properties of heat-resistant fabrics in TPP exposures. *Textile Research Journal*, 57 (6), 331-338.
- Barker, J. M. ve Santini, K. (2006). Perlite. J. E. Kogel, N. C. Trivedi, J. M. Barker, S. T. Krukowski, (Eds.). *Industrial Minerals and Rocks: Commodities, Markets and Uses* (7th ed.) (685-702). USA: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- Barnes, R. E. (1962). Perlite industry. *AIME Transactions (Mining)*, 223, 180-183.
- Bayrak, A. (2010). *Ege bölgesi zeytinyağlarının Aroma Profilleri ve Bazı Kalite Özelliklerinin Araştırılması*. Ankara Üniversitesi Bilimsel Arastırma Projeleri, Proje No: 08B4343006.
- Beudant, F.S. (1822). *Voyage mineralogique et geologique, en Hongrie, pendant l'annee 1818*. Paris: Chez Verdier, Libraire, Quai Des Augustins.
- Bilgi, M. ve Kalaoğlu, F. (2010). Özel apre tekniklerinin askeri kumaşların performans ve konforu üzerindeki etkileri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20 (4), 343-347.
- Bolen, W. P. (2011). Perlite. *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2009*.
- Bottino, A., Capannelli, G., Comite, A., Ferrari, F., Marotta, F., Mattei, A. ve Turchini, A. (2004). Application of membrane processes for the filtration of extra virgin olive oil. *Journal of Food Engineering*, 65, 303-309.
- Breese, R. O. Y. ve Barker, J. M. (1994). Perlite. D. D. Carr, (Ed.). *Industrial Minerals and Rocks* (6th ed.) (735-747). USA: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- BS 3424. *Testing coated fabrics. Method 37. Method for determination of water vapour permeability index (WVPI)*.

- Caravaca, A. M. G., Cerretani, L., Bendini, A., Carretero, A. S., Gutierrez, A. F. ve Lercker, G. (2007). Effect of filtration systems on the phenolic content in virgin olive oil by HPLC-DAD-MSD. *American Journal of Food Technology*, 2 (7), 671-678.
- Carosio, F., Laufer, G., Alongi, J., Camino, G. ve Grunlan, J. C. (2011). Layer-by-layer assembly of silica-based flame retardant thin film on PET fabric. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 745-750.
- Chamberlin, R. M. ve Barker J. M. (1996). Genetic aspects of commercial perlite deposits in New Mexico. *Proceedings of 31st Forum on the Geology of Industrial Minerals*, Socorro, USA, 171-186.
- Chang, S., Condon, B., Graves, E., Uchimiya, M., Fortier, C., Easson, M. ve Wakelyn, P. (2011). Flame retardant properties of triazine phosphonates derivative with cotton fabric. *Fibers and Polymers*, 12 (3), 334-339.
- Chen, S., Chen, S., Jiang, S., Xiong, M., Luo, J., Tang, J. ve Ge, Z. (2011). Environmentally friendly antibacterial cotton textiles finished with siloxane sulfopropylbetaine. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 3, 1154-1162.
- Chen, S.; Zheng, Q.; Ye, G.; Zheng, G. (2006). Fire-retardant properties of the viscose rayon containing alkoxy cyclotriphosphazene. *Journal of Applied Polymer Science*, 102, 698-702.
- Chen, Z. ve Yin, G. (2010). Suitability of a rare earth organic light conversion agent of Eu(III) complex to improve ultraviolet protection properties of cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 80 (18), 1982-1989.
- Chung, G. ve Lee, D. H. (2005). A study on comfort of protective clothing for firefighters. In *Environmental Ergonomics* (1st ed.) (375-378). Elsevier.
- Crocker, M. J., ve Arenas, J. P. (2007). Use of Sound-Absorbing Materials. M. J. Crocker, (Ed.), *Handbook of Noise and Vibration Control*. New York: John Wiley and Sons.

- Czajkowski, W., Paluszkiwicz, J., Stolarski, R., Kazmierska, M. ve Grzesiak, E. (2006). Synthesis of reactive UV absorbers, derivatives of monochlorotriazine, for improvement in protecting properties of cellulose fabrics. *Dyes and Pigments* 71, 224-230.
- Çapar, G., Yetiş, Ü. ve Yılmaz, L. (2004). Halı boyama atıksularının membran prosesleri ile arıtımı. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 14 (2), 9-15.
- Damas, S. B., Miranda, M. I. A., Pia, A. B., Clar, M. I. I., Clar, A. I. ve Roca, J. A. M. (2010). Ceramic membrane behavior in textile wastewater ultrafiltration. *Desalination*, 250, 623-628.
- Das, A., Kothari, V. K. ve Sadachar, A. (2007). Comfort characteristics of fabrics made of compact yarns. *Fibers and Polymers* 2007, 8 (1), 116-122.
- Dastjerdi, R., Montazer, M. ve Shahsavan, S. (2010). A novel technique for producing durable multifunctional textiles using nanocomposite coating. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 81, 32-41.
- Devaux, E., Rochery, M. ve Bourbigot, S. (2002). Polyurethane/clay and polyurethane/POSS nanocomposites as flame retarded coating for polyester and cotton fabrics. *Fire and Materials*, 26, 149-154.
- Dias, T. ve Monaralaga, R. (2006). Sound absorption in knitted structures for interior noise reduction in automobiles. *Measurement Science and Technology*, 17, 2499-2505.
- Dias, T., Monaralaga, R. ve Lay, E. (2007). Analysis of thick spacer fabrics to reduce automobile interior noise. *Measurement Science and Technology*, 18, 1979-1991.
- Dias, T., Monaralaga, R., Needham, P. ve Lay, E. (2007). Analysis of sound absorption of tuck spacer fabrics to reduce automotive noise. *Measurement Science and Technology*, 18, 2657-2666.

- Doğan, M., Alkan, M. ve Çakır, Ü. (1997). Electrokinetic Properties of Perlite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 192, 114-118.
- Doğan, M., Alkan, M., Türkyılmaz, A. ve Özdemir, Y. (2004). Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption onto perlite. *Journal of Hazardous Materials*, 109, 141-148.
- DPT, (2001). Perlit. *Devlet Planlama Teşkilatı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu-Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III*, 25-42.
- Dubrovski, P. D. ve Golob, D. (2009). Effects of woven fabric construction and color on ultraviolet protection. *Textile Research Journal*, 79 (4), 351-359.
- El-Hady, R. A. M. A. ve El- Baky, R. A. A. A. (2011). Enhancing the functional peroperties of sportswear fabric based carbon fiber. *Asian Journal of Textile*, 1 (1), 14-26.
- Elmacı, A., Yonar, T., Özengin, N. ve Türkoğlu, H. (2005). Zn(II), Cd(II), Co(II) ve Remazol Turkish Blue-G boyar maddesinin sulu çözeltilerinde kurutulmuş *Chara* sp., *Cladophora* sp. ve *Chlorella* sp. türleri ile biyosorpsiyonun araştırılması. *Ekoloji*, 14 (55), 24-31.
- El-Shafei, A. ve Okeil, A. A. (2011). ZnO/carboxymethyl chitosan bionano-composite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric. *Carbohydrate Polymers*, 83, 920-925.
- EN 367. *Protective clothing – protection against heat and fire – method of determining heat transmission on exposure to flame.*
- EN 469. *Protective clothing for firefighters – performance requirements for protective clothing for firefighting.*
- Erdem, N., Cireli, A. ve Erdoğan, Ü. H. (2009). Flame retardancy behaviors and structural properties of polypropylene/nano-SiO₂ composite textile filaments. *Journal of Applied Polymer Science*, 111, 2085-2091.

- Erdem, N., Erdoğan Ü. H., Cireli, A. ve Onar N. (2009). Structural and ultraviolet-protective properties of nano-TiO₂-doped polypropylene filaments. *Journal of Applied Polymer Science*, 115, 152–157.
- Fahmy, H. M. (2009). Utilization of poly(N-vinyl-2-pyrrolidone) in easy care finishing of cotton fabrics to improve their performance properties and antibacterial activities. *Journal of Industrial Textiles*, 39 (2), 109-122.
- Fahmy, H. M. ve Abdel-Halim, E. S. (2010). Utilization of poly(N-vinyl-2-pyrrolidone) to enhance the performance properties as well as UV protection of ester crosslinked cotton fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 40 (2), 109-121.
- Fanglong, Z., Weiyuan, Z. ve Minzhi, C. (2007). Investigation of material combinations for fire-fighter's protective clothing on radiant protective and heat-moisture transfer performance. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15 (1), 72-75.
- Fenimore, C. P. (1975). E. Pearce, (Ed.), *Flame retardant polymeric materials* (Vol.1), New York: Springer.
- Fisher, R. V. ve Schminche, H. U. (1984). *Pyroclastic Rocks*. Springer Verlag.
- FMVSS 302. *Federal Motor Vehicle Safety Standard*.
- Fregapane, G., Lavelli, V., Leon, S., Kapuralin, J. ve Salvador, M. D. (2006). Effect of filtration on virgin olive oil stability during storage. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 108, 134-142.
- Frydrych, I., Dziworska, G. ve Bilaska, J. (2002). Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 10 (4), 40-44.
- Gaan, S. ve Sun, G. (2007). Effect of phosphorus flame retardants on thermo-oxidative decomposition of cotton. *Polymer Degradation and Stability*, 92, 968-974.

- Gambichler, T., Hatch, K. L., Avermaete, A., Bader, A., Herde, M., Altmeyer, P. ve Hoffmann K. (2002). Ultraviolet protection factor of fabrics: Comparison of laboratory and field-based measurements. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 18, 135-140.
- Gies, H. P., Roy, C. R. ve Holmes, G. (2000). Ultraviolet radiation protection by clothing: Comparison of *in vivo* and *in vitro* measurements. *Radiation Protection Dosimetry*, 91 (1-3), 247-250.
- Gouda, M., Keshk, S. M. A. S. (2010). Evaluation of multifunctional properties of cotton fabric based on metal/chitosan film. *Carbohydrate Polymers*, 80, 504–512.
- Gökhan, Ç. (1977). İnşaat malzemesi olarak perlit. *I. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri*, 33-39.
- Grancaric, A. M., Tarbuk, A. (2009). EDA modified PET fabric treated with activated natural zeolite nanoparticles, *Materials Technology*, 24 (1), 58-63.
- Grayson, M. (Ed.). (1983). *Enclclopedia of Composite Materials and Components*. New York: Wiley&Songs.
- Gu, H. (2009). Research on thermal properties of Nomex/Viscose FR fibre blended fabric. *Materials & Design*, 30, 4324-4327.
- Guanxiong, Q., Yuan, Z., Zhongwei, W., Jianli, L. ve Jie, Z. (1991). Comfort in knitted fabrics. *Proceedings of International Man-Made Fibres Congress*, Dornbirn, Austria, 112-124.
- Gün, A. D. (2011). Dimensional, physical and thermal comfort properties of plain knitted fabrics made from modal viscose yarns having microfibers and conventional fibers. *Fibers and Polymers*, 12 (2), 258-267.
- Güneşoğlu, S., Meriç, B. ve Güneşoğlu, C. (2005). Thermal contact properties of 2-yarn fleece knitted fabrics. *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 13 (2), 46-50.

- Hanay, Ö. ve Hasar, H. (2007). Fenton oksidasyon prosesi ile tekstil endüstrisi atıksuyunda renk giderimi. *Science and Engineering Journal of Firat University*, 19 (4), 505-509.
- Harben, P. W. ve Kuzwart, M. (1997). Perlite. *Industrial Minerals: A Global Geology* (280-288). Industrial Minerals Information Ltd.
- Harris, D. A. (1997). Noise control manual for residential buildings. New York: McGraw Hill Book;. p. 202-5.
- Hassall, J. R. ve Zaveri, K., 1988. *Acoustic Noise Measurements*. Denmark: Bruel&Kjaer.
- Hassan, M. A., Hammada, H. A., Salah, A. M. ve Attia N. F. (2010). Thermal analysis techniques as a primary sign for fire retardancy of new textile back-coating formulations. *Journal of Industrial Textiles*, 39 (4), 357-376.
- Hes, L. (2001). Fast determination of surface moisture absorptivity of smart underwear knits. *Proceedings of International Textile Conference*, Terrassa, Spain.
- Honarvar, M. G., Jeddi, A. A. A. ve Tehran, M. A. (2010). Noise absorption modeling of rib knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 80 (14), 1392-1404.
- Horrocks, A. R., Wang, M. Y., Hall, M. E., Sunmonu, F. ve Pearson, J. S. (2000). Flame retardant textile back-coatings. Part 2. Effectiveness of phosphorus-containing flame retardants in textile back-coating formulations. *Polymer International*, 49, 1079-1091.
- Horrocks, A. R., Tune, M. ve Price, D. (1989). The burning behavior of textiles and its assessment by oxygen-index methods. *Textile Progress*, 18 (1-3), 1-186.
- Houssa, C. E. (1999). Talking Turkey-an update on the Turkish minerals industry. *Industrial Minerals*, 379, 21-47.

- Hu, J., Li, Y., Yeung, K., Wong A. S. W. ve Xu, W. (2005). Moisture management tester: A method to characterize fabric liquid moisture management properties. *Textile Research Journal*, 75(1), 57-62.
- Huang, W. ve Leonas, K. K. (2000). Evaluating a one-bath process for imparting antimicrobial activity and repellency to nonwoven surgical gown fabrics. *Textile Research Journal*, 70 (9), 774-782.
- Ibrahim, N. A., El-Gamal, A. R., Gouda, M. ve Mahrous, F. (2010). A new approach for natural dyeing and functional finishing of cotton cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 82, 1205-1211.
- Ibrahim, N. A., El-Zairy, E. M. R., El-Zairy, M. R. ve Khalil, H. M. (2010). Improving transfer printing and ultraviolet-blocking properties of polyester-based textiles using MCT- β -CD, chitosan and ethylenediamine. *Coloration Technology*, 126, 330-336.
- Ibrahim, N. A., Fahmy, H. M., Rehim, M. A., Sharaf, S. S. ve Abo-Shosha, M. H. (2010). Finishing of cotton fabrics with hyperbranched poly (ester-amine) to enhance their antibacterial properties and UV protection. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 49, 1297–1304.
- Ibrahim, N. A., Gouda, M., Hussein, Sh. M., El-Gamal, A. R. ve Mahrous, F. (2009). UV-protecting and antibacterial finishing of cotton knits. *Journal of Applied Polymer Science*, 112, 3589-3596.
- Ibrahim, N. A., Khalifa, T. F., El-Hossamy, M. B. ve Tawfik, T. M. (2010). Effect of knit structure and finishing treatments on functional and comfort properties of cotton knitted fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 40 (1), 49-62.
- ISO 3795:1989. *Determination of Burning Behaviour of Interior Materials*.
- ISO 10047:1993. *Textiles – Determination of surface burning time of fabrics*.

- ISO 10534-1:1996. *Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 1: Method using standing wave ratio.*
- ISO 10534-2:1998. *Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 2: Transfer-function method.*
- ISO 11092:1993. *Textiles – Physiological effects – Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test).*
- İzdar, K. E. (1975). Bazı Batı Anadolu perlitleri ve fiziksel özellikleri üzerine bir inceleme. *IV. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi*, Ankara, 557-579.
- İzocam, (2011). *Cam yünü*. <http://www.izocam.com.tr/izocam/getdoc/615d232e-31ea-42d3-9412-2a9498977824/IZOCAM-CAMYUNU-BR.aspx>, Erişim tarihi: 01.07.2011.
- Jameson, R. (1820). *A system of mineralogy Volume I* (3rd ed.). Edinburgh: Archibald Constable & Co.
- Jantas, R. ve Gorna, K. (2006). Antibacterial finishing of cotton fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14 (1), 88-91.
- Jassal, M., Khungar, A., Bajaj, P. ve Sinha, T. J. M. (2004). Waterproof breathable polymeric coatings based on polyurethanes. *Journal of Industrial Textiles*, 33, 269-280.
- Jiang, S. X., Qin, W. F., Guo, R. H. ve Zhang, L. (2010). Surface functionalization of nanostructured silver-coated poliester fabric by magnetron sputtering. *Surface & Coatings Technology*, 204, 3662-3667.
- Karaman, S. (2007). Tarımsal yapılarda kullanılan hafif inşaat malzemeleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11, 63-69.
- Keiser, C., Becker, C. ve Rossi, R. M. (2008). Moisture transport and absorption in multilayer protective clothing fabrics. *Textile Research Journal*, 78, 604-613.

- Kırimer, H. (1976). Perlit. *Madencilik Dergisi* 15 (6), 37-44.
- Kosuge, K., Takayasu, A. ve Hori, T. (2005). Recyclable flame retardant nonwoven for sound absorption; RUBA[®]. *Journal of Materials Science*, 40, 5399-5405.
- Köktürk, U. (2002). *Endüstriyel Hammadeler* (4. Baskı). İzmir: Dokuz Eylül Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Köstem, M., Yıldırım, K., Ogan, N. ve Aydın, N. (2002). Non-woven kumaşlarda ısı yalıtım özelliği. *1. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi Bildiriler Kitabı*, İzmir, 249-251.
- Kritsakis, A., Kanavouras, A., Kritsakis, K. (2002). Chemical analysis, quality control and packaging issues of olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 628-638.
- Kurşun, S. ve Özcan, G. (2010). An investigation of UV protection of swimwear fabrics. *Textile Research Journal*, 80 (17), 1811-1818.
- Kuzvart, M. (1984). Perlite. *Industrial Minerals and Rocks. Developments in Economic Geology*, 18. Czech Republic: Elsevier.
- Laperre, J., Gambichler, T., Driscoll, C., Böhringer, B., Varieras, S., Osterwalder, U., Rieker, J., Camenzind, M. ve Hoffmann, K. (2001). Determination of the ultraviolet protection factor of textile materials: measurement precision. *Photodermatology Photoimmunology Photomedicine*, 17, 223-229.
- Lee, J. W., Choi, S. P., Thiruvengkatachari, R., Shim, W. G. ve Moon, H. (2006). Submerged microfiltration membrane coupled with alum coagulation/powdered activated carbon adsorption for complete decolorization of reactive dyes. *Water Research*, 40 (3), 435-444.
- Lee, S. (2009). Developing UV-protective textiles based on electrospun zinc oxide nanocomposite fibers. *Fibers and Polymers*, 10 (3), 295-301.

- Lee, Y. M. ve Barker, R. L. (1987). Thermal protective performance of heat-resistant fabrics in various high intensity heat exposures. *Textile Research Journal*, 57 (3), 123-132.
- Lee, Y., Joo, C. (2003). Sound absorption properties of recycled polyester fibrous assembly absorbers. *AUTEX Research Journal*, 3 (2), 78-84.
- Lessan, F., Montazer, M. ve Moghadam, M. B. (2011). A novel durable flame-retardant cotton fabric using sodium hypophosphite, nano TiO₂ and maleic acid. *Thermochimica Acta*, 520, 48-54.
- Li, Y. C., Schulz, J., Mannen, S., Delhom, C., Condon, B. Chang, S., Zammarano, M. ve Grunlan, J. C. (2010). Flame retardant behavior of polyelectrolyte-clay thin film assemblies on cotton fabric. *ACS Nano*, 4 (6), 3325-3337.
- Liu, Y., Hu, H. (2010). Sound absorption behavior of knitted spacer fabrics. *Textile Research Journal*, 80 (8), 1949-1957.
- Lou, C., Lin, J. ve Su, K. (2005). Recycling poliester and polypropylene nonwoven selvages to produce functional sound absorption composites. *Textile Research Journal*, 75 (5), 390-394.
- Lu, H., Fei, B., Xin, J. H., Wang, R. ve Li, L. (2006). Fabrication of UV-blocking nanohybrid coating via miniemulsion polymerization. *Journal of Colloid and Interface Science*, 300, 111-116.
- Mahltig, B. ve Fischer, A. (2010). Inorganic/organic polymer coatings for textiles to realize water repellent and antimicrobial properties - A study with respect to textile comfort. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, 48, 1562-1568.
- Mahmoodi, N. M., Salehi, R., Arami, M. ve Bahrami, H. (2011). Dye removal from colored textile wastewater using chitosan in binary systems. *Desalination*, 267, 64-72.

- Majumdar, A., Kothari, V. K. ve Mondal, A. K. (2010). Engineering of cotton fabrics for maximizing in vitro ultraviolet radiation protection. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine* 26, 290–296.
- Majumdar, A., Mukhopadhyay, S. ve Yadav, R. (2010). Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres. *International Journal of Thermal Sciences*, 49, 2042-2048.
- Mihailovic, D., Saponjic, Z., Radoicic, M., Radetic, T., Jovancic, P., Nedeljkovic, J. ve Radetic, M. (2010). Functionalization of polyester fabrics with alginates and TiO₂ nanoparticles. *Carbohydrate Polymers* 79, 526–532.
- Mondal, S. ve Hu, J. L. (2007). A novel approach to excellent UV protecting cotton fabric with functionalized MWNT containing water vapor permeable PU coating. *Journal of Applied Polymer Science*, 103, 3370-3376.
- Mostafaa, M. G., Chen, Y. H., Jean, J. S., Liu, C. C. ve Lee, Y. C. (2011). Kinetics and mechanism of arsenate removal by nanosized iron oxide-coated perlite, *Journal of Hazardous Materials*, 187, 89-95.
- MTA, (2011a). *Maden dış ticareti*. <http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=maden-dis-ticaret>, Erişim Tarihi: 01.07.2011.
- MTA, (2011b). *Türkiye Maden Rezervleri*. http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=maden_rezervleri, Erişim Tarihi: 01.07.2011.
- Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology* (2nd ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Munsuz, N. ve Ataman, Y. (1977). Perlitin topraktaki infiltrasyon ve buharlaşmaya etkisi. *I. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri*, Ankara, 59-63.
- Murdock, J. B. ve Stein, H. A. (1950). Comparative furnace designs for the expansion of perlite. *AIME Transactions*, 187, 111-116.

- Na, Y. J., Lancaster, J., Casali, J. ve Cho, G. (2007). Sound absorption coefficients of micro-fiber fabrics by reverberation room method. *Textile Research Journal*, 77 (5), 330-335.
- Namlıgöz, E. S., Çoban, S. ve Bahtiyari M. İ. (2010). Comparison of moisture transport properties of the various woven fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2, 93-100.
- NFPA 177. *Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting*.
- Nor, M. J. M., Ayub, M., Zulkifli, R., Amin, N. ve Fouladi, M. H., (2010). Effect of different factors on the acoustic absorption of coir fiber. *Journal of Applied Science*, 10 (22), 2887-2892.
- Oğlakçioğlu, N. ve Marmaralı, A. (2007). Thermal comfort properties of some knitted structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15 (5-6), 64-65.
- Oğlakçioğlu, N. ve Marmaralı, A. (2010). Thermal comfort properties of cotton knitted fabrics in dry and wet states. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 213-217.
- Ohle, E. L. ve Bates, R. L. (1981). B. J. Skinner, (Ed.). *Geology, geologists and mineral explorations (766-774)*. El Paso, TX: Economic Geology Publishing Co.
- Oktav Akdemir, E. ve Özer, A. (2007). Mikrofiltrasyon işleminin zeytinyağı endüstrisi atıksularına uygulanabilirliği. *İTÜ Dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü*, 17 (2), 51-64.
- Opwis, K., Wego, A., Bahners, T. ve Schollmeyer, E. (2011). Permanent flame retardant finishing of textile materials by a photochemical immobilization of vinyl phosphonic acid. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 393-395.
- Orhun, O. (1969). Perlit. *Madencilik Dergisi*, 8 (4), 213-222.

- Ors, S. ve Anapali, O. (2010). Effect of soil addition on physical properties of perlite based media and strawberry cv. Camarosa plant growth. *Scientific Research and Essays*, 5 (22), 3430-3433.
- Osterwalder, U., Schlenker, W., Rohwer, H., Martin, E. ve Schuh, S. (2000). Facts and fiction on ultraviolet protection by clothing. *Radiation Protection Dosimetry*, 91 (1-3), 255-260.
- Özcan, G., Dayıoğlu, H. ve Candan, C. (2003). Effect of gray fabric properties on flame resistance of knitted fabric. *Textile Research Journal*, 73 (10), 883-891.
- Özdil, N., Marmaralı, A. ve Kretzschmar, S. D. (2007). Effect of yarn properties on thermal comfort of knitted fabrics. *International Journal of Thermal Sciences*, 46, 1318-1322.
- Özdil, N., Süpüren, G., Özçelik, G. ve Pruchova, J. (2009). A study on the moisture properties of the cotton knitted fabrics in single jersey structure. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 218-223.
- Özgenç, İ. (1978). *İzmir bölgesi perlit yataklarının jeolojisi ve petrolojisi; perlitlerin fiziksel, kimyasal ve genleşme özellikleri*. İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi Doktora Tezi.
- Özgenç, İ. Ve Sarısözen B. (1999). Gazbeton üretiminde perlit kullanılabilir mi? 3. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 81-86.
- Öztürk, M.K., Nergis, B.U. ve Candan, C. (2010). A study on the influence of fabric structure on sound absorption behavior of spacer knitted fabrics. *Poster Presentation of 7th Textile Science*, Liberec, Czech Republic.
- Pac, M. J., Bueno M. A., Renner M. ve El Kasmi, S. (2001). Warm-Cool feeling relative to tribological properties of fabrics. *Textile Research Journal*, 71 (9), 806-812.

- Pala, A. ve Tokat, E. (2002). Color removal from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives. *Water Research*, 36, 2920-2925.
- Parikh, D. V., Chen Y. ve Sun L. (2006). Reducing automotive interior noise with natural fiber nonwoven floor covering systems. *Textile Research Journal*, 76 (11), 813-820.
- Paul, R., Bautista, L., De la Varga, M., Botet, J. M., Casals, E., Punes, V. ve Marsal, F. (2010). Nano-cotton fabrics with high ultraviolet protection. *Textile Research Journal*, 80 (5), 454-462.
- Ravishangar, J. ve Diffey, B.L. (1997). Laboratory testing of UV transmission through fabrics may underestimate protection. *Photodermatology Photoimmunology & Photomedicine*, 3, 202-203.
- Rego, J. M., Verdu, P., Nieto, J. ve Blanes, M. (2010). Comfort analysis of woven Cotton/Polyester fabrics modified with a new elastic fiber, Part 2: Detailed study of mechanical, thermo-physiological and skin sensorial properties. *Textile Research Journal*, 80 (3), 206-215.
- Rettinger, M. (1968). *Acoustics: Room Design and Noise Control*. New York: Chemical Publishing Co. Inc.
- Ricciardi, P., Lenti, M. (2010). Sound absorption characterisation of woven materials. Case study: auditorium restoration. *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics*, Sydney, Australia.
- Riva, A. ve Algaba, I. (2006). Ultraviolet protection provided by woven fabrics made with cellulose fibres: Study of the influence of fibre type and structural characteristics of the fabric, *Journal of the Textile Institute*, 97 (4), 349-358.
- Rossi, R. M. ve Bolli, W. P. (2005). Phase change materials for improvement of heat protection. *Advanced Engineering Materials*, 7 (5), 368-373.

- Rossi, R. M., Bolli, W. ve Stampfli, R. (2008). Performance of firefighters' protective clothing after heat exposure. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 14 (1), 55-60.
- Sanchez, J. L., Carretero, A. S. ve Gutierrez, A. F. (2011). Characterisation of the phenolic compounds retained in different organic and inorganic filter aids used for filtration of extra virgin olive oil. *Food Chemistry*, 124, 1146-1150.
- Sarkar, A. K. (2004). An evaluation of UV protection imparted by cotton fabrics dyed with natural colorants. *BMC Dermatology*, 4, 15-22.
- Sarkar, A. K. ve Appidi S. (2009). Single bath process for imparting antimicrobial activity and ultraviolet protective property to bamboo viscose fabric. *Cellulose*, 16, 923-928.
- Saville, B. P. (1999). *Physical Testing of Textiles*. England: Woodhead Publishing Ltd.
- Seddeq, H.S. (2009). Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (4), 4610-4617.
- Shackley, D. ve Allen, M. J. (1992). Perlite and the Perlite Industry. Minerals Industry International, *Institution of Mining and Metallurgy, Bulletin 1008*, 13-22.
- Shafei, A. E. ve Okeil, A. A. (2011). ZnO/carboxymethyl chitosan bionanocomposite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric. *Carbohydrate Polymers*, 83, 920-925.
- Shalev, I. ve Barker, R. L. (1983). Analysis of heat transfer characteristics of fabrics in an open flame exposure. *Textile Research Journal*, 53 (8), 475-482.
- Shekar, R. I., Kotresh, T. M., Rao, P. M. D., Kumar, M. N. S., Siddaramaiah ve Rahman, M. S. (2011). Flammability behavior of fiber–fiber hybrid fabrics and composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 122, 2295-2301.

- Shim, M. H., Park, C. H. ve Shim, H. S. (2009). Effect of ceramics on the physical and thermo-physiological performance of warm-up suit. *Textile Research Journal*, 79 (17), 1557-1564.
- Shoshani, Y. K. (1991). Noise absorption by a combination of woven and nonwoven fabrics. *Journal of Textile Institute*, 82 (4), 500-503.
- Shoshani, Y., Yakubov, Y. (2000). Numerical assessment of maximal absorption coefficients for nonwoven fiberwebs. *Applied Acoustics*, 59, 77-87.
- Silber, A., Yosef, B. B., Levkovitch, I. ve Soryano, S. (2010). pH-Dependent surface properties of perlite: Effects of plant growth. *Geoderma*, 158, 275-281.
- Silve, G. M., Magalhaes, M. D. C. (2008). Acoustical properties of vegetal fibers used on multilayered materials. *Proceedings of the 15th International Congress on Sound and Vibration*, Daejeon, Korea, 1835-1841.
- Sojka-Ledakowicz J., Lewartowska J., Kudzin M., Leonowicz, M., Jesionowski, T., Siwinska-Stefanska, K. ve Krysztafkiewicz, A. (2009). Functionalization of textile materials by alkoxy silane-grafted titanium dioxide. *Journal of Material Science*, 44, 3852-3860.
- Song, G., Barker, R. L., Hamouda, H., Kuznetsov, A. V., Chittrphiromsri, P. ve Grimes, R. V. (2004). Modeling the thermal protective performance of heat resistant garments in flash fire exposures. *Textile Research Journal*, 74 (12), 1033-1040.
- Song, G., Cao, W. ve Gholamreza, F. (2011). Analyzing stored thermal energy and thermal protective performance of clothing. *Textile Research Journal*, 81 (11), 1124-1138.
- Song, G., Paskaluk, S., Sati, R., Crown, E. M., Dale, J. D. ve Ackerman, M. (2011). Thermal protective performance of protective clothing used for low radiant heat protection. *Textile Research Journal*, 81 (3), 311-323.

- Stanford, D. G., Georgouras, K. E. ve Pailthorpe, M. T. (1997). Rating clothing for sun protection: current status in Australia. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 8, 12-17.
- Stankovic, S. B., Popovic, D. ve Poparic, G. B. (2008). Thermal properties of textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibers. *Polymer Testing*, 27, 41-48.
- Stankovic, S. B., Popovic, D., Poparic, G. B. ve Bizjak, M. (2009). Ultraviolet protection factor of gray-state plain cotton knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 79 (11), 1034-1042.
- Sun, G., Yoo, H. S., Zhang, X. S. ve Pan, N. (2000). Radiant protective and transport properties of fabrics used by wildland firefighters. *Textile Research Journal*, 70 (7), 567-573.
- Süpüren, G., Oğlakçioğlu, N., Özdil, N. ve Marmaralı, A. (2011). Moisture management and thermal absorptivity properties of double-face knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 81 (13), 1320-1330.
- Şahinkaya, E., Uzal, N., Yetiş, Ü. ve Dilek, F. B. (2008). Biological treatment and nanofiltration of denim textile wastewater for reuse. *Journal of Hazardous Materials*, 153, 1142-1148.
- Takai, K., Ohtsuka, T., Senda, Y., Nakao, M., Yakamoto, K., Matsuoka, J. ve Hirai, Y. (2002). Antibacterial properties of antimicrobial-finished textile products. *Microbiology and Immunology*, 46 (2), 75-81.
- Taneri, F., Güneri, T., Aigner, Z. ve Kata, M. (2002). Improvement in the physicochemical properties of ketoconazole through complexation with cyclodextrin derivatives. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 44, 257-260.

- Tarimala, S., Kothari, N., Abidi, N., Hequet, E., Fralick, J. ve Dai, L. (2006). New approach to antibacterial treatment of cotton fabric with silver nanoparticle-doped silica using sol–gel process. *Journal of Applied Polymer Science*, 101, 2938-2943.
- Tascan, M., Vaughn, E. A. (2008a). Effects of fiber denier, fiber cross-sectional shape and fabric density on acoustical behavior of vertically lapped nonwoven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3 (2), 32-38.
- Tascan, M., Vaughn, E. A. (2008b). Effects of total surface area and fabric density on the acoustical behavior of needlepunched nonwoven fabrics. *Textile Research Journal*, 78 (4), 289-296.
- Taşkın, C. (1977). Perlitin tanımı ve oluşumu ile kökeni hakkında genel bilgi ve Türkiye perlit zuhurları. *I. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri*, Ankara, 129-133.
- Thilagavathi, G., Pradeep, E., Kannaian, T. ve Sasikala, L. (2010). Development of natural fiber nonwovens for application as car interiors for noise control. *Journal of Industrial Textiles*, 39 (3), 267-277.
- Topçu, İ. B. ve Işıkdag, B. (2007). Manufacture of high heat conductivity resistant clay bricks containing perlite. *Building and Environment*, 42, 3540-3546.
- Topçu, İ. B. ve Işıkdag, B. (2008). Effect of expanded perlite aggregate on the properties of lightweight concrete. *Journal of Materials Processing Technology*, 204, 34-38.
- Torvi, D. A., Dale, J. D. ve Faulkner, B. (1999). Influence of air gaps on bench-top test results of flame resistant fabrics. *Journal of Fire Protection Engineering*, 10 (1), 1-12.
- TS 251:1991. *Dokunmuş Kumaşlar – Birim Uzunluk ve Birim Alan Kütlesinin Tayini*.
- TS 342:2003. *Yemeklik Zeytinyağı – Muayene ve Deney Yöntemleri*.
- TS 391 EN ISO 9237:1999. *Tekstil – Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini*.

- TS 5720 EN ISO 6330:2002. *Tekstil – Tekstil Deneyleri İçin – Ev tipi Çamaşır Makinesi ile Yıkama ve Kurutma İşlemleri.*
- TS 6346:1989. *Tekstil Mamulleri – Yanma Özellikleri – Yatay Konumdaki Kenardan Tutuşturulan Numunelerde Alev Yayılma Özelliklerinin Tayini.*
- TS 7128 EN ISO 5084:1998. *Tekstil – Tekstil ve Tekstil Mamullerinin Kalınlık Tayini.*
- TS 7959:1990. *Hayvansal ve Bitkisel Yağlar-Renk Tayini-Lovibond Kolorimetresi ile.*
- TS 9693:1991. *Tekstil – Kumaşlar – Dökümlülük Tayini.*
- TS EN ISO 105-C06:2010. *Tekstil – Renk Haslığı Deneyleri – Bölüm C06: Evsel Yıkamaya ve Ticari Müesseselerde Yıkamaya Karşı Renk Haslığı.*
- TS EN ISO 13934-1:2002. *Tekstil – Kumaşların Gerilme Özellikleri – Bölüm 1: En Büyük Kuvvetin Ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Tayini – Şerit Metodu.*
- TS EN ISO 6941:2007. *Tekstil Kumaşlar - Yanma Özellikleri - Düşey Konumdaki Numunelerin Alev Yayılma Özelliklerinin Ölçülmesi.*
- TS EN ISO 6942:2007. *Koruyucu Giyecekler – Isı ve Yangına Karşı Koruma – Deney Metodu: Işıma Yoluyla Yayılan Isı Kaynaklarına Maruz Kalındığında Malzeme ve Malzeme Birleşimlerinin Değerlendirilmesi.*
- Tsafack, M. J. ve Grützmacher, J. L. (2006). Flame retardancy of cotton textiles by plasma-induced graft-polymerization (PIGP). *Surface&Coatings Technology*, 201, 2599-2610.
- Turay, A., Özdil, N., Süpüren, S. ve Özçelik, G. (2009). Örülmüş fantazi ipliklerde üretim parametrelerinin kumaşların termofizyolojik özelliklerine etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19 (4), 280-285.

- Uçar, N. ve Yılmaz, T. (2004). Thermal properties of 1x1, 2x2, 3x3 rib knit fabrics. *Textile Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 12 (3), 34-38.
- Uğur, Ş. S., Sarıışık, M. ve Aktaş, A. H. (2011). Nano-Al₂O₃ multilayer film deposition on cotton fabrics by layer-by-layer deposition method. *Materials Research Bulletin*, 46, 1202-1206.
- Urbas, R., Kostanjsek, K. ve Dimitrovski, K. (2011). Impact of structure and yarn colour on UV properties and air permeability of multilayer cotton woven fabrics. *Textile Research Journal*, published online 20 June 2011.
- Üreyen, M., Gök, Ö., Ateş, M., Günkaya, G. ve Süzer, Ş. (2010). Evaluation of silver content and antibacterial activities of silver loaded fiber/cotton blended textile fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20 (2), 137-144.
- Varuzhanyan, Av. A., Varuzhanyan, Ar. A. ve Varuzhanyan, H. A. (2006). A mechanism of perlite expansion. *Inorganic Materials*, 42 (9), 1039-1045.
- Verdu, P., Rego, J. M., Nieto, J. ve Blanes, M. (2009). Comfort analysis of woven cotton/polyester fabrics modified with a new elastic fiber, Part 1: Preliminary analysis of comfort and mechanical properties. *Textile Research Journal*, 79 (1), 14-23.
- Vishnu, G. ve Joseph, K. (2008). Decolorization of reactive dyebath containing high exhaust and low salt dyes by nanofiltration and its reuse. *Environmental Progress*, 27 (1), 30-39.
- Voncina, D. ve Majcen-Le-Marechal, A. (2003). Reactive dye decolorization using combined ultrasound/H₂O₂. *Dyes and Pigments*, 59, 173-179.
- Wang, J. ve Cai, Z. (2008). Incorporation of the antibacterial agent, miconazole nitrate into a cellulosic fabric grafted with b-cyclodextrin. *Carbohydrate Polymers*, 72, 695-700.

- Wang, M. Y., Horrocks, A. R., Horrocks, S., Hall, M. E., Pearson, J. S. ve Clegg, S. (2000). Flame retardant textile back-coatings. Part 1: Antimony-halogen system interactions and the effect of replacement by phosphorus-containing agents. *Journal of Fire Sciences*, 18, 265-294.
- Weder, M. (2004). Physiological properties of sportswear. *Proceedings of International Textile Congress*, Portugal, 34-38.
- Wu, H. ve Fan, J. (2008). Study of heat and moisture transfer within multi-layer clothing assemblies consisting of different types of battings. *International Journal of Thermal Sciences*, 47, 641-647.
- Wu, X., Yang, C. Q. ve He, Q. (2010). Flame retardant finishing of cotton fleece: part VII. Polycarboxylic acids with different numbers of functional group. *Cellulose*, 17, 859-870.
- Xin, J. H., Daoud, W. A. ve Kong, Y. Y. (2004). A new Approach to UV-Blocking treatment for cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 74 (2), 97-100.
- Xing, W., Jie, G., Song, L., Hu, S., Lv, X., Wang, X. ve Hu, Y. (2011). Flame retardancy and thermal degradation of cotton textiles based on UV-curable flame retardant coatings. *Thermochimica Acta*, 513, 75-82.
- Yalçın, S. (Ed.) (1983). *İnşaat Sektöründe Genleşmiş Perlit Kullanımı*. Ankara: Etibank Yayınları.
- Yang, C. Q., He, Q., Lyon, R. E. ve Hu, Y. (2010). Investigation of the flammability of different textile fabrics using micro-scale combustion calorimetry. *Polymer Degradation and Stability*, 95, 108-115.
- Yang, H., Zhu, S. ve Pan, N. (2004). Studying the mechanisms of titanium dioxide as ultraviolet-blocking additive for films and fabrics by an improved scheme. *Journal of Applied Polymer Science*, 92, 3201-3210.

- Yao, B., Li, Y., Hu, J., Kwok, Y. ve Yeung, K. (2006). An improved test method for characterizing the dynamic liquid moisture transfer in porous polymeric materials. *Polymer Testing*, 25, 677-689.
- Yıldırım, G. (2009). *Effect of storage time on olive oil quality*. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Yılmaz, S. ve Özdeniz, M. B. (2005). The effect of moisture content on sound absorption of expanded perlite plates. *Building and Environment*, 40 (3), 311-318.
- Yoneda, M., Fujibayashi, E. ve Takagi C. (2009). Effects of fiber materials and fabric thickness on UV shielding properties of fabrics. *Journal of Textile Engineering*, 55 (4), 103-109.
- Yoo, S. ve Barker, R. L. (2004). Moisture management properties of heat-resistant workwear fabrics - Effects of hydrophilic finishes and hygroscopic fiber blends. *Textile Research Journal*, 74, 995-1000.
- Yoo, S. ve Barker, R. L. (2005a). Comfort properties of heat-resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment Part I: Thermophysical and sensorial properties of fabrics. *Textile Research Journal*, 75 (7), 523-530.
- Yoo, S. ve Barker, R. L. (2005b). Comfort properties of heat-resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment Part II: Perceived comfort response to garments and its relationship to fabric properties. *Textile Research Journal*, 75 (7), 531-541.
- Yu, L.H., Ou, H. ve Lee, L. L. (2003). Investigation on pozzolanic effect of perlite powder in concrete. *Cement and Concrete Research*, 33 (1), 73-76.
- Zhiying, C., Yanmin, W. ve Weiyan, Z. (2010). Thermal protective performance and moisture transmission of firefighter protective clothing based on orthogonal design. *Journal of Industrial Textiles*, 39 (4), 347-356.

- Zhou, L., Feng, X., Du, Y. ve Li, Y. (2007). Characterization of liquid moisture transport performance of wool knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 77 (12), 951-956.
- Zhu, F. ve Zhang, W. (2006). Evaluation of thermal performance of flame-resistant fabrics considering thermal wave influence in human skin model. *Journal of Fire Sciences*, 24, 465-485.
- Zhu, F., Ma, S. ve Zhang, W. (2008). Study of skin model and geometry effects on thermal performance of thermal protective fabrics. *Heat Mass Transfer*, 45, 99-105.
- Zongo, I., Maiga, A. H., Wethe, J., Valentin, G., Leclerc, J. P., Paternotte, G. ve Lapique, F. (2009). Electrocoagulation for the treatment of textile wastewaters with Al or Fe electrodes: Compared variations of COD levels, turbidity and absorbance. *Journal of Hazardous Materials*, 169, 70-76.
- Zwikker, C. ve Kosten, C. W. (1949). *Sound Absorbing Materials*. Amsterdam: Elsevier.