

**SELÜLOZ TOZLARININ TEKSTİL
KAPLAMACILIĞINDA KULLANIMI ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

Gizem MANASOĞLU



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SELÜLOZ TOZLARININ TEKSTİL KAPLAMACILIĞINDA KULLANIMI
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Gizem MANASOĞLU

Prof. Dr. Mehmet KANIK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2014

TEZ ONAYI

Gizem MANASOĞLU tarafından hazırlanan "Selüloz Tozlarının Tekstil Kaplamacılığında Kullanımı Üzerine Bir Araştırma" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Başkan: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği

Üye: Prof. Dr. Abdulvahap YİĞİT

Mühendislik Fakültesi

Makine Mühendisliği

Üye: Prof. Dr. Pervin ANIŞ

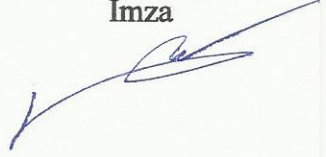
Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği

İmza



İmza



İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü

.././....

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
 - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
 - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

02/01/2014



Gizem MANASOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SELÜLOZ TOZLARININ TEKSTİL KAPLAMACILIĞINDA KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Gizem MANASOĞLU

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Bu tez çalışmasında, selüloz tozlarının tekstil kaplamacılığında dolgu maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Ön işlem görmüş, %100 polyester dokuma kumaşa, bıçaklı kaplama tekniği kullanılarak selüloz tozları applike edilmiştir. Öncelikle, fiksaj sıcaklığının ve süresinin selüloz tozlarının sararma davranışı üzerine etkisi araştırılmış ve minimum sararmanın meydana geleceği optimum fiksaj şartları belirlenmeye çalışılmıştır.

Kaplamada kullanılan selüloz tozu konsantrasyonunun ve tanecik büyüklüğünün kaplanmış kumaş özellikleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla, farklı konsantrasyonlarda ve farklı tanecik boyutlarına sahip selüloz tozları ile kaplanan kumaşların çeşitli fiziksel özellikleri ile ses ve ısı yalıtım özellikleri değerlendirilmiştir.

Selüloz tozları ile yapılan kaplamalar sonucunda özellikle orta ve yüksek frekanslarda polyester kumaşların ses yutma davranışının belirgin şekilde geliştiği ve genelde ısı iletkenlik değeri düşük kaplamaların elde edilebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Selüloz tozu, tekstil kaplamacılığı, sararma, ses yutma, ısı yalıtımı

ABSTRACT

MSc Thesis

AN INVESTIGATION ON THE USAGE OF CELLULOSE POWDERS IN TEXTILE COATING

Gizem MANASOGLU

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet KANIK

In this thesis, usability of cellulose powders in textile coating as filling materials was researched.

100% polyester woven fabrics which were applied pre-treatment, were applied cellulose powders by knife coating technique. Primarily the effect of fixing temperature and fixing time on yellowing behaviour of cellulose powders was researched and optimal conditions that induced minimum yellowing were determined.

To determine effect of concentration and particle size of cellulose powder used in coating on coated fabric properties, various physical properties and sound and thermal insulation properties of fabrics which were coated with cellulose powders having different concentration and different particle sizes were evaluated.

As a result of coatings involved cellulose powders, sound absorption behaviour of polyester fabrics improved especially in middle and high frequencies and generally coatings having low thermal conductivity coefficient were obtained.

Key words: Cellulose powder, textile coating, yellowing, sound absorption, thermal insulation

TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans eğitimim boyunca hiçbir desteği benden esirgemeyen, bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde emeği geçen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet KANIK'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam süresince bilgilerini benden esirgemeyen Uludağ Üniversitesi öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Behçet BECERİR'e ve Sayın Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda kullandığım kumaşı temin eden Kırayteks Tekstil San. ve Tic. Ltd. Şti. yetkililerine, malzeme temini sağlayan CHT Tekstil Kimya San ve Tic. A.Ş yetkililerine ve özellikle tecrübelerini benimle paylaşan Sayın İnci CANGÜL'e, Rudolf-Duraner A.Ş'ye ve laboratuvar çalışmalarına dair yardımlarını esirgemeyen Sayın Doğan Yıldız'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda yapılan testler konusunda yardımcı olan İTKİB İTA Eğitim Araştırma Merkezi Genel Müdürü J. Sunday Özgen'e, çalışmalarım süresince bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Sayın Araş. Gör. Tuba TOPRAK ve Sayın Araş. Gör Rumeysa TURAL'a, İstanbul Ticaret Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Sayın Şeyda CANBOLAT'a teşekkür ederim.

Tüm bu süreç boyunca desteklerini her an hissettiğim sevgili aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

Gizem MANASOĞLU

Ocak 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Tekstil Kaplamacılığı	3
2.1.1. Kaplama maddeleri	4
2.1.2. Kaplamada kullanılan zemin kumaşları	6
2.1.3. Kaplama teknikleri	8
2.1.4. Bıçaklı (rakleli) kaplama yöntemi.....	10
2.1.4.1. Havada rakle	12
2.1.4.2. Silindir üzerinde rakle	13
2.1.4.3. Blanket üzerinde rakle.....	13
2.2. Selülozun Yapısı ve Özellikleri	14
2.3. Tekstilde Kaplama Uygulamaları Konusunda Yapılan Çalışmalar	15
2.4. Isı Transferi ve Termal Yalıtım	19
2.4.1. İletimle ısı transferi	20
2.4.2. Taşınım ile ısı transferi.....	22
2.4.3. Işınım ile ısı transferi.....	22
2.5. Konutlarda Enerji Tüketimi ve Pencere Yalıtımı	23
2.6. Termal Yalıtkan Olarak Tekstil Malzemelerinin Kullanımı Konusundaki Çalışmalar	27
2.7. Ses Kavramı ve Parametreleri	30
2.7.1. Frekans ve periyot	30
2.7.2. Dalga boyu ve genlik	31
2.7.3. Ses şiddeti ve ses basınç seviyesi.....	31

2.8. Ses Yalıtımı.....	32
2.9. Ses Yalıtımı İçin Tekstil Ürünlerinin Kullanıldığı Çalışmalar	35
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	37
3.1. Materyal	37
3.1.1. Kumaş	37
3.1.2. Selüloz tozları.....	37
3.1.3. Kimyasal maddeler.....	39
3.2. Yöntem	39
3.2.1. Stok patının hazırlanması.....	40
3.2.2. Kaplama patının hazırlanması.....	41
3.2.3. Kaplama işlemi ve kurutmanın yapılması.....	42
3.2.4. Farklı sıcaklıklarda fiksaj işlemi	43
3.2.5. Farklı sürelerde fiksaj işlemi	44
3.2.6. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ilavesi ile yapılan kaplamalar	44
3.2.7. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları ile yapılan kaplamalar	45
3.2.8. Kumaşa aktarılan madde miktarının hesaplanması	46
3.2.9. Kaplanmış kumaşların kalınlığının ölçülmesi	48
3.2.10. Farklı şartlarda fiksaj işlemi görmüş numunelerin sararma oranının ölçülmesi ..	48
3.2.11. Kumaşların ısıl direnç ölçümlerinin yapılması	49
3.2.12. Kumaşların ses absorpsiyon (yutum) katsayılarının ölçülmesi.....	51
4. BULGULAR	52
4.1. Fiksaj Sırasında Meydana Gelen Sararma Sonuçları	52
4.2. Kaplama İle Kumaşlar Üzerine Aktarılan Madde Miktarları	54
4.3. Kumaş Kalınlığı Ölçüm Sonuçları	56
4.4. Isı İletim Katsayısı Ölçüm Sonuçları	59
4.5. Ses Absorpsiyon Katsayısı Ölçüm Sonuçları.....	63
5. SONUÇLAR	68
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	77

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
E_a	Absorblanan Ses Enerjisi [W]
A	Alan [m^2]
f	Frekans [Hz]
R_{ct}	Isıl Direnç [m^2K/W]
λ	Isı İletim Katsayısı [W/mK]
Q_x	İletimle Transfer Edilen Isı Miktarı [W]
d	Kalınlık [m]
\mathcal{E}	Materyalden yayılan ısı enerjisi [W]
h	Ortalama Isı Taşınım Katsayısı [W/m^2K]
α	Ses Absorbsiyon Katsayısı
T	Sıcaklık [K]
σ_s	Stefan Boltzman Sabiti [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$]
$q_{taş}$	Taşınım ile Transfer Edilen Isı Akısı [W/m^2]
E_r	Yüzeyden yansıtılan enerji [W]
E_i	Yüzeye gelen ses enerjisi [W]
E_t	Yüzeyin Diğer Tarafına İletilen Ses Enerjisi [W/m^2]
t	Zaman [s]

Kısaltmalar	Açıklama
cPs	Centipoise
ZnO	Çinko Oksit
Low-e	Düşük Emissivity (Yayınım)
EVA	Etilen Vinil Asetat
CEN	European Committee for Standardization
ISO	International Organization for Standardization
NRC	Gürültü Azaltma Katsayısı
CaO_3	Kalsiyum Karbonat
CO	Pamuk
PA	Poliamid
PE	Polietilen
PET	Polietilen Teraftalat
PP	Polipropilen
PTFE	Politetrafloretilen
PU	Poliüretan
PVDC	Polivinildenklorür
PVC	Polivinilklorid

Rpm	Revolution Per Minute
SBR	Stiren Bütadien Kauçuk
SEM	Tarayıcı Elektron Mikroskobu
TiO ₂	Titanyum Dioksit
UPF	Ultraviyole Koruma Faktörü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Bıçaklı kaplama makinesi.....	11
Şekil 2.2. Rakle profilleri.....	12
Şekil 2.3. Havada rakle	12
Şekil 2.4. Silindir üzerinde rakle	13
Şekil 2.5. Blanket üzerinde rakle	14
Şekil 2.6. Selülozun kimyasal yapısı	15
Şekil 2.7. Değişik maddeler için ısı iletim katsayısı değerleri	21
Şekil 2.8. Binalarda meydana gelen ısı kayıpları.....	24
Şekil 2.9. Low-e kaplamalı cam	25
Şekil 2.10. Stor perde uygulaması	26
Şekil 2.11. Dalga boyu.....	31
Şekil 2.12. Sesin yutulması.....	33
Şekil 3.1. Kullanılan selüloz tozlarının SEM görüntüleri	38
Şekil 3.2. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları	38
Şekil 3.3. RVT analog viskozimetre.....	41
Şekil 3.4. Laboratuvar tipi kaplama makinesi	42
Şekil 3.5. Rapid HT steamer	44
Şekil 3.6. Kalınlık ölçüm cihazı.....	48
Şekil 3.7. Minolta CM 3600D spektrofotometresi	49
Şekil 3.8. Isıl direnç ölçüm cihazı.....	50
Şekil 3.9. Çift mikrofon empedans tüp metodunun kavramsal çizimi.....	51
Şekil 4.1. Selüloz tozu konsantrasyonuna göre ısı iletim katsayısının değişimi	60
Şekil 4.2. Selüloz tozu tanecik boyutuna göre ısı iletim katsayısının değişimi.....	62
Şekil4.3. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ile kaplanmış kumaşların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	64
Şekil4.4. Farklı tanecik boyutlarında selüloz tozu ile kaplanmış kumaşların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları	5
Çizelge 2.2. Kaplamada en çok kullanılan zemin kumaşı ve özellikleri	7
Çizelge 2.3. Kaplamada kullanılan teknikler	9
Çizelge 3.1. Kumaş yapısının parametreleri	37
Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasal maddeler	39
Çizelge 3.3. Örnek stok patı reçetesi	40
Çizelge 3.4. Örnek kaplama patı reçetesi.....	41
Çizelge 3.5. Farklı fiksaj sıcaklıklarında işlem gören numunelerin kodlanması.....	43
Çizelge 3.6. Farklı fiksaj sürelerinde işlem gören numunelerin kodlanması.....	44
Çizelge 3.7. Farklı oranlarda selüloz tozu içeren numunelerin kodlanması	45
Çizelge 3.8. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları ile yapılan kaplamaların kodlanması	46
Çizelge 4.1. Sararma üzerine fiksaj sıcaklığının etkisi	52
Çizelge 4.2. Sararma üzerine fiksaj süresinin etkisi	53
Çizelge 4.3. Değişen selüloz tozu konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları.....	55
Çizelge 4.4. Değişen tanecik boyutuna bağlı olarak aktarılan madde miktarları	56
Çizelge 4.5. Farklı konsantrasyon değerinde aynı selüloz tozu ile kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.....	57
Çizelge 4.6. Farklı tanecik boyutuna sahip selüloz tozları ile kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları.....	58
Çizelge 4.7. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ile kaplanmış numunelerin ısı iletim katsayısı sonuçları	59
Çizelge 4.8. Farklı tanecik boyutuna sahip selüloz tozu ile kaplanmış numunelerin ısı iletim katsayıları.....	61
Çizelge 4.9. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ile kaplanmış numunelerin ses absorpsiyon katsayısı değerleri	63
Çizelge 4.10. Farklı tanecik boyutlarında selüloz tozları ile kaplanmış kumaşların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	65

1. GİRİŞ

Dünyadaki teknolojik gelişmeler, nüfus artışı ile beraber enerji tüketimini de hızla arttırmaktadır. Enerji tüketiminin artması ülke ekonomisine yük getirmesinin yanı sıra çevre kirliliğine de yol açmaktadır. Sınırlı fosil yakıt kaynakları ile enerji ihtiyacını uzun süre karşılayabilmek için enerjinin verimli şekilde kullanılması gerekmektedir (Özkan 2009).

Binalar, ekonomi sektöründeki en uzun ömürlü ve önemli boyutta enerji tüketen yapılar olması ve çok geniş ürün ve hizmet aralığını kapsamaları nedeniyle enerji verimliliğinin artırılması ve iklim değişikliğine yönelik politika ve programlarda öncelikli çalışma alanı olarak değerlendirilmektedir (Keskin 2010). Binalardaki istenmeyen ısı kazanımı ve ısı kayıpları enerji etkinliğini doğrudan etkileyen iki önemli konudur. Binalarda istenen termal konfor şartlarını sağlamak için ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amacı ile enerjinin önemli bir kısmı tüketilir (Maleki 2011).

Enerji kaynakları bakımından %70 oranında dışa bağımlı olan ülkemizde, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre tüketilen toplam enerjinin %35'i binalarda harcanmakta ve bunun da yaklaşık %65'ini ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerji oluşturmaktadır. Binalarda kullanılan enerjinin ortalama %25'i sadece pencerelerden kaybolmakta, yaz aylarında içerdeki ısı artışının %50'si de yine pencerelerden olmaktadır. Bu nedenle binalardaki en önemli önlem binanın ısı kayıplarına karşı, sıcak bölgelerde de ısı kazanımına karşı güçlendirilmesi; yani ısı yalıtımıdır (Keskin 2010).

Pencerelerde uygun perde sistemlerinin kullanılmasıyla önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabileceği bilinen bir gerçektir. Gavle Üniversitesi'nde (İsveç) yapılan bilimsel bir araştırma, pencerelerde enerji tasarrufu sağlayan perdelerin kullanılması ile ısıtma ve soğutmada harcanan enerjinin %20-30 oranında azaltılabileceğini ortaya koymuştur.

Gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan bir diğer sorun ise gürültü problemidir. İnsanları fizyolojik ve psikolojik yönden olumsuz etkileyen, uyku ve konsantrasyon bozukluklarına yol açan gürültünün binalar içerisine en kolay girdiği bölümler de pencerelerdir (Atmaca ve Peker 1999). Gürültünün zararlı etkilerinden korunulması

gereken alanlarda ses yalıtımı konusu önem taşımaktadır. Bu nedenle ses absorblama özelliği geliştirilen perdelerle dışarıdaki gürültünün içeriye sızmasının dikkate değer oranda azaltılabileceği düşünülmektedir.

Yapılan çeşitli araştırmalarda uygun dolgu maddeleri ile kaplanan kumaşların termal yalıtım özelliklerinin geliştirilebileceği ortaya konulmuştur (Wang ve ark. 2010, Tiber 2011). Bu bağlamda, kaplama teknikleriyle üretilen özellikle stor ve karartma (black-out) gibi perdelik kumaşların kaplanmasında dolgu (örtücülük) amaçlı olarak kullanılan TiO_2 ve CaO_3 gibi geleneksel dolgu maddelerinin ısı iletim katsayıları (sırası ile 8,4 ve 4,646 W/mK) çok yüksektir. Dolayısıyla bunların yerine ısı iletim katsayısı düşük olan dolgu maddelerinin kullanılması ile söz konusu kumaşların ısı yalıtım özelliklerinin geliştirilmesi mümkün görünmektedir.

Bu çalışmada, ısı iletkenlik katsayısı oldukça düşük (0,038 W/mK) olan selüloz tozlarının kaplama işlemlerinde dolgu maddesi olarak kullanımı ile poliester kumaşların ısı iletkenlik değerlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı konsantrasyon oranlarında ve farklı tanecik boyutlarında selüloz tozları kullanılmak suretiyle kaplama yapılarak, kumaşların termal iletkenliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bunun yanında, kaplanmış kumaşların ses yutma katsayıları ölçülerek, selüloz tozu tanecik büyüklüğünün ve konsantrasyon değerinin ses yutum özelliği üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir.

Buna ek olarak, tanecik boyutu sabit olmak koşulu ile fiksaj için beş farklı sıcaklık ve süre değeri test edilmiş, kaplamada meydana gelen sararma üzerinde fiksaj sıcaklığı ve süresinin etkisi incelenerek optimum değerler belirlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tekstil Kaplamacılığı

Teknik tekstil terimi 1980'li yıllarda görünüş ve estetik karakteristiklerindense teknik özellikleri ve performansları için geliştirilen ve çeşitliliği her geçen gün artan ürünler ve üretim tekniklerini tarif etmek üzere ortaya konmuş bir terimdir.

Özel olarak tasarlanan, herhangi bir üründe veya proses dahilinde veya yalnız başına belirli bir özelliği yerine getirmek amacıyla kullanılan malzemelere “teknik tekstil” denmektedir. Teknik tekstiller pahalı, katma değeri yüksek ürünlerdir. Kimyasallara, hava şartlarına, mikro organizmalara dayanıklı, yüksek mukavemet, yanmazlık gibi üstün performans özelliklerine sahip ürünlerdir. Bu ürünler tekstil dışındaki alanlarda da kullanılırlar; ancak alıcı bizzat teknik tekstil ürününü kullanmaz, herhangi bir malzemenin parçası olarak kullanılır (www.itkib.org.tr, 2013).

Kaplama ve laminasyon prosesleri sonucu elde edilen tekstil ürünleri bugün tekstil endüstrisinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Teknik tekstillere olan talebin artışı özellikle son yıllarda kaplanmış kumaşlara olan talebi de arttırmıştır. 1995 yılında 2038,5 bin ton olan kaplama kumaş kullanımının, yıllar bazında artış göstererek 2005 yılında 2685,6 bin tona yükseldiği görülmektedir. 2005 yılı esas alındığında; üretilen kumaşların %36,6' sının taşıtlarda kullanıldığı, bunu %27 ile sportif amaçların izlediği, daha sonra da endüstriyel kullanımının yaygın olduğu tespit edilmektedir (Bulut ve Sular 2008).

Kaplama, kumaşa normal terbiye prosesleriyle kazandırılmayan özel efektler için uygulanan bir işlemdir. İstenilen efektte göre sıvı, hamur veya toz halde bulunan kimyasallar toz, pasta (pat) veya köpük formunda kumaşa aktararak kumaş üzerinde bir film tabakası oluşturulmaktadır. Tekstil materyalinden beklenen su geçirmezlik, ısı yalıtımı, estetik görünüm gibi bazı özellikler kumaşların polimer ile kaplanmasıyla sağlanabilmektedir.

Dış etkenlerden korunmak amacıyla üretilen kaplanmış ve lamine edilmiş kumaşlar ziraat tekstillerinden medikal tekstillere, inşaat alanından koruyucu giysilere kadar pek çok kullanım alanına sahiptir. Bu kumaşların fonksiyonel özellikleri, kullanılan kaplama maddesine, uygulanan üretim tekniğine ve tekstil yüzeyinin yapısına ve özelliklerine göre varyasyon gösterebilmektedir (Bulut ve Sular 2008).

2.1.1. Kaplama maddeleri

Teknik tekstillerin üretiminde kullanılan kaplamalar büyük ölçüde, alt tabakanın yüzeyine kaplanabilen, viskoz sıvı formunda üretilebilen ürünlerle sınırlandırılmıştır. Kaplama işlemini kaplamayı sertleştiren kurutma veya sertleştirme işlemleri izler. Kaplamada kullanılan polimerler eriyik veya çözelti olarak kaplanabilen ve çözgenin buharlaştırılmasıyla veya soğutmayla katı bir film oluşturan maddelerdir.

Teknik tekstillerde kullanılan kaplamaların hepsi uzun zincirli lineer moleküller olan termoplastik polimerlerdir ve bunların bazılarının çapraz bağlanma yetenekleri bulunmaktadır. Bu polimerik maddelerin özellikleri doğrudan son ürünün dayanıklılığını ve performansını etkilemektedir (www.tex.tuiasi.ro, 2013).

Kaplama maddesinin seçim kriteri, istenen özelliğe bağlı olarak kimyasal, çevresel, mekaniksel gereklilikler, fiyat ve işleme özellikleri olmaktadır.

Çizelge 2.1. Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları
(Bulut ve Sular 2008)

Polimer Madde	Avantaj / Dezavantaj	Kullanım Alanları
PVC (Polivinilklorür)	Yüksek elastikiyet ve aşınma dayanımı, yağ ve çözücü direnci yüksek, güç tutuşur/düşük ısı performansı, soğukta çatlama	Tente, çadır bezi, koruyucu ve askeri giysi, mobilya döşemeleri, mimari ve inşaat tekstilleri
PU (Poliüretan)	Yüksek uzama değeri, hava şartlarına, yırtılmaya ve aşınmaya dayanıklı, yağ itici/ güneş ışığı altında sararma eğilimi	Giysi, ayakkabı ve el çantaları, düşük gramajlı naylon ceket, su geçirmez ve nefes alabilir giysiler, can yelekleri, spor çantalar, tente yapımı ve deri vernikleme
Doğal kauçuk	İlave maddeler ile birlikte yüksek hızda karıştırılıp tekstil yüzeyinde yayılabilmek, kırılmaya ve aşınmaya dayanıklı ve yüksek elastikiyet gösteren film oluşturabilme/Gün ışığı ve oksidasyon dayanımı düşük, yanıcı ve yağ itici özelliği zayıf.	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
SBR (Stiren bütadien kauçuk)	Yüksek aşınma dayanımı, oksidasyon ve mikroorganizmalar dayanımı yüksek, havadan etkilenmez/yırtılma direnci düşük ve ısı dayanım aralığı dar	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
Nitril kauçuk	Isı ve gün ışığına dayanımı yüksek, iyi bir yağ itici, iyi kopma ve aşınma dayanımı	Fueloil tankları ve hortumlar, yağlı bölgelerde kullanılan kayışlar, yağ itici kıyafetler ve taşıyıcı bantlar
Bütil kauçuk	Oksidasyona, kimyasallara ve ısıya dayanımı (-50-125 °C yüksek, gaz geçirmezliği yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Asit ve kimyasallara karşı koruyucu giysiler, düşük gramajlı can yelekleri, şişme botlar ve pnömatik yağlar
Neopren (Polikloropren kauçuk)	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek çekme mukavemeti, güç tutuşurluğu iyi, renklendirilmesi zor, ısı dayanımı düşük ve sıcaklık üst limiti 120 °C	Hava yastıklarında, can yeleklerinde, koruyucu giysilerde, uçak iç döşemeleri

Hypalon (Klorosülfonat kauçuk)	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek ısıya dayanıklı ve düşük ısı dayanımı az, renklendirme olanağı,	Koruyucu giysilerde, hava yastığı, can yeleği, uçak iç döşemeleri
Silikon	Mikroorganizmalara, kimyasallara ve oksidasyona dayanıklı, kokusuz nefes alma özelliği kazandırma, gaz geçirgenliği yüksek, yüksek yırtılma ve patlama dayanımı/ bağlanması, baskı ve renklendirmesi zor, pahalı	Hava yastığı, paraşüt, gıda ve sağlık sektörü
PTFE (Politetrafloretilen, Teflon)	İyi yağ ve su itici özellik, ısı, kimyasal ve çözümlere dayanıklı, ısı dayanımı yüksek/yüksek maliyet.	Gıda ve sağlık sektörü, mimari ve inşaat uygulamaları
PVDC (Polivinildenklorür)	Güç tutuşur, düşük gaz geçirgenliği, parlak, sert, kırılğan ve pahalı.	Koruyucu giysilerde ateşe dayanıklılık gereken yerlerde
EVA (Etilen vinil asetat)	Tüm liflere adhezyonu, düşük sıcaklıklarda bile yüksek esneme kabiliyeti/yıkamaya karşı direnci düşük, solma eğilimi	Halı arkası malzemesi, duvar kaplamaları
Akrilik	UV ışınlarına direnci yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Oto döşemeleri, tente ve yapışkan madde yapımı
Floroelastomer	Hava şartlarına, kimyasallara, çözücülere ve ısıya dayanımı yüksektir	Özel koruyucu giysi, çanta, valiz
Poliolefin	Asit, alkali ve diğer kimyasallara yüksek dayanım, gramajı ve maliyeti düşük, çevreye zararsız, erime sıcaklığı düşük, güç tutuşurluk özelliği zayıf, çabuk eskime eğilimi	Spor ve sırt çantası, tente yapımı

2.1.2. Kaplamada kullanılan zemin kumaşları

Kaplama işlemi uygulanacak olan kumaş, dokuma veya örme kumaş olabildiği gibi liflerden doğrudan üretilen dokusuz yüzey kumaşlar da olabilmekte ve ayrıca iplik formunda da kaplama uygulanabilmektedir. İyi bir kaplama işleminin yapılabilmesi için seçilen kumaştan temel bazı özellikler beklenmektedir. Bunlar zemin kumaşının,

- Temiz, düzgün, pürüzsüz yüzey ve sık bir yapı
- Dayanıklı olması
- Boyutsal stabilitesinin olması
- Asit ve kimyasallara karşı dayanıklı olması
- Adhezyon ve düşük maliyettir.

Zemin kumaşında en çok tercih edilen lifler ve bu liflerden üretilmiş kumaşların kaplama işlemleri açısından avantaj ve dezavantajları Tablo 2.2'de verilmektedir (Bulut ve Sular 2008).

Çizelge 2.2. Kaplamada en çok kullanılan zemin kumaşı ve özellikleri (Bulut ve Sular 2008).

Lif	Avantaj	Dezavantaj
Pamuk	Mükemmel kaplama adhezyonu, ara bağlayıcı madde gereksinimi yok, düşük termal çekme	Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıksız
Poliester	Yüksek sıcaklığa dayanıklı, düşük çekme özelliği Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı Yüksek aşınma direnci Giysilik ve diğer kullanım alanları için pamukla karıştırılabilme	Düşük nem absorbe etme özelliği Sınırlı elastikiyet Pahalı oluşu
Poliamid	Yüksek sıcaklığa dayanıklı İyi elastikiyet Yüksek aşınma dayanımı Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı İyi ısı absorbe etme özelliği(hava yastıkları)	Düşük UV direnci Nem absorpsiyonuna bağlı olarak sarkma yada çökme PES ile kıyaslandığında daha pahalı
Polietilen, polipropilen	Düşük ağırlıkta, Kimyasal olarak etkisiz, Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı, Ucuz	Düşük erime sıcaklığı (özellikle polietilen) Bazı maddelere adhezyon güçlüğü
Aramid	Yüksek erime sıcaklığı, Yüksek gerilme mukavemeti Güç tutuşurluk	Pahalı, Güneş ışığına ve UV ışınlarına dayanıksız
Cam lifi	Yüksek UV dayanımı Nem absorbe etmez Bozulmaya, küflenmeye ve böceklere karşı dayanıklı İyi boyut stabilitesi İyi güç tutuşurluk Dayanıklı Yüksek sıcaklık dayanımı	Nispeten ağır, Kırılgan ve zayıf uzama özelliği, Adhezyon güçlüğü

2.1.3. Kaplama teknikleri

Kaplama tekniği belirlenirken, kaplama yapılacak kumaşın özellikleri, kumaşın konstrüksiyonu, kaplama maddesinin hangi formda uygulandığı, çalışılan viskozite aralığı, kaplamanın hassaslık derecesi ve yapışma gücü, müşterinin kalite kriterleri ve işlemin ekonomikliği dikkat edilecek başlıca konulardır (Sen 2008).

Kaplama malzemesi, iplik ve lif yüzeylerinde yayılmasına olanak sağlayacak viskozitede olmalı ve kaplama sonrası kumaş yüzeyi düz ve pürüzsüz olmalıdır. Her teknikte kaplama öncesi kumaş tam en açılmalı, gerilim kontrollü besleme yapılmalı, kaplanmış kumaş, kaplama sonrası kumaş içerisinde bulunan çözücülerin buharlaşarak uzaklaştırılabilmesi için, soğutulup sarılmadan önce bir kurutucuda işleme tabi tutulmalıdır (Bulut ve Sülar 2008).

Kaplama yöntemlerini, kaplama maddesinin sıvı olduğu metotlar, katı olduğu metotlar ve ayrıca plazma ve sol-jel teknolojisi ile yapılan modern kaplama metotları olmak üzere üç bölümde incelemek mümkündür.

Bu tez çalışmasında bıçaklı kaplama sistemi kullanıldığından bu konu hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir.

Çizelge 2.3. Kaplamada kullanılan teknikler (Bulut ve Sular 2008)

Kaplama maddesinin sıvı olduğu kaplama metotları	Kaplama maddesinin sonradan dozajlandığı metotlar	Bıçaklı (rakleli) kaplama	Bilinen en eski yöntemlerden biridir. Kaplama maddesi kumaşa direkt olarak aktarılarak sabit bir rakle ile üniform bir şekilde sürülmektedir. Genellikle düzgün, üniform dokuma kumaşlara uygulanmaktadır.
		Tek sarırlı rulo ile kaplama	Düşük viskozitede ve düşük gramajda kaplamalarda tercih edilir.
	Kaplama maddesinin önceden dozajlandığı metotlar	Silindir kaplama	Düşük viskoziteli kaplamalarda tercih edilir.
		Döner şablon ile kaplama	Rotasyon baskı prosesine benzemektedir.
		Püskürtme ile kaplama	Bu metotta kaplama maddesi, taşıyıcı silindirler ile yönlendirilen kumaşa püskürtücü jetler tarafından aktarılmaktadır. Düşük viskoziteli, su bazlı ve çok ince kaplamalar için uygundur.
Kaplama maddesinin katı olduğu kaplama metotları	Sıcak eriyik ile kaplama	Ekstrüzyon ile kaplama	Termoplastik polimer, ekstrüder vasıtası ile kaplama için uygun sıcaklıkta eriyik hale getirilir, silindirler arasında sıkışmış halde bulunan kumaş ile birbirine yapıştırılarak soğutma silindiri ile sabitlenmektedir.
		Pudralı kaplama	Toz halde bulunan polimer madde kumaş üzerine serpilir ve radyasyon ısıtıcılı sistemde termoplastik madde eritilmektedir. Polietilen, naylon, EVA gibi kaplama maddeleri kullanılır.
	Kalandır ile kaplama	Isıtılmış silindirler arasından geçerek akışkan hale gelen katı haldeki kaplama maddesinin kumaşa aktarımı dönen silindirler ile sağlanmaktadır.	
	Transfer kaplama	Bu kaplama yönteminde daha önceden hazırlanmış kesintisiz kaplama tabakası ısıyla ya da yapıştırıcıyla kumaşa aktarılır. Bu yöntemin avantajı, kaplama filmi gözeneksiz ve hatasız bir şekilde hazırlanabilmesi, daha yumuşak bir tutum sağlayabilmesidir. Dokusuz yüzeyler, örme, likralı ve hassas kumaşlar sorunsuz bir şekilde kaplanabilmektedir.	

Modern kaplama yöntemleri	Sol-jel ile kaplama	Çözelti formundan yola çıkılarak farklı uygulama alanlarına yönelik olarak seramik, cam ve kompozit malzemeler üretim tekniğine verilen genel isimdir. Sol-jel kaplama ile aşınma dayanımı, su, yağ ve kir iticilik, güç tutuşurluk, boyama, UV koruma, antimikrobiyel, elektrik iletkenliği, kokuların kontrollü salınımı sağlanabilmektedir.
	Plazma ile kaplama	Tekstil materyallerinin yüzeyini modifiye eden bir teknolojidir. Plazma işlemi, tıp, biyotıp, otomobil, elektronik, yarı iletkenler ve tekstil endüstrisi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Plazma, çevre dostu ve ekolojik bir teknolojidir. Ayrıca tekstil yüzeyine diğer konvansiyonel yöntemlerle kazandırılmayan özellikler kazandırılabilir. Plazma ile su absorpsiyonu, ıslanma, adhezyon, boyanabilme, su, yağ ve kir iticilik ve kimyasallara dayanım gibi özellikler değiştirilebilmektedir.

2.1.4. Bıçaklı (rakleli) kaplama yöntemi

Bıçaklı kaplama, bilinen en eski kaplama yöntemidir. Kuru, düzgün bir kumaş, rakle olarak da bilinen bıçağın altında olacak şekilde, bir taşıyıcı silindir üzerine beslenir. Kaplama bileşenleri (pasta ya da köpük patı) sıyrıcı bıçak yardımıyla kumaş üzerine üniform bir şekilde dağıtılır ve doğrudan uygulanır.

Kaplama kalınlığı temel olarak, bıçak ve kumaş arasındaki mesafeye bağlıdır. Birçok makine 1,5 ile 2 metre arası genişliğinde kumaş kaplayabilir. Ancak özel tasarlanmış bazı makineler ile kaplama yapılacak genişliği 4 metreye çıkarmak mümkün olabilir.



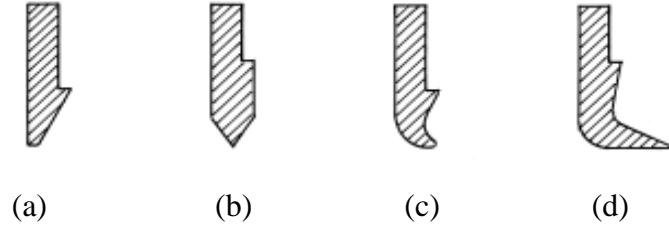
Şekil 2.1. Bıçaklı kaplama makinesi (www.spotltd.com, 2013)

Kaplama sonrası kumaş kurutucu üniteye sevk edilir. Kaplama çeşitli proses varyasyonlarına bağlı olarak kurutucu üniteye gerçekleştirilir. Burada, polimerin sertleşmesi (çapraz bağlanması), organik çözücü ya da suyun uzaklaştırılıp “katı form” oluşumu ve plastisollerin jelleşmesi gözlenir.

Kullanılan bıçakların uç profilleri ve silindir üzerindeki açıları kaplama ağırlığını ve penetrasyonu etkileyen faktörlerdendir. Rakleler uç profillerine göre, keskin uçlu, V tipi, küt burun ve ayakkabı tipi rakle olarak sınıflandırılmaktadır.

a. Keskin uçlu rakle: Genellikle hafif gramajlı kaplamalar için kullanılır. Uç kısmın genişliği 0,5 ile 4 mm arasında değişmektedir

b. V tipi rakle: İki yanı oyuklu olan profil V tipi profildir. Bu profil, iyi bir mekanik adezyon için yüksek oranda penetrasyonun gerekli olduğu durumlarda (hortum, su geçirmez muşamba) tercih edilir.



Şekil 2.2. Rakle profilleri (Sen 2008)

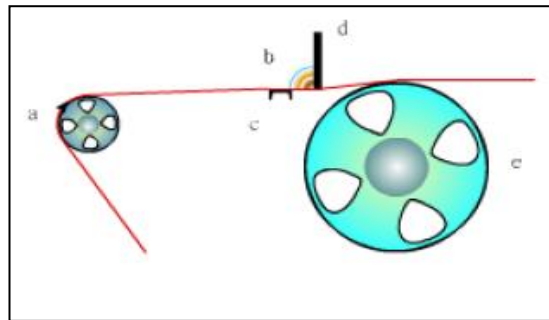
c. Küt burunlu rakle: Bu profil düşük penetrasyon ile ağır kaplama uygulamaları için kullanılır ve kolay zarar gören kumaşlar için uygundur.

d. Ayakkabı tipi rakle: Ön kısım düz veya yuvarlak olabilir. Uç çapı, 2 ile 30 mm arasında değişmektedir.

Bıçağın uygulama sırasındaki pozisyonuna bağlı olarak belirlenmiş üç temel düzenleme vardır. Bunlar; havada rakle, silindir üzerinde rakle ve blanket üzerinde rakledir (Sen 2008).

2.1.4.1. Havada rakle

Rakle bıçağı gerilim altındaki kumaşla direkt temas halindedir. Böylece kaplama maddesi kumaşın içerisine doğru itilir. Kumaştaki herhangi bir düzgünsüzlük makinenin işlemlerini etkilemez.

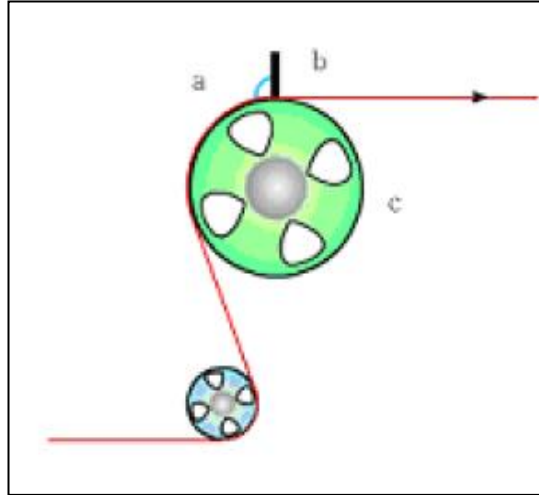


Şekil 2.3. Havada rakle (www.uzaktanegitimplatformu.com, 2013)

Bu teknik, çok ince, hafif gramajlı ($7-8 \text{ g/m}^2$) ve sızdırmaz kaplama uygulamaları için kullanışlıdır. Sıcak hava balonları ve anorak üretiminde kullanımı yaygındır.

2.1.4.2. Silindir üzerinde rakle

Bu sistem, kullanım kolaylığı ve hassasiyeti nedeniyle en önemli olan ve en çok kullanılan yöntemdir. Bu teknik ile geniş bir viskozite aralığına sahip (40000 cps'e kadar) malzemeler kaplanabilmektedir. Ayrıca solventsiz bir sistem kullanılarak, kumaş üzerinde ağır kaplamalar yapmak da mümkündür. Silindir üzerinde rakleleme metodu, boyutsal olarak stabil olan kumaşlar için daha uygundur. Çünkü kumaştaki herhangi bir hata veya ek yerleri kumaşın rakle altında sıkışarak kırılmasına neden olabilir.



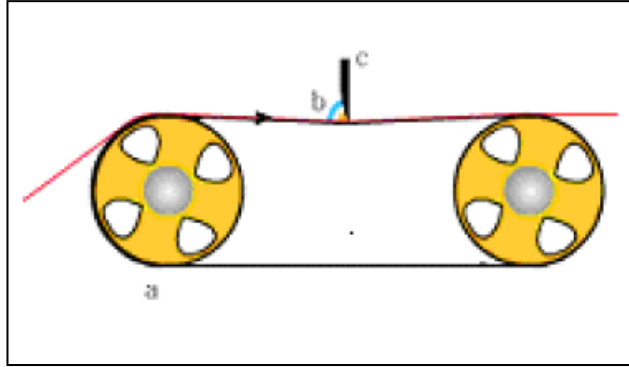
Şekil 2.4. Silindir üzerinde rakle (www.uzaktanegitimplatformu.com, 2013)

2.1.4.3. Blanket üzerinde rakle

Bu sistemde kaplanacak kumaş iki silindir arasına yerleştirilmiş sonsuz bir kauçuk blanket ile desteklenmektedir. Blankete uygulanan gerilim sayesinde bıçak ve kumaş arasında üniform bir baskı oluşturulur. Kaplama miktarı blanket gerilimine bağlı olarak değişir.

Kauçuk blanket kaplama maddesi için kontrollü bir mesafe sağlar ve kumaş hataları ve dikiş yerlerinin kırılma olmadan rakle altından geçişine izin verecek kadar yeterli

esnekliktedir. Blanket üzerinde herhangi bir hasar meydana gelmemeli veya yabancı bir madde yapışmamalıdır. Çalışma öncesinde bu kontroller yapılmazsa kaplamada düzensizlikler görülebilir (Sen 2008).



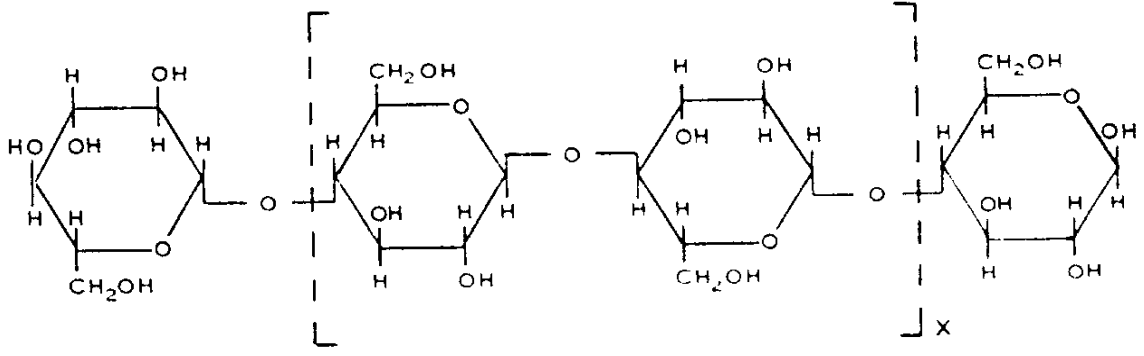
Şekil 2.5. Blanket üzerinde rakle (www.uzaktanegitimplatformu.com, 2013)

2.2. Selülozun Yapısı ve Özellikleri

Selüloz yeryüzünde en çok bulunan organik polimerdir. Pamuk lifinde %90, odunda % 40-50, kenevirde ise % 45 oranında selüloz polimeri mevcuttur.

Tatsız, kokusuz, 20-30 derecelik temas açısı ile hidrofilik, suda ve birçok organik çözücüde çözünmeyen ve biyobozunur (ayrıştırılabilir) bir polimerdir (<http://en.wikipedia.org>, 2013).

Selüloz genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan bir polisakkarittir. Selülozun yapısal analizinde % 44 karbon, % 6,2 hidrojen ve % 49 oksijen ihtiva ettiği görülür. Makromoleküller birçok (n tane) β -D glikoz yapı taşları piran halkası şeklinde olup sandalye konformasyonundadır. Her bir glikoz yapı taşında üç tane hidroksil grubu (alkol grubu) bulunmaktadır.



Şekil 2.6. Selülozun kimyasal yapısı (Aniş 2005)

Selüloz makromoleküllerinde glikoz yapı taşları 1. ve 4. karbon atomları üzerinden birbirine bağlandıklarından yarı asetal bağ durumu irreversibil olarak asetal bağ durumuna geçmektedir.

Selüloz lifleri bütün asetal bileşikleri gibi bazlara karşı oldukça dayanıklı fakat asitlere karşı dayanıksızdırlar. Asitlerin etkisiyle hidrolize uğrayan asetal bağları koparlar, makromoleküller parçalanır. Asetal bağları asitlere karşı dayanıksızdır. Bu nedenle selüloz lifleri asitlere karşı hassastır (Hockenberger 2008).

Selülozun birçok özelliği zincir uzunluğuna veya polimerizasyon derecesine (bir polimer molekülünü oluşturan glikoz ünitelerinin sayısı) bağlı olarak değişir. Odun hamurundan elde edilen selülozun tipik zincir uzunlukları 300-1700 birim arasında değişirken, pamuk ve diğer bitki liflerinden elde edilenlerde ve bakteriyel selülozlarda zincir uzunlukları 800-10000 birim arasında değişmektedir.

Selüloz su ve benzen, alkol, aseton, kloroform gibi organik çözücülerde çözünmez. Ancak, schweitzer çözeltisi adı verilen, bakır-II-hidroksit ve derişik amonyum hidroksit karışımında çözünür (<http://en.wikipedia.org>, 2013).

2.3. Tekstilde Kaplama Uygulamaları Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar

Asker ve arkadaşları, ön ve arka yüzü farklı özelliklere sahip olan dokuma ve örme kumaşlar üzerine bir deneysel çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada zemin olarak ikisi dokuma, ikisi örme olmak üzere dört tip konvansiyonel kumaş seçilmiştir. Seçilen tüm kumaşlar için hammadde içeriği %100 pamuktur. İncelenmek üzere seçilen bu dört

farklı zemin kumaşının ön yüzleri konvansiyonel yöntemler ile kaplanmış, kaplama prosesi ardına üç farklı kimyasal apre maddesi kumaşa emdirme yöntemiyle aktarılmıştır.

Kaplanan kumaşların ön yüzleri hidrofob olurken, kumaşların arka yüzleri hidrofil kalmıştır. Daha sonra uygulanan kimyasal bitim işlemi ile kumaşın hidrofil kalan kısmından, bitim kimyasalı kumaşa aplike edilmiştir. Böylece iki yüzü farklı özelliklere sahip, melez kumaşlar üretilmiştir.

Kumaşlara dayanım, aşınma dayanımı, renk ölçümü ve haslık testleri uygulanmıştır. Bu testlerin sonuçları incelendiğinde melez kumaş üretim aşamalarının, numune kumaşların bu özelliklerini değiştirmedeği belirlenmiştir. Bu özellikler değişmezken, kumaşlarda istenildiği doğrultuda su iticilik, su severlik ve antibakteriyel-antifungal aktivite sağlanabilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, melez kumaş uygulamasının dokuma kumaşlarda, örme kumaşlara göre daha başarılı sonuçlar verebileceği tespit edilmiştir. Ayrıca dokuma kumaşlar kendi içinde incelendiğinde, kalın ve yüksek gramaja sahip kumaşlarda melez aktivitenin daha kolay elde edilebileceği kanısına varılmıştır (Asker ve ark. 2011).

Negru ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada, karbon siyahı esaslı bir solüsyonla kaplı pamuk ipliklerinden üretilmiş, elektriksel iletkenliğe sahip bir kumaş geliştirilmesi amaçlanmıştır. Elektrik iletkenliğine dair en iyi sonuçları elde etmek için test edilen karbon siyahı partikülleri ve kaplama karışımının diğer bileşenleri kullanılarak hazırlanan farklı reçete sonuçları sunulmuştur.

Ölçümler AATCC 76-1995 test metoduna göre yapılmış, yüzeylerin elektriksel direnci bir multimetre (1906 programlama multimetresi TTI) kullanılarak ölçülmüştür. Sonuç olarak, karbon siyahı parçacık konsantrasyonunun artışı, elektriksel dirençte bir azalmaya neden olduğu, kaplama materyalinin diğer bileşenlerinin konsantrasyonunun ise iletken kumaşın elektriksel özellikleri üzerinde daha az bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Negru ve ark. 2012).

Renhby ve arkadaşları iletken tekstil yüzeyleri elde etme amacı ile polianilin, politiyofen, polipirol gibi iletken polimerler ile akrilik binder varlığında poliester kumaşlar üzerine kaplama uygulaması yapmışlardır. Yüzey direnci, yüzey analizi, yüzeyin görünümü ve kaplama patının davranışı üzerine çalışılmıştır. İletken polimerin konsantrasyonu, kaplanmış katmanların sayısı, yaşlanma ve mekanik gerilime dayanabilen yüzey üzerinde elde edilmek istenen iletkenliğe bağlı olarak değişmektedir (Renhby ve ark. 2008).

Hakansson ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada polipirol kaplı tekstil materyallerinin yansıma, geçirgenlik ve absorblama değerleri ölçülmüştür. Ölçümler, 1-18 GHz frekans aralığında, serbest boşluk test metodu kullanılarak, gerçekleştirilmiştir. Polipirol, poliester kumaş yüzeyi üzerine çözelti halinde polimerizasyon ile kaplanmıştır. Kalkanlama etkinliğinin, polimerizasyon süresi ile doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir (Hakansson ve ark. 2006).

Padleckiene ve arkadaşları nefes alabilir poliüretan kaplanmış kumaşlardaki kütle kaybına ve hava geçirgenliği özelliğine, sürtünmenin etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda uygulanan sürtünme kuvvetinin ve sürtünme devir sayısının, kullanılan poliüretan kaplamanın mekanik deformasyonuna bağlı olarak hava geçirgenlik ve kütle kaybı parametrelerini etkilediği tespit edilmiştir (Padleckiene ve Petrusis 2009).

Gouda ve Keshk çitosan ile kaplanmış pamuklu kumaşların antibakteriyal özelliğini incelemişlerdir. Antibakteriyal özellik, S.aureus ve E.coli bakterileri kullanarak AATCC 100-1999 test metoduna göre araştırılmıştır. 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 olduğu tespit edilmiştir (Gouda ve Keshk 2010).

Asanoviç ve arkadaşları deneysel çalışmalarında, medikal amaçlar için kullanılan, örme yüzeyli antibakteriyel kaplamalar üzerine çalışmışlardır. Çalışmada örme kumaşa

kitosan jel uygulamasını gerçekleştirmiş ve çalışma sonunda antibakteriyel aktivite ölçülmüştür (Asanoviç ve ark. 2010).

Mondal ve Hu tarafından sunulan çalışmada, pamuklu kumaşların UV radyasyondan korunması amacı ile çok duvarlı karbon nano tüp (MWNT) içerikli hidrofilik kaplamalar yapılarak yüksek bir koruma sağlanması amaçlanmıştır. Çok duvarlı karbon nano tüpler hidrofilik poliüretan solüsyonu içinde disperse olmuş ve solüsyon bıçaklı kaplama tekniği ile kumaşlara applike edilmiştir. %0,25, %1, %2,5 olmak üzere üç farklı MWNT konsantrasyonu kullanılmıştır. Nanotüp içerikli hidrofilik poliüretan kaplamalar UV radyasyona karşı çok yüksek bir koruma göstermiştir. %1'lik MWNT için UPF (ultraviyole koruma faktörü) değeri 174 iken, % 2,5 MWNT konsantrasyonu için bu değer 421 olmuştur (Mondal ve Hu 2007).

Paul ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada, pamuklu kumaşların UV dayanımı ZnO ve TiO₂ nanoparçacıkları ile kaplama uygulanarak geliştirilmiştir. ZnO ve TiO₂ nanoparçacıkları hem boyanmış hem de boyanmamış kumaşlara uygulanmıştır. ZnO parçacıklarının pamuk ipliklerine uygulanması çektirme prensibine göre yapılmıştır. Boyanmamış kumaşlara ZnO uygulaması sonucu elde edilen UV koruma faktörü değeri 30,03 iken, boyanmış kumaşlara yapılan uygulama sonucu 47,91 değeri elde edilmiştir.

TiO₂ nanoparçacıkları ağartılmış ve reaktif boyama yapılmış kumaşlar üzerine sol jel ve bağlama ajanı olmak üzere iki farklı yöntem ile uygulanmıştır. Bağlama ajanı metodunda rutil ve anataz olmak üzere iki farklı TiO₂ fazı kullanılmıştır ve UV koruma için rutil fazın daha etkili sonuç verdiği görülmüştür. Sol jel metoduna göre uygulama sonucu boyanmamış kumaşlarda yıkama öncesi ve sonrasında 50+ UPF değerine ulaşılırken, boyanmış olanlarda böyle bir sonuç elde edilememiştir. TiO₂ ve ZnO parçacıkları kıyaslandığında TiO₂'nin daha iyi bir UV koruma performansı gösterdiği söylenebilmektedir (Paul ve ark. 2009).

Ledakowicz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, nano boyutta TiO₂ ve aminosilan ilavesi ile modifiye edilmiş TiO₂ ile kumaşa sol jel kaplama uygulaması yapılmıştır. Yüksek çözünürlüklü SEM ve TEM elektron mikroskopları kullanılarak, nano yapıda

titanyumdioksit kaplı kumaşların mikro yapıları değerlendirilmiştir. Kumaşların absorpsiyon spektrumları UV-Vis Jasco V-550 aparatı ile belirlenmiştir. EN 13758-1:2002 standardına göre, kumaşların ultraviyole koruma faktörü de aynı cihazla ölçülmüştür. TiO₂ ve aminosilan ile modifiye edilmiş TiO₂ uygulanan kumaşların UPF değerlerinin 50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Ledakowicz ve ark. 2009).

Gouda ve Keshk, zirkonyum oksit ve titanyumdioksiti farklı oranlarda kullanarak, pamuklu kumaşa kaplama yöntemi ile kitosan filmi uygulamışlardır. Kitosan-titanyumdioksit karışımı film, pamuklu kumaş ile oldukça yüksek bir etkileşim gösterirken, aynı durum zirkonyum-titanyum-kitosan karışımı film ile sağlanamamıştır. Test sonuçlarına göre, titanyumdioksit ile işlem gören kumaşlarda ultraviyole koruma faktörü 50 ve üzeri bir değer alırken, zirkonyumoksit ilavesinde bu değer 45-50 arasında değişmektedir. Metal oksitlerin her ikisinde de kitosanın kullanımı ile UV koruma değeri 50 ve üzeri bir sonuç almıştır (Gouda ve Keshk 2010).

Ferziger tarafından yürütülen çalışmada, ışık geçirmezlik özelliği olan, en az bir yüzeyi bir veya birkaç kat alev geciktirici köpük kaplama uygulanmış, sıkıca dokunmuş cam elyaf kumaş üretilmiştir. Işık geçirmez kumaş katmanı için karbon siyahının kullanımı uygun görülmüştür (Ferziger ve Lippman 1987).

2.4. Isı Transferi ve Termal Yalıtım

Isı transferi hayatın bir parçasıdır ve yaşamın devam etmesi için son derece önemlidir. Vücudun ısıl dengesi, soğuk havalarda kalın giysiler giyerek ısı kaybının azaltılması, sıcak havalarda ise ince giysiler giyerek fazla ısının vücuttan atılması ile sağlanır. Evimizin içinde bulunan buzdolabı, fırın, termos, düdüklü tencere, saç kurutma makinesi, ütü ve ısıtma cihazları gibi aletlerin yanı sıra; bindiğimiz otomobilin motoru, radyatörü, ısıtma sistemi ve kliması hep birer ısı transferi uygulamasıdır.

Sıcaklık farkı nedeni ile gerçekleşen enerji nakline ısı transferi (geçışı) denilmektedir. Her çeşit ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve havalandırma uygulamalarında ısı transferi bilgisi temel oluşturmaktadır. Konfor soğutması ve ısıtmasında ısı transferinin önemi

açıktır. İnsanların faydalanabileceği her çeşit bina yapısı ve hatta taşıt dizaynlarını ısı transferi etkilemektedir (Kılıç ve Yiğit 2008).

Isı, doğal olarak yüksek sıcaklıktan, düşük sıcaklığa doğru akar ve direncin en az olduğu yol boyunca en fazla ısı akışı oluşur. Yüksek sıcaklık bölgesinin yanından, düşük sıcaklık bölgesine bir sıcaklık gradyeni oluşur. Isı yalıtımı, sıcaklık gradyeni içinden olan ısı akışını düşürerek, sıcaklık gradyenini korur. Çoğu halde, yalıtım çevreye olan ısı kaybını engellemeye yarar. Diğer hallerde ise, çevreden gelen ısıya karşı koruma sağlar.

En genel anlamda ısı yalıtımı, ısı geçişini azaltan bir dirençtir. Isı yalıtım malzemeleri, bitişik yapı malzemelerinin ısı iletim direncini artırmak veya dışarıya kaçan ısı miktarını azaltmak amacı ile kullanılırlar.

ISO ve CEN Standartlarına göre yapılan sınıflandırmada, λ (Isı iletkenlik katsayısı) 0,065 W/mK'den küçük olan malzemeler "ısı yalıtım malzemesi" olarak değerlendirilir (<http://www.imo.org.tr>, 2013). İnsanlar, enerji kaynaklarıyla ısınmaya başladıklarından itibaren teknolojik buluşların da yardımıyla üretilen ısıyı maksimum miktarda ortamda tutarak, faydalanmaya çalışmışlardır. Böylece enerjiden tasarruf ve maliyetten de tasarrufu amaçlamışlardır (www.makineteknik.org, 2013).

2.4.1. İletimle ısı transferi

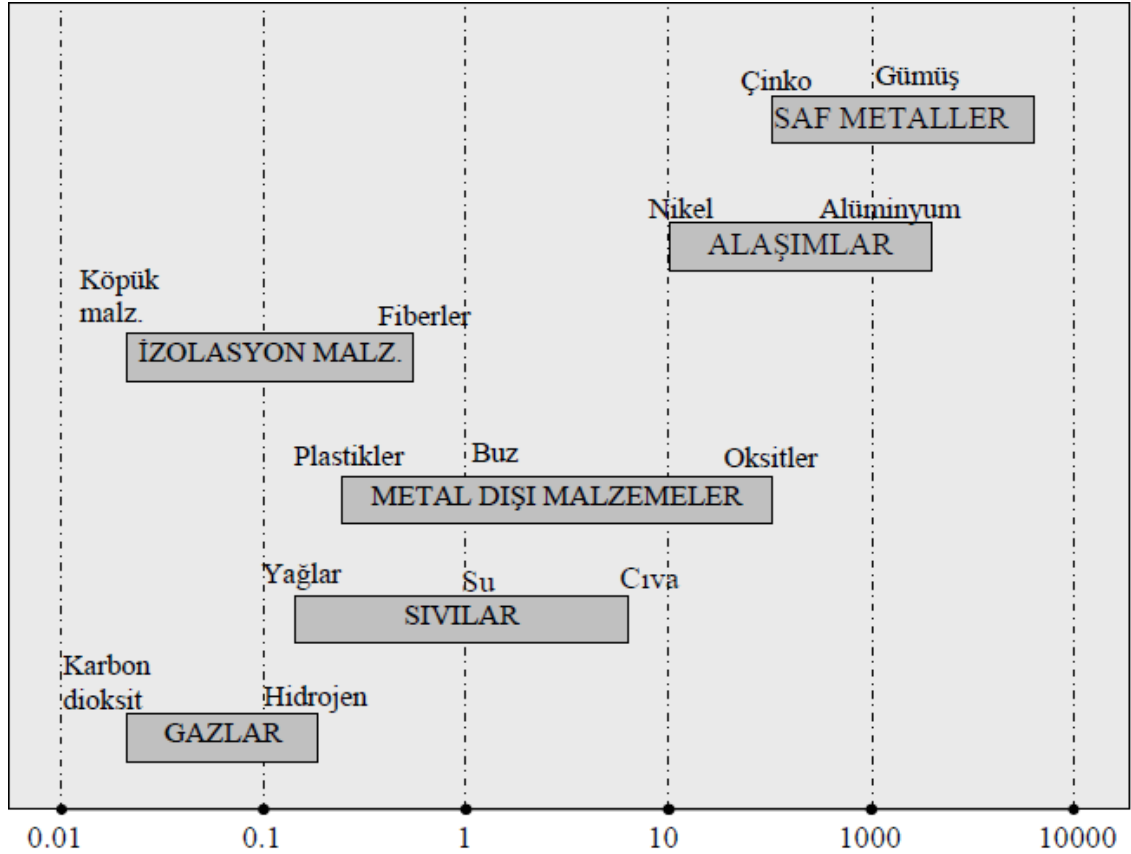
Isı transferinin bu modu atomik ya da moleküler seviyedeki aktiviteler ile ilişkilidir. İletim (kondüksiyon) bir maddenin partikülleri arasındaki ilişki esnasında daha fazla enerjiye sahip partiküllerden daha az enerjiye sahip partiküllere enerji transferi olarak görülebilir.

Isı iletiminin temel denklemi Fourier Isı İletim Kanunu ile ifade edilir.

$$Q_x = -k A \left(\frac{\Delta T}{\Delta X} \right) [W] \quad (2.1)$$

Burada k , ısı iletim katsayısı (W/mK) olup, malzemenin önemli bir özelliğidir. A ise malzemenin alanını ifade eder ve birimi m^2 'dir.

Genel olarak katılar sıvılardan, sıvılar ise gazlardan daha yüksek ısı iletim katsayısına sahiptirler. Isı iletim katsayısının değeri moleküller ya da atomlar arasındaki mesafe ile bağlantılıdır.



Şekil 2.7. Değişik maddeler için ısı iletim katsayısı değerleri (Kılıç ve Yiğit 2008)

Akışkanlarda moleküller arası mesafe katılara nazaran daha fazla olduğu için ısı enerjisi transferi daha az etkilidir. Bu nedenle gaz ve sıvıların ısı iletim katsayısı katılardan daha düşüktür. Gaz ve sıvıların ısı iletim katsayısı genellikle artan sıcaklıkla artar (Kılıç ve Yiğit 2008).

2.4.2. Taşınım ile ısı transferi

Akışkan hareketi ile ilişkili olan ısı transferinin bu modu; akışkan içinde moleküllerin etkileşimiyle gerçekleşen iletimle ısı transferi yanında akışkanın hareketi dolayısıyla enerjinin taşınması mekanizmalarının her ikisini de içerir.

Birim zamandaki taşınım ile ısı transferini hesaplayabilmek için akışkanlar mekaniği, ısı iletimi ve sınır tabaka teorilerini bilmek gerekmektedir. Bu kompleks durum tek bir parametre üzerine indirgenip işlemler yapılabilir. Taşınım ile transfer edilen ısının sıcaklık farkı ile orantılı olduğu bulunmuştur. Bu durumda, bir orantı sabiti tanımlanarak;

$$q_{taş} = \frac{Q_t}{A} = h_m(T_y - T_\infty) \quad (2.2)$$

şeklinde yazılabilir. Bu eşitlik Newton'un Soğuma Kanunu olarak bilinmektedir. h_m ortalama ısı taşınım katsayısı olarak tanımlanır. Isı taşınım katsayısının birimi $[W/m^2K]$ dir. $q_{taş}$ ise taşınım ile transfer edilen ısı akısıdır.

Bazı durumlarda ısı taşınım katsayısının değeri analitik olarak bulunabilir, fakat çoğunlukla ölçümler sonucu tespit edilir. Isı taşınım katsayısı, akış türü (laminer ya da türbülanslı), akışkan hızı, akışkan özellikleri (viskozite, yoğunluk, ısı iletim katsayısı vb), sıcaklık, geometri gibi birçok etkene bağlı olarak değişir. Isı taşınım katsayısının tayini için yapılan analitik ve deneysel çalışmalar sonucu, akış karakteristiklerine ve geometriye bağlı olarak ampirik bağıntılar geliştirilmiştir (Kılıç ve Yiğit 2008).

2.4.3. Işınım ile ısı transferi

İletim ve taşınım ile ısı transferi mekanizmaları enerjinin içinden nakledilebileceği bir ortama gereksinim duymaktadırlar. Ancak enerji mutlak vakum ortamından, yani hiçbir maddenin bulunmadığı bir ortam içinden geçerek de transfer edilebilir. Bu mekanizma elektromanyetik ışınım (radyasyon) olarak tanımlanır. Işınım da enerji elektromanyetik dalgalarla (ya da fotonlar ile) taşınır.

Işıma olayı ışığın vakum içindeki hızıyla gerçekleşir. Bu geniş ışıma spektrumunda bizi ilgilendiren sadece ısı bileşenlerdir. Mutlak sıfır sıcaklığının üzerinde sonlu sıcaklığa sahip bütün maddeler çevrelerinden bağımsız olarak ışıma ile enerji yayarlar. Net ısı transferi ise sıcak bölgeden soğuk bölgeye doğru gerçekleşir.

Maddenin ısı enerjisinden kaynaklanan ve birim yüzeyinden birim zamanda serbest bırakılan enerji yayılım gücü E ile gösterilebilir. Stefan-Boltzman Kanunu yayılım gücünün alabileceği maksimum değeri belirtmektedir. Yüzeyden birim zamanda ve birim alandan net ışımla ısı transferi için;

$$q_{ışımlım} = \varepsilon \sigma_s (T_y^4 - T_{çevre}^4) \quad (2.3)$$

ifadesi kullanılır. Bu ifade; birim zamanda ve birim alandan, yüzeyin ışıma ile kaybettiği enerji ile yüzeye gelen ışıma ile kazandığı enerji arasındaki farkı vermektedir. Birimi W/m^2 'dir. ε materyali yaydığı ısı enerjisini, σ_s Stefan-Boltzman sabitini ($5.67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$) ifade eder (Kılıç ve Yiğit 2008).

2.5. Konutlarda Enerji Tüketimi ve Pencere Yalıtımı

Dünyadaki teknolojik gelişmeler, nüfus artışı ile beraber enerji tüketimini hızla arttırmaktadır. Enerji tüketiminin artması ülke ekonomisine yük getirmesinin yanı sıra çevre kirliliğine de yol açmaktadır. Sınırlı fosil yakıt kaynakları ile enerji ihtiyacını uzun süre karşılayabilmek için enerjinin verimli şekilde kullanılması gerekmektedir (Özkan 2009).

Binalar, ekonomi sektöründeki en uzun ömürlü ve önemli boyutta enerji tüketen ürünler olması ve çok geniş ürün ve hizmet aralığını kapsamaları nedeniyle enerji verimliliğinin artırılması ve iklim değişikliğine yönelik politika ve programlarda öncelikli çalışma alanı olarak değerlendirilmektedir (Keskin 2010).

Binalarda istenen termal konfor şartlarını sağlamak için ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amacı ile enerjinin önemli bir kısmı tüketilir (Maleki 2011).



Şekil 2.8. Binalarda meydana gelen ısı kayıpları (www.isipompasi.net, 2013)

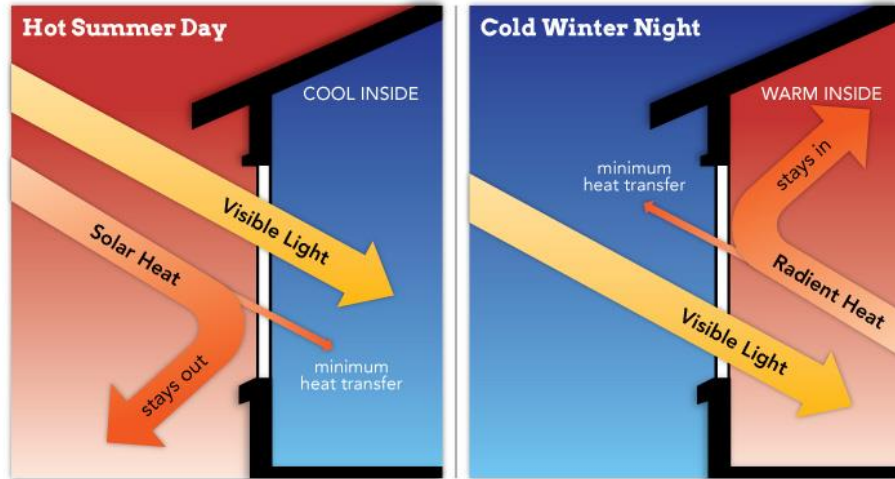
Binalardaki ısı kayıplarının; dış duvarlardan (%40), pencerelerden (%30), kapılardan (%17), çatı (%7) ve döşemelerden (%6) olduğu belirtilmektedir. Evlerdeki istenmeyen ısı artışının %50'si de yine pencereler yoluyla gerçekleşmektedir. Çatı, döşeme ve dış duvarlar yalıtım malzemeleriyle uygun bir şekilde yalıtılarak enerji kaybı azaltılabilir. Ancak pencerelerde yalıtım malzemesi bu yüzeylerdeki gibi kullanılamaz. Bu nedenle çok pencereli ortamlarda sorun oldukça büyüyecek ve enerji kaybı oldukça artacaktır (Arıcı ve ark. 2008).

Binalarda yalıtım zincirinin en zayıf noktası pencerelerdir. Pencereler kışın güneş ışığını geçirerek bina içine ısı kazancı sağlar. Güneş almadığı zamanlarda ise kazandığı ısıyı kısa zamanda kaybeder. Cam üzerine düşen ısı cam tarafından absorbe edilerek sıcaklığı artırır. Bu sıcaklık belirli bir değere ulaştıktan sonra camın her iki tarafında taşınım ve ışınım nedeni ile ısı kaybı olur.

Pencerelerde kullanılan çerçeve malzemesindeki ısı kaybı, camdan kaybolan ısıdan daha önemlidir. Bu nedenle, çerçeve için seçilen malzemenin ısı iletim katsayısı düşük olmalıdır. Özellikle ışınım alan pencere yüzeylerinde sıcaklık artar. Bu ise çerçevelerde ısıl gerilmelere neden olur ve zamanla hava sızıntısı ve buna bağlı olarak ısı kayıpları artışına neden olur.

Pencerelerden oluşan ısı kaybını azaltmak için tek cam yerine çift cam kullanılmalıdır. Çift cam sistemi, iki cam arasında kuru hava boşluğu bırakarak metal bir ara çıtası yardımıyla birleştirilmesinden oluşur. İki cam arasında nem oluşmaması için ara çıta içinde nem absorbe edici madde bulunur. İki cam arasında bulunan durgun hava, ısı geçişine karşı bir direnç oluşturur. İki cam arasındaki mesafe, camın toplam ısı transfer katsayısı üzerine etki eder. İki cam arasındaki mesafe arttıkça taşınım ile olan ısı transferi artar ve camın yalıtım değeri azalır (Altınışik 2006).

Camın yayınım katsayısı teorik olarak 0-1 arasında değişir. Yayınım bir cisim üzerinden elektromanyetik enerji tasarrufunun ölçüsüdür. Yayınım değeri arttıkça yalıtım değeri düşer. Düşük yayınım katsayısına sahip camlar, daha iyi ısı yalıtımı sağlar. Camların ısı yalıtım değerlerini artırmak için cam üzerine Low-E (low emissivity) kaplamaları yapılır. Low-E kaplamalı çift cam sistemleri oda ısısını görünmez bir ayna gibi tekrar içeri yansıtır.



Şekil 2.9. Low-E kaplamalı cam (<http://metcalfexterior.com>, 2013)

Pencere yalıtımında iyi bir performans için çerçeve, pencere, cam, perde, panjur veya güneşlik beraber düşünülmelidir.

Binalardaki gün ışığı ve solar ısı kazanımlarının optimum kullanımı uygun gölgeleme sistemleri ile sağlanabilir. Bu demektir ki perdeler/storlar, cepheler boyunca gerçekleşen solar kazanımları kontrol edebilir ve düzenleyebilir. Bu sistemler yazın istenmeyen ısı artışını önlemeli, kışın ise yüksek oranda Güneş ısı kazanımına izin vermelidir (Kuhn ve Platzer 2001).

Perdesiz bir pencerede ısı kaybı %100 kabul edildiğinde, eğer perde pencere boyutunda ve pencereye yakın ise ısı kaybı %10 kadar azalır ve %90'a düşer (www.guneyyapiizolasyon.com.tr, 2013).

Bu nedenle, pencerelerden ısı kayıplarının ve kazanımlarının önlenmesinde yalıtım özelliğine sahip perdelerin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, özellikle kaplamada ısı iletim katsayısı çok düşük dolgu maddelerinin ve/veya yansıtma özelliği yüksek malzemelerin kullanımı önemli olmaktadır.



Şekil 2.10. Stor perde uygulaması (www.made2measureblinds.com, 2013)

2.6. Termal Yalıtkan Olarak Tekstil Malzemelerinin Kullanımı Konusundaki Çalışmalar

Tekstil malzemelerinin termal yalıtım özelliklerinin araştırılması konusunda literatürde çeşitli yayınlar bulunmaktadır. Bunların çoğunluğunu, tekstil lif türünün ve kumaş yapısının (kalınlık sıklık ve örgü cinsi) termal yalıtım üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar oluşturmaktadır. Aşağıda incelenen bu çalışmaların her biri kısaca özetlenmiştir.

Abdel ve arkadaşları çalışmalarında %100 poliester ve %100 polipropilen dokusuz yüzeyler kullanmışlardır. Kumaşlar boyunca sıcaklık değişimi, yoğunluk ve giriş sıcaklığı gibi bazı işlem parametreleri değiştirilerek ölçülmüştür. Poliester kumaşların, polipropilene göre daha yüksek termal ve özgül dirence sahip olduğu görülmüştür. Kumaş kalınlığının kumaştaki sıcaklık değişiminde belirgin bir etkisinin olduğu; kalınlık arttıkça, izolasyon özelliğinin iyileştiği sonucuna varmışlardır (Abdel ve ark. 2006).

Jirsak ve arkadaşları tarafından yürütülen bir çalışmada, dikey ve yatay olarak serilmiş dokusuz yüzey kumaşların termal iletkenlik özelliği ile yoğunlukları arasındaki ilişki incelenmiş ve dokusuz yüzey kumaşlarda yoğunluk artışı ile birlikte termal iletkenliğin düştüğü görülmüştür (Jirsak ve ark. 2000).

Frydrych ve arkadaşları, %100 Pamuk ve %100 Tencel ile üretilen, bezayağı, kanvas ve dimi yapılarında dokunmuş kumaşların termal özelliklerini araştırmışlardır. Kumaşın örgü yapısının termal özellikleri etkilediği görülmüştür. Tencel kumaşlar pamuklu kumaşlara kıyasla, daha düşük termal iletkenlik ve daha yüksek termal direnç göstermişlerdir. Termal iletkenlik ve termal soğurganlık değerleri büyükten küçüğe bezayağı, kanvas ve dimi şeklinde sıralanırken, termal direnç değerleri için tam tersi bir sıralama söz konusudur (Frydrych ve ark. 2002).

Sukigara ve arkadaşları, endüstriyel atıklardan geri dönüşüm ile üretilmiş lif demetlerinin termal özelliklerini incelemiştir. Liflerin termal iletkenlikleri sabit hal ve ısıtılmış paralel plaka yöntemleri ile ölçülmüştür. Sonuçlar saf yün demetleri ve yün

karışımı lif demetleri ile kıyaslanmıştır. Geri dönüşüm lifleri yeni saf yün demetlerine kıyasla daha düşük termal iletkenlik özelliği göstermiştir (Sukigara ve ark. 2003).

Wang ve arkadaşları tarafından sunulan çalışmada, yün kumaşların termal iletkenliği, polipirol ve karbon kaplama yapılarak iyileştirilmeye çalışılmıştır. Kumaşların termal iletkenliği pirol konsantrasyonu ve sentez süresi ile doğru orantılı olarak artmıştır (Wang ve ark. 2010).

Vigneswaran ve arkadaşları, 30/70, 40/60, ve 50/50 gibi farklı oranlarda karıştırılmış jüt/pamuk karışımı örme kumaşların termal iletkenlikleri ile yapı özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Karışımlardaki jüt oranı ve kumaşın kalınlığı arttıkça, termal iletkenlik değeri azalmıştır. Kumaş sıklığı arttıkça daha yüksek termal izolasyon değerlerine ulaşılmıştır (Vigneswaran ve ark. 2009).

El-Hady ve El-Baky, spor giyimde kullanılmak üzere, izolasyon özelliğine sahip fonksiyonel kumaşlar üretmeyi amaçlamışlardır. %65/35 pamuk/PES, %65/28,5/6,5 pamuk/PES/karbon, %65/17,5/17,5 pamuk/PES/karbon olmak üzere farklı karışımlar hazırlanmış ve 2/1 dimi ve 5'li saten yapısında dokunmuştur. Ölçüm sonuçlarına göre, karışımlardaki karbon içeriği arttıkça kumaşların daha iyi termal koruma sağladığı görülmüştür (El-Hady ve El-Baky 2011).

Weder çalışmasında, tek katmanlı PP, PES, PA (%92 PA, %2 Elastan) ve PP/CO (%60 PP, %40 CO) kumaşların ısı ve nem özelliklerini incelemiştir. Lif özelliklerine göre sınıflanmış kumaşların termal dirençleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre, kumaşların ısı direnç değerleri büyükten küçüğe polipropilen/pamuk, poliester, polipropilen, poliamid şeklinde sıralanmıştır (Tiber 2011).

Mıstık ve Merdan, bazalt ve cam dokuma kumaş ve fındık kabuklarının takviye malzemesi olarak kullanılmasıyla polimer matrisli kompozitler üretmişlerdir. Matris olarak termoset poliester reçine kullanılmıştır. Takviye malzemesinin içerisindeki fındık kabuklarının oranı ağırlıkça %5dir. Ayrıca 3 farklı boyutta fındık kabuğu kullanılmış ve en küçük boyut 1. kademe olmak üzere numaralandırılmıştır. Üretilen

kompozit malzemelerin ısı geçirgenlik özellikleri incelendiğinde, bazalt dokuma kumaş takviyeli kompozitlerin, cam dokuma kumaş takviyeli kompozitlerden daha iyi bir ısı yalıtım özelliğine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca 2. kademe öğütülmüş fındık kabuklarının kullanıldığı tüm kompozitlerin ısı yalıtım özelliğinin, 1.ve 3. kademe öğütülmüş fındık kabuklarının kullanıldığı kompozitlerden daha iyi olduğu görülmüştür. (Mıstık ve Merdan 2012).

Majumdar, Mukhopadhyay ve Yadav pamuk, rejenere bambu ve pamuk-bambu karışımı ipliklerden üretilmiş farklı örme yapılarının termal iletkenlik özelliklerini incelemişlerdir. Üç lif karışımı (%100 pamuk, 50:50 pamuk-bambu ve %100 bambu) 30, 24 ve 20 tex olmak üzere üç farklı numarada iplik üretimi için kullanılmıştır. Bu ipliklerin her biri düz, rib ve interlok olarak farklı örme yapılarının üretiminde kullanılmıştır. Bambu lifinin karışımdaki konsantrasyonu arttıkça, örme kumaşların termal iletkenliğinin azaldığı gözlenmiştir. Aynı elyaf karışım oranı için, daha ince ipliklerden üretilen kumaşlarda termal iletkenlik değerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Interlok kumaşların termal direnç değerlerinin maksimum olduğu, bunu rib ve düz örme kumaş yapılarının izlediği belirlenmiştir (Majumdar ve ark. 2010).

Süpüren ve Mengüç tarafından yapılan çalışmada; yün, tiftik, ipek, angora, alpaka ve kaşmir lifleri kullanılarak üretilmiş örme kumaşlar için ısıl konfor özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tiftik liflerinden üretilen kumaşların en iyi yalıtım özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu kumaşları angora liflerinden üretilen kumaşların takip ettiği ve en düşük yalıtım değerinin ise ipek liflerinden üretilen kumaşlarda olduğu belirlenmiştir. (Süpüren ve Mengüç 2012).

Uzun tarafından yapılan bir çalışmada, iki farklı (ultrasonik ve klasik) yıkama yöntemi ile yıkanmış %100 pamuk, %100 poliester (PES) ve %50/50 pamuk/PES karışım dokuma kumaşların kuru ve nemli haldeki termal konfor özelliklerini incelenmiştir. Alambeta ve Permetest cihazları kullanılarak kumaşların termal özelliklerine, yıkama yöntemlerinin, kuru ve nemli hallerin ve lif türünün etkisi karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Termal iletkenlik ve soğurganlık nemli kumaşta artarken, termal direnç azalmıştır. %100 pamuklu kumaş ile karışım kumaş arasında sentetik lif (PES)

etkisinden dolayı termal konfor değerlerinde azalma ve artma gözlemlenmiştir. Genel olarak bakıldığında PES, pamuğun konfor özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Uzun 2012).

2.7. Ses Kavramı ve Parametreleri

İnsan kulağında işitme duyusunu uyaran, titreşim yapan bir kaynağın hava basıncında oluşturduğu dalgalanmalarla meydana gelen ve titreşimin yayılma doğrultusunda boyuna dalgalanmalar ile yayıldığı fiziksel olaya “ses” denir.

Temel olarak ses bir nesnenin titreşmesi ile oluşur. Bu titreşim hareketi basınç dalgaları şeklinde hava içerisinde yayılır. Hava partiküllerinin hareketlerinden meydana gelen basınç dalgalanmaları (artış ve azalışları); kulak içerisinde oluşan titreşimler vasıtasıyla beyine iletilerek insanlar tarafından algılanır. İnsan kulağı 20-20.000 Hz. arasındaki sesleri işitebilir. Sesin işitilebilmesi için şiddetinin belli bir düzeye erişmesi gerekmektedir (<http://eng.harran.edu.tr>, 2013).

Sesin iletilmesi için mutlaka bir hava ortamı gereklidir. Hava olmayan bir mekânda ses iletilmez. Ses dalgaları; farklı ortamlarda farklı hızlarda yayılır. Gaz ortamlarda sesin yayılma hızı; sıcaklık ve bağıl neme göre değişir. Sesin yayılma hızı; katı ortamlarda, gaz ortamdan daha fazladır. Örneğin ses dalgalarının havadaki yayılma hızı 344 m/s iken suda 500 m/s, betonarme bir elemanda ise 3000-3500 m/s'dir (www.izoder.org.tr, 2013).

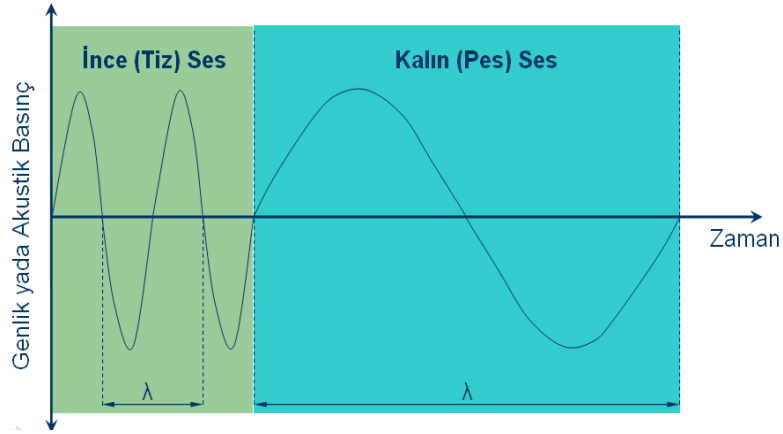
2.7.1. Frekans ve periyot

Fiziksel olarak ses; titreşim hareketi doğrultusunda boyuna basınç dalgaları ile enerji aktarımıdır. Ses dalgalarının saniyedeki titreşim sayısına ‘frekans’ denir. Birimi Hertz (Hz)’dir. Frekans ne sıklıkta hava moleküllerinin titreştiğini ifade eder. Yüksek frekanslı olan tiz seslerin ise dalga boyları oldukça kısadır. Kalın, bas sesler 125-500 Hertz frekansta, konuşma sesi 1000 Hertz frekansta, ince (tiz) sesler 2000-4000 Hertz gibi yüksek frekanstadır (www.izoder.org.tr, 2013).

İki sıkışma ya da iki gevşeme bölgesi arasındaki zamana veya bir titreşim için geçen süreye ‘periyot’ denir. Birimi saniyedir (Demirkale 2007).

2.7.2. Dalga boyu ve genlik

İki sıkışma veya iki gevşeme bölgesi arasındaki mesafeye ‘dalga boyu’ denir. Birimi metre (m)’dir. Düşük frekanslı sesler uzun dalga boylarına sahiptir ve bas ses olarak algılanırlar.



Şekil 2.11. Dalga boyu (www.izoder.org.tr, 2013)

Bir ses titreşiminde genliğin azlığı veya çokluğu ses şiddetinin azlığı veya çokluğu anlamındadır. Frekansı değişmeyen bir titreşimde, genliğin artması ile aynı süre içinde elementler daha fazla yol kat edeceklerinden, elementlerin genlik atılım hızının (titreşim hızı) artması, ses titreşimini meydana getiren enerjinin artması, bu da ses şiddetinin artması demektir. Bir piyano tuşuna daha hızlı vurulursa tel daha fazla titreşir ve sesin genliği artar. Ses daha kuvvetli veya göreceli olarak gürültülü algılanır (Demirkale 2007, www.izoder.org.tr, 2013).

2.7.3. Ses şiddeti ve ses basınç seviyesi

Bir noktasal kaynaktan yayılan ses dalgası, serbest alanda, (başka bir ses kaynağı ya da yansıtıcı yüzeyler olmaksızın) giderek büyüyerek, küresel olarak yayılır. Ses alanı içinde verilen bir noktada, belirli bir doğrultu içindeki birim alandan geçen akustik gücün ortalama miktarına ‘ses şiddeti’ denir. Birimi Watt/cm^2 ’dir (Demirkale 2007).

Ses yayılması sırasında değişen atmosferik basıncın referans ses basıncına (20 µPa) göre farkına ‘ses basınç seviyesi’ denir. Ses basınç seviyesinin birimi desibel (dB)’dir.

İnsan kulağının en hassas olduğu orta ve yüksek frekanslara göre esas alınan ses basınç seviyesinin birimi dB (A)’dır (www.izoder.org.tr, 2013).

2.8. Ses Yalıtımı

Eğer ses dalgası gelişigüzel bir spektrumda yer alıyorsa, ya da diğer bir deyişle istenmeyen bir ses ise buna “gürültü” adı verilir. Konforumuz açısından istenmeyen, rahatsız edici bir durum olan gürültü, verdiği bu rahatsızlığın yanı sıra bireyler üzerinde, psikolojik, fizyolojik ve performans yönünden olumsuz etkiler de yaratır. Gürültü, davranış bozuklukları, çalışma verimindeki düşüş, duyma kayıpları, kulak çınlamaları ve bazı psikolojik hastalıkların nedeni olabilir.

Gelişen teknolojiye paralel olarak yapı elemanlarının hafiflemesiyle gürültü sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeple yapı elemanlarının ses ışınları karşısındaki davranışlarını iyi bilmek, sonradan meydana gelecek ve masraflı, telafisi zor durumlarda kalmayı önleyebilir.

Gürültüyle savaşmanın en etkili yolu olan gürültü denetimi, gürültünün insan üzerinde oluşturacağı zararlı etkileri en aza indirmek için alınacak önlemleri kapsar. Gürültüyle mücadele metotları, ”akustik düzenleme” ve “ses yalıtımı” olarak ikiye ayrılır.

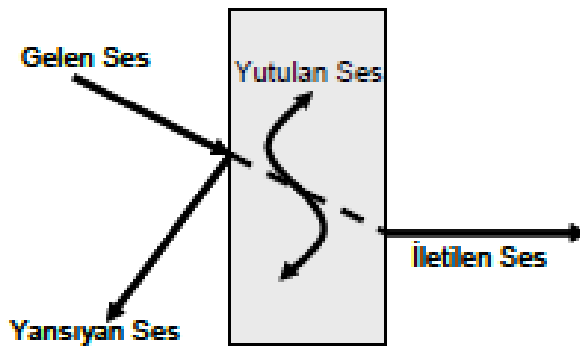
Akustik düzenleme, mevcut kapalı ortamda yansıma süresinin düzenlenmesidir. Akustik düzenleme uygulamalarında ses kaynağı düzenlemenin yapılacağı hacmin içerisinde dir. Ses yalıtımı ise, yapı elemanları aracılığıyla iletilen seslerin miktarlarını azaltmak için yapılan işlemdir. Ses yalıtımı uygulamalarında ses kaynağı çoğunlukla uygulamanın yapılacağı hacmin dışındadır.

Ses dalgaları bir ortamda ilerlerken eğer farklı yoğunlukta ve esneklikte bir ortamla (malzemeyle) karşılaşırlarsa bir bölümü yansır, bir bölümü o malzeme tarafından emilir,

bir bölümü ise iletilir. Ses enerjisi malzeme içerisinden geçerken hücreler içerisindeki direnç ve sürtünme nedeni ile ısı enerjisine dönüşerek kısmen yutulur. Ses yutma katsayısı (α), gelen ses enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülme oranıdır ve değeri 0-1 arasında değişir. Yüksek α değerine sahip olan malzemeler 'ses yutucu', düşük α değerine sahip malzemeler 'ses yansıtıcı' özelliğe sahiptir (www.izoder.org.tr, 2013).

Çoğu malzemenin yutuculuğu çoğunlukla gözenekli yapısına dayanır. Taş yünü vs. gibi malzemelerin pek çoğunun birçok derin delikli, içten bağlantılı hücrecikleri vardır. Bunların içinde yayılan ses enerjisinin bir kısmı hücreler içindeki sürtünme ile malzemenin küçük liflerinin titreşimleriyle ısı enerjisine dönüşür. Eğer malzeme yeterince gözenekli ve kalın ise gelen ses dalgasının bu şekilde %95'i yutulabilir. Ses dalgaları bir panele çarptığında dalgalar panele zıt basınç uygulayarak titreşmesini sağlarlar. Sonuçta oluşan kanat titreşimleri belli miktarda gelen ses dalgasını ısıya dönüştürürler (Demirkale 2007).

Açık gözenekli yapıya sahip olan ses yalıtım malzemelerinin yutuculuk katsayıları orta ve yüksek frekanslarda fazla, düşük frekanslarda ise azdır. İnce tabakalar yalnızca orta ve yüksek frekanslarda etkilidir. 100 Hertz'in altında frekanslara sahip ses dalgalarının etkin bir şekilde yutulması için; ya çok kalın bir tabaka gözenekli bir malzeme kullanılmalı ya da arkasında hava boşluğu bırakılmalıdır.



Şekil 2.12. Sesin yutulması (www.izoder.org.tr, 2013)

E_i , gelen ses enerjisini, E_a absorblanan enerjiyi, E_r yansıtılan enerjiyi, E_t ise yüzeyin diğer tarafına geçen ses enerjisini ifade ederse,

$$E_i = E_r + E_a + E_t \quad (2.4)$$

eşitliği ile cisme gelen ses enerjisi hesaplanmaktadır. Buna göre cismin ses absorpsiyon (yutum) katsayısı (α);

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i} \quad (2.5)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Canbolat 2013).

Genel olarak, düşük frekanslı bas seslerin yalıtımında malzemenin sertliği, yüksek frekanslı tiz seslerin yalıtımında malzemenin ses emiciliği, orta frekanslı seslerin yalıtımında ise malzemenin kütlesi önem taşır.

Halı, perde, cam yünü gibi gözenekli malzemeler yüksek frekanslı tiz sesleri yutarlar. Pencere camları, asma tavanlar, ağır kütleli duvarlar ise düşük frekanslı bas (kalın) sesleri yutarlar. Kalın seslerin yutulması daha güçtür. Herhangi bir yutucu malzeme yüksek frekanslı sesleri (tiz) büyük oranda yutabilirken, bas sesleri çok daha az oranda yutabilir. Dolayısıyla bir malzemenin ses yutuculuğu, gürültü içindeki ses frekans aralıklarına göre değişkendir.

Hesaplamalarda kullanılacak sabit bir değer elde edilebilmesi için frekanslara göre ses yutma katsayılarının ortalaması alınarak “gürültü azaltma katsayısı (NRC)” tanımlanmıştır (www.izoder.org.tr, 2013).

$$NRC = \frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}}{4} \quad (2.6)$$

NRC değeri, konuşma seslerinin algılanmasında önemli olan ve 250-2000 Hz arasındaki frekans bölgesinde malzemelerin ortalama ses yutuculuk katsayılarını veren tek sayılı bir birimdir.

Ancak bir ürünün seçiminin yalnızca NRC'ye dayandırılması yanlıştır. Buna rağmen düşük frekans yutuculuğunun önemli bir faktör olmadığı yerlerde NRC yeterli bir endekstir (Demirkale 2007).

2.9. Ses Yalıtımı İçin Tekstil Ürünlerinin Kullanıldığı Çalışmalar

Silve ve Magalhaes inşaat sektöründe kullanılmak üzere çok katmanlı malzemelerin akustik özelliklerini incelemiştir. Hindistan cevizi lifleri sıkıştırılarak 20 mm kalınlığında bir lif tabakası elde edilmiş, bu tabaka 5 mm ve 10 mm kalınlığa sahip köpük malzeme ile farklı kombinasyonlar halinde birleştirilerek çok katmanlı malzemeler hazırlamıştır. Ses yutma katsayılarının ölçümü ASTM E 1050 standardına göre 200-3000 Hz frekans aralığında yapılmıştır. Aynı ayrı ölçüldüklerinde ses yutuculuğu %25 ile %35 arasında değişim gösteren malzemeler, birlikte kullanıldıklarında %100'e yakın bir ses yutuculuğu göstermişlerdir (Silve ve Magalhaes 2008).

Öztürk, Nergis ve Candan 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. Kalınlıkları 4,48-5,6 mm aralığında değişen kumaşların ses yutma katsayıları ISO 10534-2'ye uygun olarak 50-6400 Hz'de ölçülmüştür. İlmek yoğunluğunun artması ve dolayısıyla gözenekliliğin azalması ile 1600 Hz'lerden sonra yutuculuk artmıştır. Mini jakarlı örgü kullanılmış kumaşların 4000 Hz'te ses yutma katsayılarının 0,5'i geçtiği ve 6400 Hz'de 0,9'a ulaştığı belirlenmiştir. Bu tür kumaşlar iyi ses yutuculuk özelliği ve estetik görünümleri nedeniyle otomobillerde kullanım için uygun olacağı sonucuna varılmıştır (Öztürk ve ark. 2010).

Dias ve Monaralaga otomobillerin içine gelen sesleri azaltmak için düz örgü yapısına sahip PE örme kumaşların akustik özelliklerini incelemiştir. % 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 ile ses yutma katsayısının arttığı görülmüştür (Tiber 2011).

Thilagavathi ve arkadaşları bambu, jüt ve muz liflerini ayrı ayrı polipropilen lifi ile %50:50 oranında karıştırıp, elde edilen dokusuz yüzeylerin otomobillerde ses yalıtım malzemesi olarak kullanımını incelemişlerdir. Ses yutma katsayılarının ölçümleri, empedans tüpü metoduna göre 100-3200 Hertz aralığında yapılmıştır (ASTME 1050). Üç dokusuz yüzey için de maksimum yutuculuk 1250 Hertz'de gerçekleşirken, 1250 Hertz'den sonra hepsinin yutuculuklarının düştüğü gözlemlenmiştir. Otomobillerde ses yalıtımı amacıyla bambu/PP dokusuz yüzey kullanımının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Thilagavathi ve ark. 2010).

Büyükakıncı ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, bir kompozitin ses yutum ve ısı yalıtım özelliklerini iyileştirmek amacıyla poliüretan esaslı bir matrise doğal pamuk, bambu ve yün elyaf katılmıştır. Genel olarak bakıldığında, doğal elyaf ilavesi, poliüretan köpüğün ses yalıtım özelliğini iyileştirmektedir. Yapılan deneylerde, pamuk elyaf destekli poliüretan kompozitin en iyi ses yutum katsayısı değerlerini verdiği gözlenmiştir. Poliüretan köpüğe katılan bambu ve yün elyaf oranlarının artırılması, kompozitin yüksek frekanslardaki ses yutum katsayı değerlerini azaltmaktadır. En iyi ısı iletkenlik özelliği %4 pamuk elyaf içeren kompozit için gözlenmiştir (Büyükakıncı ve ark. 2011).

Lee ve Joo geri dönüştürülmüş poliester liflerinden ısı bağlama 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 mikrofonlu akustik empedans tüpünde yapılmıştır. Tüm yüzeylerin yüksek ses yutuculuk (% 90'ın 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 (Tiber 2011).

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kumaş

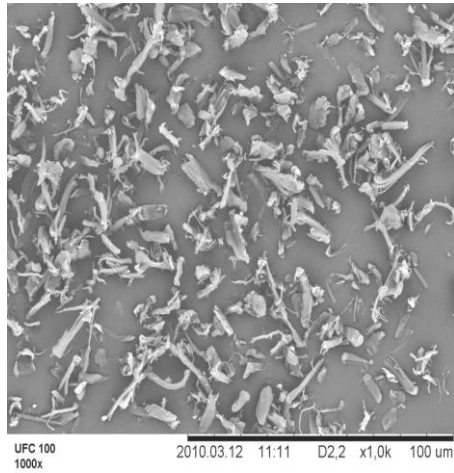
Çalışmada kullanılan haşılı sökülüş, termofiksaj işlemi yapılmış %100 poliester kumaş, kaplamaya hazır şekilde Kırayteks A.Ş. (Bursa) firmasından temin edilmiştir. Çizelge 3.1’de kumaşın teknik özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 Kumaş yapısının parametreleri

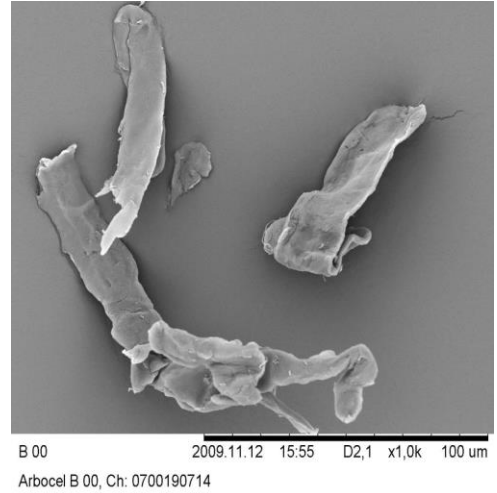
	Çözü	Atkı
Hammadde	%100 poliester	%100 poliester
Sıklık	47 adet/cm	23 adet/cm
Örgü Yapısı	4/1 Saten	
Gramaj	248 g/m ²	

3.1.2. Selüloz tozları

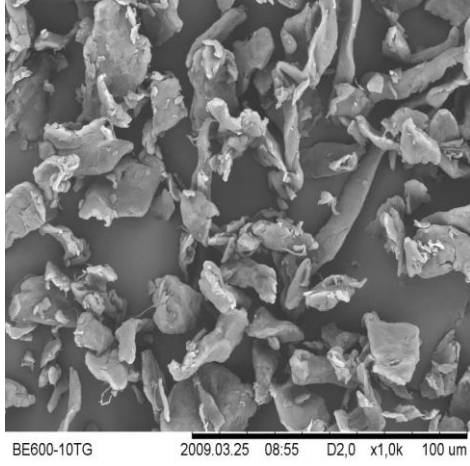
Araştırmada 8, 18, 120 ve 300 µm tanecik büyüklüğünde, JRS GMBH+CO KG (Almanya) firmasından temin edilen selüloz tozları kullanılmıştır. Bu tozların üretiminde kullanılan kaynak odundur. Kimyasal olarak modifiye edilmemiş, üretim sırasında yapıdaki amorf bölgeler yok edilmemiştir. Ham selüloz yıkanmış, öğütülmüş, elenmiş ve istenen tanecik boyutuna göre sınıflandırılmıştır.



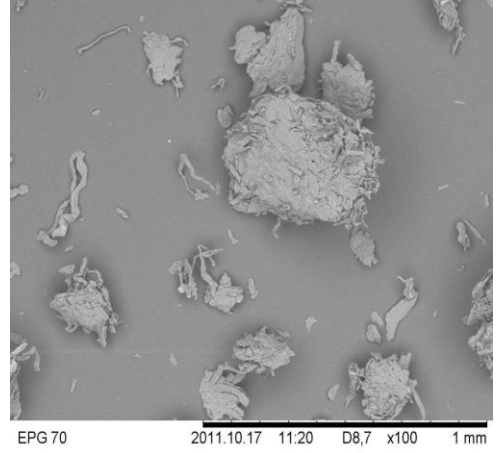
a



c



b



d

Şekil 3.1. Kullanılan selüloz tozlarının SEM görüntüleri
a) UFC 100 (8 μm) **b)** BE 600-10TG (18 μm) **c)** B 00 (120 μm) **d)** EPG 70 (300 μm)



a



b



c



d

Şekil 3.2. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları
a) UFC 100 (8 μm) **b)** BE 600-10TG (18 μm) **c)** B 00 (120 μm) **d)** EPG 70 (300 μm)

3.1.3. Kimyasal maddeler

Kaplama için hazırlanan stok patı reçetesinde Çizelge 3.2’de verilen kimyasal maddeler kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasal maddeler ve özellikleri

Kimyasal Madde	Özellik
Binder (Tubicoat HC 30, CHT)	Kendiliğinden çapraz bağlanma yapabilen akrilat bazlı anyonik kopolimer
Fiksator (Fixierer HT; CHT)	Düşük oranda formaldehit içeren melamin reçine, noniyonik
Sentetik kıvamlaştırıcı (Tubivis Star, CHT)	Karboksilik asit polimerlerinin amonyum tuzu, anyonik
Köpük kesici (Hansa Antifoam 1010; CHT)	Modifiye siloksanlar emülsiyonu, noniyonik köpük kesici
Amonyak	%25’lik
Su	Ters ozmostan geçirilmiş yumuşak su

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, yukarıda yapısal parametreleri verilen poliester kumaşlar, farklı tanecik büyüklüğüne sahip (8, 18, 120, 300 μm) selüloz tozları ile kaplanmış ve kaplamasız kumaşlar ile termal yalıtım ve ses yutma özellikleri açısından kıyaslanmıştır.

Ön denemeler sırasında, fiksaj (kondenzasyon) sonucunda kaplamalarda belirgin şekilde sararmalar gözlemlendiğinden fiksaj sıcaklığının ve süresinin sararma üzerine etkisini araştırmak amacıyla 2 seri deneme planlanmıştır. Sıcaklığın sararma davranışına etkisini ortaya koymak için fiksaj süresi 3 dakika sabit olmak koşulu ile 130, 140, 150, 160 ve 170 $^{\circ}\text{C}$ olmak üzere beş farklı sıcaklık değerinde fiksaj işlemleri gerçekleştirilmiştir. Süre faktörünün sararma davranışı üzerindeki etkisini değerlendirmek için de sıcaklık 140 $^{\circ}\text{C}$ sabit kabul edilerek 2, 3, 4, 5 ve 6 dakika süre ile fiksaj işlemleri yapılmıştır.

Elde edilen numuneler incelenmiş ve ideal çalışma sıcaklığı ile süresi 140 $^{\circ}\text{C}$ ’de 4 dakika olarak belirlenmiş; diğer çalışmalarda bu değerler esas alınarak uygulamalar yapılmıştır.

Selüloz tozu konsantrasyonunun kaplama özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amacıyla, içeriği sabit olan stok patına 20, 40, 60, 80 ve 100 g/kg olacak şekilde farklı

konsantrasyonlarda 120 µm tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozu ilave edilerek kaplamalar yapılmıştır.

Devamında 8, 18, 120 ve 300 µm tanecik büyüklüğündeki selüloz tozları kaplama patına 60 g/kg oranında ilave edilerek sabit konsantrasyonda, tanecik büyüklüğünün termal iletkenlik ve ses yutma özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Kaplama yapılan numuneler 110 °C'de 5 dakika süre ile kurutulmuş ve sonrasında 140 °C'de 4 dk süreyle fiksaj işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.1. Stok patının hazırlanması

Selüloz tozu ilavesi ile kaplama patına dönüştürülecek stok patını hazırlamak için kullanılan reçete aşağıdaki gibidir;

Çizelge 3.3. Örnek stok patı reçetesi

Binder	350 gram
Su	580 gram
Amonyak	5 gram
Fiksator	25 gram
Sentetik kıvamlaştırıcı	35 gram
Köpük kesici	5 gram
	1000 gram

Stok patı reçetedeki sıraya göre malzeme ilaveleri yapılarak hazırlanmıştır. Binder su ile karıştırılmış ve pH ayarı için amonyak ilave edilmiştir. Homojen bir şekilde karıştırmaya devam ederek fiksator ilavesi yapılmıştır.

Devamında sentetik kıvamlaştırıcı belli aralıklarla eklenmiş ve bu esnada karıştırma hızı da artırılmıştır. Bu hızla birlikte kıvam maddesi etkisi ile gereken viskozite değerine ulaşılmıştır. Hazırlanan stok patının pH'ı için 9,5-10 aralığı uygun görülmüş ve 5600 +/- 500 cPs viskozite değeri aralığında patlar hazırlanmıştır.

3.2.2. Kaplama patının hazırlanması

Hazırlanan stok patlarına dolgu maddesi olarak selüloz tozu ve ulaşılmak istenen viskozite değerine göre gerekli miktarda sentetik kıvamlaştırıcı ilave edilerek kaplama patları hazırlanmıştır. Viskozite ölçümü Brookfield marka RVT analog viskozimetre ile yapılmıştır.



Şekil 3.3. RVT analog viskozimetre (www.brookfieldturkiye.com, 2013)

Ölçümler 50 rpm hızda 6 numaralı mil ile yapılmış, patlar 9000 +/- 500 cPs aralığında viskozite değeri verecek şekilde hazırlanmıştır. Örnek kaplama reçetesi şöyledir;

Çizelge 3.4. Örnek kaplama patı reçetesi

Stok patı	800 gram
Dolgu maddesi (Selüloz tozu)	X gram (20, 40, 60, 80, 100)
Denge (Su / Kıvamlaştırıcı)	Y gram
Köpük kesici (gerekirse)	1-2 gram
	1000 gram

Kaplama patları hazırlanırken, gerekli miktarda alınan stok patına öncelikle dolgu maddesi (selüloz tozu) ilavesi yapılmıştır. 5 farklı konsantrasyonda (20, 40, 60, 80 ve

100 g/kg) çalışıldığı için, dolgu maddesi ilavesi sonrası viskozite ölçümü yapılmış ve 9000 +/- 500 cPs değerine ulaşmak için ne kadar su ve/veya kıvamlaştırıcı ilavesi gerekeceğine bakılmış ve bu ilaveler ile kaplama patı dengeye getirilmiştir. Pat içinde hava kabarcığı oluşumunu önlemek için duruma göre 1-2 gram köpük kesici ilavesi de yapılmıştır.

3.2.3. Kaplama işlemi ve kurutmanın yapılması

Hazırlanan patlar ile ön işlem görmüş poliester kumaşların kaplanması Rapid marka Laboratuar Tipi Kaplama Makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar 32x42 cm² boyutunda numuneler elde edilecek şekilde kesilmiştir.

Kaplama yapılırken silindir üzerinde bıçak prensibine göre çalışılmış ve bıçak ile silindir arasındaki mesafe her kaplamada sabit olmak üzere, sentil yardımıyla 0,5 mm olarak ayarlanmıştır. Keskin uçlu bıçak kullanılmış ve 90° bıçak açısı ile çalışılmıştır.



Şekil 3.4. Laboratuar tipi kaplama makinesi (<http://trrapid.com>, 2013)

Kaplama işlemi yapılan numuneler, Rapid Laboratory HT Steamer içinde 110 °C'de 5 dakika süre ile kurutulmuştur. Yine aynı makinede sıcaklık ve süre ayarları yapılarak, kurutulan kaplanmış kumaşlar farklı sıcaklık (130, 140, 150, 160 ve 170 °C) ve sürelerde (2, 3, 4, 5, 6 dakika) fiksaj işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.5. Rapid HT kurutma ve buharlama makinesi (<http://trrapid.com>, 2013)

3.2.4. Farklı sıcaklıklarda fiksaj işlemi

Kaplanmış kumaşların fiksaj aşamasındaki sararma davranışı üzerinde sıcaklığın etkisini ölçmek için, 3 dakika fiksaj süresi sabit kalmak koşulu ile 130, 140, 150, 160 ve 170 °C olmak üzere beş farklı sıcaklık denenmiştir.

Her bir sıcaklık değeri için iki kumaş test edilmiştir. Kaplama reçetesi hepsi için aynı şekilde hazırlanmıştır. Kaplama patındaki selüloz tozu miktarı 100 g/kg (denenecek maksimum değer) oranındadır. 120 µm tanecik boyutuna sahip selüloz tozu ile çalışılmıştır. Tüm denemelerde kurutma sıcaklığı ve süresi 110 °C’de 5 dakika olmak üzere sabittir.

Çizelge 3.5. Farklı fiksaj sıcaklıklarında işlem gören numunelerin kodlanması

	Fiksaj şartları	Numune kodu
Numune 1	130 °C / 3 dk	130.3/1
Numune 2	130 °C / 3 dk	130.3/2
Numune 3	140 °C / 3 dk	140.3/1
Numune 4	140 °C / 3 dk	140.3/2
Numune 5	150 °C / 3 dk	150.3/1
Numune 6	150 °C / 3 dk	150.3/2
Numune 7	160 °C / 3 dk	160.3/1

Numune 8	160 °C / 3 dk	160.3/2
Numune 9	170 °C / 3 dk	170.3/1
Numune 10	170 °C / 3 dk	170.3/2

3.2.5. Farklı sürelerde fiksaj işlemi

Kaplanmış kumaşların fiksaj sırasındaki sararma davranışı üzerinde süre faktörünün etkisini ölçmek için, 140 °C çalışma sıcaklığı sabit alınarak 2, 3, 4, 5 ve 6 dakika olarak beş farklı sürede çalışılmıştır.

Her süre değeri için iki kumaş test edilmiştir. Sabit süre koşulunda olduğu gibi burada da 120 µm büyüklüğünde selüloz tozu ile 100 g/kg konsantrasyonda çalışılmıştır. Kurutma sıcaklığı ve süresi değiştirilmemiş, 110 °C'de 5 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.6. Farklı fiksaj sürelerinde işlem gören numunelerin kodlanması

	Fiksaj şartları	Numune kodu
Numune 11	140 °C / 2 dk	2.140/1
Numune 12	140 °C / 2 dk	2.140/2
Numune 13	140 °C / 3 dk	3.140/1
Numune 14	140 °C / 3 dk	3.140/2
Numune 15	140 °C / 4 dk	4.140/1
Numune 16	140 °C / 4 dk	4.140/2
Numune 17	140 °C / 5 dk	5.140/1
Numune 18	140 °C / 5 dk	5.140/2
Numune 19	140 °C / 6 dk	6.140/1

3.2.6. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ilavesi ile yapılan kaplamalar

Diğer tüm işlem şartları sabit olmak koşulu ile kaplama patı reçetesindeki dolgu maddesi (selüloz tozu) konsantrasyonunun, kaplanmış kumaşın özelliklerini nasıl etkilediğini belirlemek için, beş farklı konsantrasyon denemesi yapılmış ve her biri için üç numune kaplanmıştır. Çalışılan konsantrasyonlar, 20, 40, 60, 80 ve 100 g/kg'dır.

Bu testlerde de tanecik boyutu 120 µm olan selüloz tozu ile çalışılmış ve 110 °C’de 5 dakika süre ile kurutma yapılmıştır. Fiksaj şartları 140 °C’de 4 dakika olacak şekilde her numune için sabittir.

Çizelge 3.7. Farklı oranlarda selüloz tozu içeren numunelerin kodlanması

	Dolgu maddesi konsantrasyonu	Numune kodu
Numune 21	20 g/kg	BOO.20/1
Numune 22	20 g/kg	BOO.20/2
Numune 23	20 g/kg	BOO.20/3
Numune 24	40 g/kg	BOO.40/1
Numune 25	40 g/kg	BOO.40/2
Numune 26	40 g/kg	BOO.40/3
Numune 27	60 g/kg	BOO.60/1
Numune 28	60 g/kg	BOO.60/2
Numune 29	60 g/kg	BOO.60/3
Numune 30	80 g/kg	BOO.80/1
Numune 31	80 g/kg	BOO.80/2
Numune 32	80 g/kg	BOO.80/3
Numune 33	100 g/kg	BOO.100/1
Numune 34	100 g/kg	BOO.100/2
Numune 35	100 g/kg	BOO.100/3

3.2.7. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları ile yapılan kaplamalar

Konsantrasyon oranı 60 g/kg olarak sabit kalmak koşulu ile dört farklı tanecik boyutunda selüloz tozu ile çalışılmıştır.

8, 18, 120 ve 300 µm tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları kullanılmış ve her boyut için üç kaplama numunesi hazırlanmıştır. Oluşturulan numunelerden elde edilen test sonuçlarına göre ortalama alınarak, sabit konsantrasyon altında dolgu maddesi tanecik büyüklüğünün termal iletkenlik ve ses yutma özelliğini nasıl etkilediği incelenmiştir.

Çizelge 3.8. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları ile yapılan kaplamaların kodlanması

	Dolgu maddesi tanecik boyutu	Numune kodu
Numune 36	8 µm	UFC/1
Numune 37	8 µm	UFC/2
Numune 38	8 µm	UFC/3
Numune 39	18 µm	BE 600/10 TG/1
Numune 40	18 µm	BE 600/10 TG/2
Numune 41	18 µm	BE 600/10 TG/3
Numune 42	120 µm	B 00/1
Numune 43	120 µm	B 00/2
Numune 44	120 µm	B 00/3
Numune 45	300 µm	EPG 70/1
Numune 46	300 µm	EPG 70/2
Numune 47	300 µm	EPG 70/3

3.2.8. Kumaşa aktarılan madde miktarının hesaplanması

Kaplama yapılmadan önce her kumaşın ham (kaplamasız) ağırlığı tartılmıştır. Kaplama sonrasında da her numune için kaplama kuru ağırlıkları hesaplanmıştır. Buna ek olarak, konsantrasyon ve tanecik boyutu değişimi olan her grup için bir tane kaplama sonrası yaş ağırlık ölçümü yapılmış ve böylece kaplama ile kumaşa aktarılan madde miktarları ile kaplanmış kumaşların gramajları hesaplanmıştır.

YKA: Yaş kaplama ağırlığı (g/m^2)

G_2 : Kaplamalı yaş ağırlık (g)

G_1 : Kaplamasız kumaş ağırlığı (g)

A_n : Kaplanan numune alanı (m^2) olmak üzere,

$$YKA = \frac{G_2 - G_1}{A_n} \quad (3.1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Bu değerden ve ilave edilen konsantrasyon değerinden yola çıkılarak selüloz tozu kaplama ağırlığı eşitlik 3.2'ye göre hesaplanabilir.

STKA: Net selüloz tozu kaplama ağırlığı (g/m^2)

STK: Reçetede kullanılan selüloz tozu konsantrasyonu (g/kg)

$$STKA = \frac{YKA \times STK}{1000} \quad (3.2)$$

Kaplamaların kuru ağırlıkları hesaplanırken, her konsantrasyon ve tanecik boyutu denemesi için kaplanan üç numunenin kuru ağırlık değerlerinin ortalaması alınmıştır ve bu değerler baz alınarak kaplanmış kumaş gramajları hesaplanmıştır.

KKA: Kuru kaplama ağırlığı (g/m^2)

G_k : Kaplamalı kuru ağırlık (g/m^2)

G_h : Kaplamasız kumaş ağırlığı (g/m^2)

A_n : Kaplanan numune alanı (m^2) olmak üzere,

$$KKA = \frac{G_k - G_h}{A_n} \quad (3.3)$$

eşitliği ile kuru kaplama ağırlığı hesaplanmıştır.

KKG: Kaplanmış kumaş gramajı (g/m^2)

HKG: Ham kumaş gramajı ($248 g/m^2$) olmak üzere,

$$KKG = HKG + KKA \quad (3.4)$$

eşitliği ile kaplanmış kumaş gramajı hesaplanmıştır.

3.2.9. Kaplanmış kumaşların kalınlığının ölçülmesi

Kaplanmış kumaşlarda kalınlık ölçümü R&B Cloth thickness tester cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm öncesi cihaz kalibre edilmiştir. Test edilecek numune sabit bir mesnete ve dairesel baskı ayağı arasına yerleştirilmiş ve hareketli baskı ayağı ile kumaşı sıkıştırmak için sabit bir basınç uygulanmıştır. Test edilen numune kaplamalı kumaş olduğu için baskı ayağının basınç miktarı, 10 g/cm² olarak seçilmiştir. Kumaş üzerine bu yük uygulandığı anda göstergeden kalınlık değeri milimetre olarak alınmıştır.



Şekil 3.6. Kalınlık ölçüm cihazı

Her bir kumaş için beş ölçüm alınmış ve bunların kendileri arasında ortalamaları alınarak kumaşların kalınlık değerleri belirlenmiştir.

3.2.10. Farklı şartlarda fiksaj işlemi görmüş numunelerin sararma oranının ölçülmesi

Değişen süre ve sıcaklık şartlarında fiksajları yapılan kumaşlarda, kaplanmış bölgelerde meydana gelen sararmanın ölçümü için Minolta CM 3600D model spektrofotometre kullanılmıştır. Bu spektrofotometre ile fiziksel olarak renk ölçümü yapılmaktadır.



Şekil 3.7. Minolta CM 3600D spektrofotometresi (<http://sensing.konicaminolta.asia>, 2013)

Kaplamalarda meydana gelen sararma oranını tespit etmek amacıyla numunelerin sarılık ve beyazlık indeks değerleri ölçülmüştür. Standart olarak 120 µm tanecik boyutunda selüloz tozu ile kaplanmış ve sadece kurutma işlemine tabi tutulmuş olan fiksiz kumaş kullanılmıştır. Standart numunenin sarılık/beyazlık değerleri alınmış ve diğer kumaşların sonuçları bununla kıyaslanarak, sararma miktarları tespit edilmiştir.

Sarılık değeri ölçümü, ASTM E 313 standardına göre yapılırken, beyazlık dereceleri de Stensby'e göre, gün ışığı (D 65) için yapılmıştır.

Her numune için iki ölçüm alınmış ve aynı fiksaj şartlarına maruz kalmış iki numunenin sonuçlarının ortalaması alınarak, standart kumaşa göre beyazlık/sarılık değerleri arasındaki farklar belirlenmiştir.

3.2.11. Kumaşların ısı direnç ölçümlerinin yapılması

Kumaşların ısı direnç ölçümleri SDL Atlas marka Sweating Guarded Hot Plate cihazında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8. Isıl direnç ölçüm cihazı

İnsan tenine çok yakın ısı ve nem iletimini simüle eden bir plaka mevcuttur. Sıvı ve gaz fazında sıcaklık, nispi nem ve havanın hızının kombinasyonunu içeren ölçümdür.

Test edilen numune, kondüsyonlanmış hava kanallı ve üst yüzeyine paralel akış sağlayan elektronik olarak ısıtılan gözenekli bir levha üzerine yerleştirilir. Gözenekli metal plaka elektronik olarak ısıtılan, kondüsyonlanmış bir kabin içinde yerleştirilmiş bir termal koruma ile çevrelenen metal bloğa sabitlenmiştir. Isıtılan blok ve termal koruyucular için sıklıkla sıcaklık kontrolü yapılmaktadır. Kondüsyonlanmış kabin içerisinde, hava sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem ve ısıtıcı güç tüketimi gibi parametreler izlenip kontrol edilmektedir.

Isıl direnç değeri m^2K/W cinsinden ölçülmektedir ve bu değer ile ısı iletim katsayısı (W/mK) arasında kalınlık ile bağlantılı bir ilişki vardır.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3.5)$$

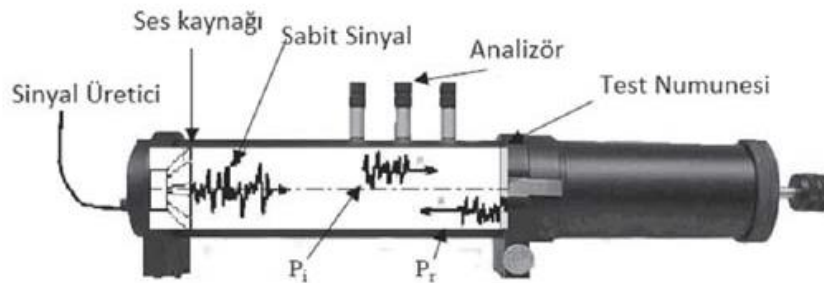
Formül 3.5'te d , yapı bileşeninin kalınlığı olup metre ile ifade edilirken, λ ısı iletim katsayısını ifade eder ve birimi W/mK'dir.

3.2.12. Kumaşların ses absorpsiyon (yutum) katsayılarının ölçülmesi

Kaplanmış kumaşların ses yutum katsayılarının ölçümü, transfer fonksiyon metoduna göre ölçüm yapan empedans tüpü ile TS EN ISO 10534-2 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çift mikrofona empedans tüpü; empedans tüpüne takılmış iki mikrofona arasındaki ses basınç farkının ölçümüne dayanmaktadır.

Empedans tüp yöntemi ile ses yutma katsayısını belirlemek için kullanılan standart işlem sinyal üretici (beat frequency oscillator) ile oluşturulan sesin empedans tüpü aparatı'na (standing wave apparatus) verilmesi, malzemenin gösterdiği davranışın PC tarafından incelenmesi ve sinyal üreticinin frekans ölçer (thurbly&thandar type tf830 universal counter) ile değerinin ayarlanmasıdır.

Empedans tüp yöntemi ile 50-6400 Hz frekans aralıklarında malzemelerin ses yutum katsayıları değerleri ölçülmektedir. Düşük frekanslardaki (50 Hz ile 1,6 kHz arasındaki) ses yutum özelliğini ölçmek için büyük tüp kullanılmaktadır. Büyük tüpte ölçüm yapabilmek için 100 mm çapında numuneler hazırlanmaktadır. 1,6 kHz ile 6,4 kHz frekans aralığındaki ses yutum katsayısını ölçmek için ise küçük tüp kullanılmaktadır. Küçük tüpte ölçüm yapabilmek için 29 mm çapında numuneler hazırlanmaktadır (Öztürk ve ark. 2010).



Şekil 3.9. Çift-mikrofon empedans tüp metodunun kavramsal çizimi

4. BULGULAR

4.1. Fiksaj Sırasında Meydana Gelen Sararma Sonuçları

Yapılan ön denemeler sırasında özellikle yüksek sıcaklıkta yapılan fiksaj işlemleri sırasında kaplamalarda belirgin şekilde sararmaların meydana geldiği gözlenmiştir. Bunun üzerine fiksaj sıcaklık ve süresinin sararma üzerine etkisinin araştırılması amacıyla yapılan denemeler sonucunda elde edilen numunelerin beyazlık ve sarılık indeksleri ölçülerek değerlendirilmiştir. Her farklı fiksaj şartı için iki numune test edilmiş ve bunların ortalamaları alınmıştır.

ASTM E 313 standartlarına göre elde edilen sarılık indeksi ile Stensby beyazlık değerleri Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sararma üzerine fiksaj sıcaklığının etkisi

Numune	Fiksaj Sıcaklığı (°C)	Sarılık (ASTM E 313)		Beyazlık (Stensby)	
			Ortalama		Ortalama
Standart	-	3,388	3,388	80,525	80,525
130.3/1	130	8,521	9,873	70,572	67,767
130.3/2		11,226		64,963	
140.3/1	140	10,697	11,58	65,458	63,670
140.3/2		12,463		61,883	
150.3/1	150	18,122	17,904	50,355	50,756
150.3/2		17,687		51,158	
160.3/1	160	24,798	23,395	37,409	40,166
160.3/2		21,993		42,924	
170.3/1	170	35,490	37,875	21,598	18,83
170.3/2		40,260		16,062	

Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, 3 dakikalık sabit fiksaj süresinde sıcaklık 130°C'den 170°C'ye doğru arttıkça, kaplamalarda meydana gelen sararma miktarı da belirgin şekilde artmakta, buna bağlı olarak beyazlık derecesi ise azalmaktadır. 130 °C

fiksaj sıcaklığında, kaplamanın sarılık değeri standarda kıyasla 6,625 birim artmışken, sıcaklık 170 °C'ye ulaştığında bu artış 34,56'ya kadar çıkmıştır. Aynı şekilde 130 °C için ortalama 67,767 beyazlık değeri elde edilmişken, 170 °C'de bu değer 18,83'e kadar düşmüştür.

Çizelgedeki değerler aynı zamanda, 130 ve 140 °C'de meydana gelen sararmalar arasında çok belirgin bir fark olmadığını gösterdiğinden ve daha yüksek sıcaklıkta çalışmanın üretim hızı açısından avantajını da dikkate alarak bundan sonraki denemelerde fiksaj sıcaklığı olarak 140 °C'nin uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.2'de, 140 °C sabit fiksaj sıcaklığında 2 dakikadan 6 dakikaya kadar artan sürelerde gerçekleştirilen fiksaj işlemleri sırasında kaplamalarda meydana gelen sararma etkisi ile beyazlık değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.2. Sararma üzerine fiksaj süresinin etkisi

Numune	Fiksaj Süresi (dk)	Sarılık (ASTM E 313)		Beyazlık (Stensby)	
			Ortalama		Ortalama
Standart		3,388	3,388	80,525	80,525
2.140/1	2	11,796	11,232	63,575	64,774
2.140/2		10,669		65,973	
3.140/1	3	10,110	10,422	66,863	66,2
3.140/2		10,734		65,537	
4.140/1	4	12,130	12,307	62,667	62,231
4.140/2		12,484		61,795	
5.140/1	5	14,351	13,781	58,056	59,282
5.140/2		13,212		60,509	
6.140/1	6	14,588	16,634	57,084	52,953
6.140/2		18,680		48,823	

Çizelgedeki ortalama sarılık değerleri, fiksaj süresindeki artışın kaplamalardaki sararma oranını da arttırdığını ve bununla orantılı olarak beyazlık değerlerini de düşürdüğü görülmektedir. Ancak, süre artışına bağlı olarak meydana gelen sararma etkisi, sıcaklık

artışında olduğu kadar hızlı değildir. 2 dakikalık fiksaj sonrasında elde edilen sarılık değeri ortalama 11,232 iken, fiksaj süresi 6 dakika olduğunda ortalama değer 16,634'e yükselmiştir. Standart numunenin 80,525 olan beyazlık değeri, 2 dakikalık fiksaj sonrasında ortalama 64,774'e, 6 dakika fiksaj işlemi sonunda ise 52,953'e kadar düşmüştür.

Çizelge 4.2'deki sonuçlar, 2, 3 ve 4 dakikalık fiksaj sürelerinde meydana gelen sararma veya beyazlık kayıplarının birbirlerine çok yakın olduğunu ve aradaki küçük farkların deney hataları çerçevesinde de meydana gelebileceğini göstermektedir. 3 dakika sonunda meydana gelen sarılık değerinin, 2 dakikaya göre çok hafif düşük kalması, bu noktada fiksaj sıcaklığında meydana gelebilen bir dalgalanma ile ilgili olabileceğini düşündürmektedir.

Yüksek sıcaklıkta işlem göre selülozik malzemelerde sararma meydana geldiği öteden beri bilinen bir konudur. Bu sararmanın nedenleri tam olarak bilinmemekle birlikte, bu konuyla ilgili yapılan bazı çalışmalar mevcuttur. Yapılan araştırmalarda, ısı işlemler sırasında sıcaklık ve süreye bağlı olarak selülozda termal degradasyon meydana geldiği; termal degradasyon sonucunda makromolekül zincirinde herhangi bir parçalanma meydana gelmese bile yeni karbonil ve karboksil gruplarının ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla, oluşan bu guruplar sararmanın başlıca nedeni olarak kabul edilmektedir (Özgüner ve ark. 2007).

140°C'de yapılan 2, 3 ve 4 dakikalık fiksaj sürelerinin yaklaşık benzer sararma sonuçları vermesi ve ayrıca binder üreticisinin fiksaj için tavsiyeleri de göz önüne alınarak araştırmanın devamında 4 dakikalık fiksaj süresi ile çalışılmasına karar verilmiştir.

4.2. Kaplama İle Kumaşlar Üzerine Aktarılan Madde Miktarları

Farklı konsantrasyonlarda ve tanecik boyutlarında selüloz tozları ile yapılan kaplamalar sonucunda elde edilen numunelere ait kumaş gramajları, kuru kaplama ağırlıkları ve net selüloz kaplama ağırlıkları ölçülerek hesaplanmıştır. Çizelge 4.3'te 120 µm tanecik boyutuna sahip selüloz tozu ile farklı konsantrasyonlarda (20, 40, 60, 80 ve 100 g/kg)

kaplanmış olan ortalama kumaş gramajları, kuru kaplama ağırlıkları ve net selüloz kaplama ağırlıkları görülmektedir.

Çizelge 4.3. Değişen selüloz tozu konsantrasyonlarına göre aktarılan madde miktarları*

Selüloz tozu konsantrasyonu (g/kg)	Kaplanmış kumaş gramajı (g/m²)	Kuru kaplama ağırlığı (g/m²)	Net selüloz kaplama ağırlığı (g/m²)
20	310,690	62,690	8,695
40	333,360	85,360	18,472
60	341,426	93,426	29,588
80	365,925	117,925	45,120
100	380,430	132,430	57,783

*)Kaplamasız kumaş gramajı 248 g/m²'dir.

Selüloz tozu konsantrasyonundaki artış, kaplama patlarındaki katı madde oranının da artması demek olduğundan; bu artışa paralel olarak kumaş gramajının, kuru kaplama ağırlığının ve kaplanan net selüloz ağırlığının da artması beklenen bir durumdur. Dolayısıyla, 20 g/kg konsantrasyon değerinde, kumaş üzerine aktarılan net selüloz tozu 8,695 gram iken; konsantrasyon arttıkça artmaya devam etmiş ve 100 g/kg konsantrasyon değeri için 57,783 gram olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3'te dikkati çeken bir diğer nokta ise, özellikle düşük konsantrasyonlarda kumaşlar üzerindeki kaplama katmanının oldukça düşük bir kısmını saf selüloz maddesinin oluşturmasıdır. Bu durum kaplama patının reçetesi ile ilgili olup, kaplama katmanının çoğunluğunu kaplama polimerinin (binder) oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

60 g/kg sabit selüloz tozu konsantrasyonu ile farklı tanecik boyutuna sahip selüloz tozları kullanılarak kaplanan numunelere ait, ortalama kaplanmış kumaş gramajları, kuru kaplama ağırlıkları ve net selüloz kaplama ağırlıkları da Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Değişen tanecik boyutuna bağlı olarak aktarılan madde miktarları*

Selüloz tozu tanecik boyutu (μm)	Kaplanmış kumaş gramajı (g/m^2)	Kuru kaplama ağırlığı (g/m^2)	Net selüloz kaplama ağırlığı (g/m^2)
8	335,044	87,044	28,714
18	345,693	97,693	30,571
120	341,426	93,426	29,588
300	346,662	98,662	30,267

*) Kaplamasız kumaş gramajı $248 \text{ g}/\text{m}^2$ 'dir.

Çizelge 4.4.'teki ortalama değerler belli bir dalgalanma göstermekle beraber yaklaşık benzer sonuçları vermektedir. Değişen tanecik boyutuna bağlı olarak aktarılan net selüloz tozu ağırlıkları, $28.714\text{-}30.571 \text{ g}/\text{m}^2$ aralığında yer almaktadır.

Bu grup denemelerde, selüloz tozu konsantrasyonunun ve kaplama kalınlığının sabit tutulmuş olması nedeniyle normalde her üç değer de birbirine eşit/yakın çıkması beklenir. Ancak, viskozite ayarlamalarında belli tolerans aralığından çalışılmak zorunda kalınması ($\pm 500 \text{ cPs}$) ve ölçümler/tartımlar sırasındaki bazı hassasiyet kayıpları nedeniyle her üç değer de belli aralıklarda dalgalandığı görülmektedir.

4.3. Kumaş Kalınlığı Ölçüm Sonuçları

Değişen konsantrasyonlarda ve farklı tanecik büyüklüğündeki selüloz tozları ile kaplanan kumaşların kalınlıkları ölçülerek ortalama değerleri alınmıştır. $120 \mu\text{m}$ tanecik boyutundaki selüloz tozu ile $20, 40, 60, 80$ ve $100 \text{ g}/\text{kg}$ konsantrasyonlarda kaplanan kumaşlar için elde edilen kalınlık değerleri Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.5'e göre, $120 \mu\text{m}$ selüloz tozu ile farklı konsantrasyonlardaki ortalama kalınlık değerleri sırayla; $20 \text{ g}/\text{kg}$ selüloz tozu için $0,538 \text{ mm}$, $40 \text{ g}/\text{kg}$ için $0,577$, $60 \text{ g}/\text{kg}$ için $0,61$, $80 \text{ g}/\text{kg}$ için $0,659$ ve $100 \text{ g}/\text{kg}$ konsantrasyon değeri için $0,669$ milimetre olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı konsantrasyon değerinde aynı selüloz tozu ile kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları

Numune	Konsantrasyon (g/kg)	Kalınlık (mm)	Ortalama kalınlık (mm)
Ham kumaş	-	0,466	
BOO.20/1	20	0,536	0,538
BOO.20/2		0,540	
BOO.20/3		0,538	
BOO.40/1	40	0,568	0,577
BOO.40/2		0,582	
BOO.40/3		0,582	
BOO.60/1	60	0,610	0,610
BOO.60/2		0,602	
BOO.60/3		0,618	
BOO.80/1	80	0,660	0,659
BOO.80/2		0,666	
BOO.80/3		0,652	
BOO.100/1	100	0,676	0,669
BOO.100/2		0,688	
BOO.100/3		0,644	

Bu sonuçlar, farklı konsantrasyonlarda kaplanmış kumaşların kalınlık değerlerinin, konsantrasyon ile orantılı olarak arttığını göstermektedir. Tüm konsantrasyonlar için hazırlanan kaplama patları aynı viskozitede ve kaplama kalınlıkları da aynı (0.5 mm) olmasına rağmen kaplama kalınlıklarının konsantrasyonla birlikte artmış olması, artan selüloz tozu konsantrasyonu ile birlikte kaplama patlarının katı madde (kuru madde) oranlarının da artmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.6.'da, 60 g/kg sabit konsantrasyon değerinde farklı tanecik boyutlarında selüloz tozu ile kaplanmış numunelerin kalınlık değerleri görülmektedir. Ortalama kalınlık değerleri, selüloz tozunun tanecik büyüklüğü arttıkça kaplama kalınlığının da arttığını göstermektedir. En küçük tanecik boyutuna sahip olan 8 µm' lik selüloz tozu ile yapılan kaplamanın ortalama boyutu 0,524 mm olurken; 300 µm ile en büyük tanecik boyutlu olan selüloz tozu ile kaplanmış kumaşlarda ortalama kalınlık 0,817 mm'ye çıkmaktadır.

Çizelge 4.6. Farklı tanecik boyutuna sahip selüloz tozları ile kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları

Numune	Tanecik Boyutu (µm)	Kalınlık (mm)	Ortalama Kalınlık (mm)
Ham kumaş	-	0,466	
UFC/1	8	0,498	0,524
UFC/2		0,548	
UFC/3		0,526	
BE 600/10 TG/1	18	0,578	0,554
BE 600/10 TG/2		0,534	
BE 600/10 TG/3		0,552	
B 00/1	120	0,61	0,610
B 00/2		0,602	
B 00/3		0,618	
EPG 70/1	300	0,804	0,817
EPG 70/2		0,816	
EPG 70/3		0,832	

Sabit konsantrasyonda selüloz tozu kullanılmasına ve dolayısıyla tüm kaplamalardaki katı madde oranı sabit olmasına rağmen, kaplama kalınlığının tanecik büyüklüğü ile orantılı şekilde artış göstermesi şu şekilde açıklanabilir: Belli bir hacme doldurulan katı tozların tanecik boyutları küçüldükçe daha sıkı bir şekilde yerleşimleri mümkün olmakta; buna karşılık tanecikler büyüdükçe arada kalan hava boşluklarının fazla olması

nedeniyle daha yüksek hacim kaplamaktadırlar. Burada da benzer bir durum meydana gelmekte ve tanecik boyutları arttıkça kaplama kalınlığı da belirgin şekilde artmaktadır.

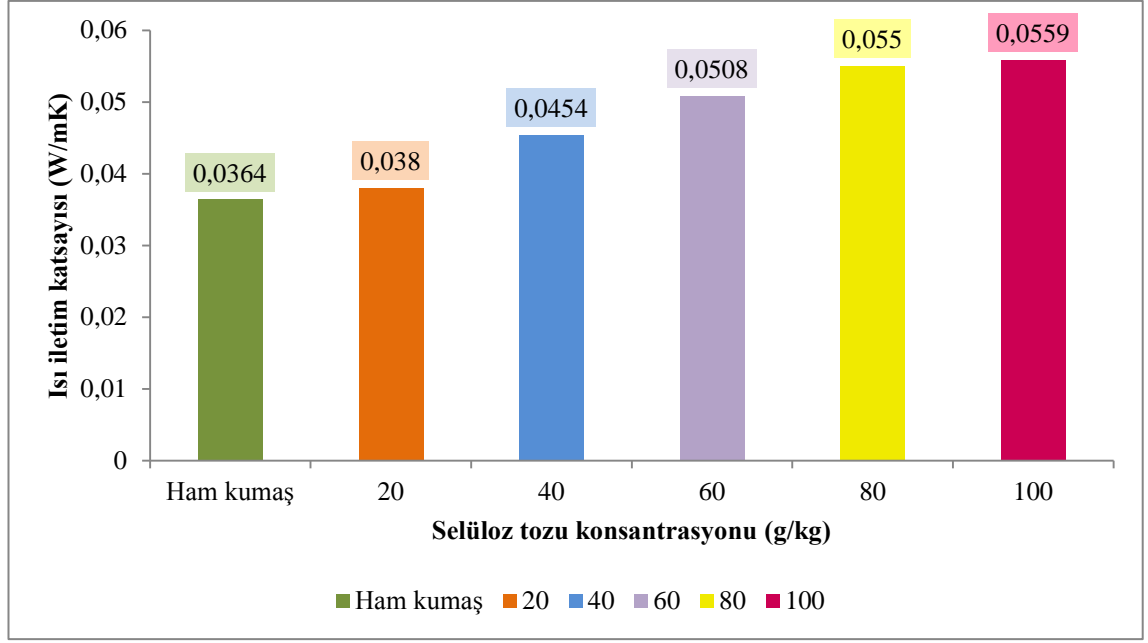
4.4. Isı İletim Katsayısı Ölçüm Sonuçları

Numunelerin termal direnç (R_{ct}) değerleri Sweating Guarded Hot-Plate cihazı ile ölçülmüş ve elde edilen sonuçlara göre Formül 3.5 ile ısı iletim katsayıları (λ) hesaplanmıştır. 120 μm inceliğinde, farklı konsantrasyon değerinde selüloz tozları ile kaplanan kumaşların ölçülen ısı direnç değerleri ve hesaplanan ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ile kaplanmış numunelerin ısı iletim katsayısı sonuçları

Numune	R_{ct} Değeri ($\text{m}^2\text{K/W}$)	Kalınlık (mm)	λ (W/mK)
Ham kumaş	0,0128	0,466	0,0364
20 g/kg	0,0142	0,540	0,0380
40 g/kg	0,0128	0,582	0,0454
60 g/kg	0,0120	0,610	0,0508
80 g/kg	0,0120	0,660	0,0550
100 g/kg	0,0123	0,688	0,0559

Bu sonuçlara göre ham kumaşın ölçülen ısı direnç değeri 0,0128 $\text{m}^2\text{K/W}$ iken, 20 g/kg oranında selüloz tozu ilavesinde bu değer 0,0142 $\text{m}^2\text{K/W}$ 'a çıkmıştır. Selüloz tozu konsantrasyonunun özellikle 40 g/kg'ın üzerine çıkmasıyla ısı direnç değerlerinin 0.0120 $\text{m}^2\text{K/W}$ civarına düşerek dikkate değer bir değişim göstermediği görülmektedir. Buna karşılık, kaplama kalınlığı selüloz tozu konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiğinden ısı iletim katsayısı artmaya devam etmiştir. Bu artış Şekil 4.1'de grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 4.1. Selüloz tozu konsantrasyonuna göre ısı iletim katsayısının değişimi

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere en düşük ısı iletim katsayısı, ham kumaştan sonra 20 g/kg konsantrasyon değeri için elde edilmiştir. 20 g/kg konsantrasyon değerinde elde edilen ısıl direnç 0,0142 m²K/W olup ham kumaşa göre daha yüksektir. Buna rağmen elde edilen ısı iletim katsayısı değeri artarak 0,0380 W/mK olmuştur. Isıl direnç değerindeki artışın, ısı iletim katsayısında beklenen azalmayı sağlamaması kalınlık değişimi ile açıklanabilir. Kaplamalı kumaşın kalınlığı ile ham kumaş kalınlığı arasındaki fark, ısıl direnç değerleri arasındaki farktan fazla olduğundan, ısıl direnç değerindeki artışlar ısı iletim katsayısına doğrudan yansımamaktadır.

40, 60, 80 ve 100 g/kg için sırasıyla 0,0454, 0,0508, 0,0550 ve 0,0559 W/mK ısı iletim katsayısı değerleri elde edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, selüloz tozu konsantrasyonu arttıkça ısı iletim katsayısının da arttığı söylenebilmektedir. Bunun nedeni olarak konsantrasyon arttıkça kumaş yapısındaki gözeneklerin daha çok kapanması ve buna bağlı olarak gözenekler arasındaki havanın azalmış olması düşünülebilir. Ancak çalışılan maksimum konsantrasyon değerinde dahi, elde edilen kumaşlar termal yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir ($\lambda < 0,065$ W/mK) durumdadırlar.

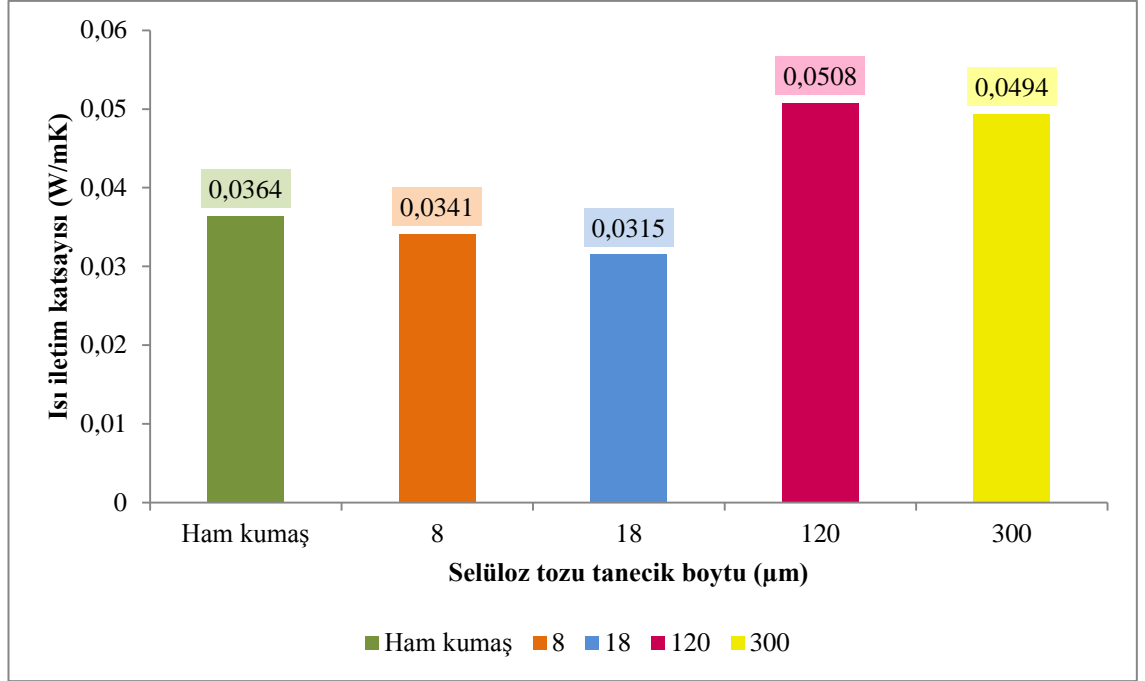
60 g/kg konsantrasyon değeri sabit olmak üzere, farklı tanecik boyutuna sahip selüloz tozları ile kaplanan kumaşların termal direnç ve ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı tanecik boyutuna sahip selüloz tozu ile kaplanmış numunelerin ısı iletim katsayıları

Numune	R _{ct} Değeri (m ² K/W)	Kalınlık (mm)	λ (W/mK)
Ham kumaş	0,0128	0,466	0,0364
UFC (8 µm)	0,0154	0,526	0,0341
BE600 (18 µm)	0,0169	0,534	0,0315
B 00 (120 µm)	0,0120	0,610	0,0508
EPG 70 (300 µm)	0,0165	0,816	0,0494

Ham kumaşın ısı direnç değeri 0,0128 m²K/W olmak üzere, 8 mikron inceliğinde selüloz tozu ile kaplanan numune için bu değer 0,0154 m²K/W, 18 mikron inceliği için de 0,0169 m²K/W olarak elde edilmiştir. Isıl direnç değerlerindeki bu artışa paralel olarak ısı iletim katsayıları da azalmış, 8 ve 18 mikron için sırası ile 0,0341 ve 0,0315 W/mK olarak elde edilmiştir.

120 mikron inceliğinde ise ısı direnç değeri aniden 0,0120 m²K/W'a düşmüş ve kalınlığın da artmasıyla ısı iletim katsayısı yükselerek 0,0508 W/mK olmuştur. 300 mikron inceliğinde ise ısı direnç değeri 0,0165 m²K/W olarak 18 mikrona yaklaşmıştır. Bu incelikte elde edilen ısı iletim katsayısı 0,0494 W/mK'dir. 300 mikronluk selüloz tozu ile yapılan kaplama 18 mikron ile çalışılana göre çok kalın olduğundan 18 mikronda elde edildiği gibi düşük bir ısı iletim katsayısı elde edilememiştir.



Şekil 4.2. Selüloz tozu tanecik boyutuna göre ısı iletim katsayısının değişimi

Şekil 4.2 farklı tanecik boyutlarına sahip selüloz tozu ile aynı konsantrasyonda kaplanmış numunelerin ve ham kumaşın ısı iletim katsayısı değerlerini göstermektedir. Ham kumaşın ısı iletim katsayısı 0,0364 W/mK olarak ölçülmüştür. 8 ve 18 mikron inceliğinde ise bu değerler sırası ile 0,0341 ve 0,0315 W/mK olarak azalmıştır. 120 mikron ile yapılan kaplamalar için 0,0508 W/mK, 300 mikron için ise 0,0494 W/mK değerleri elde edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, 8 ve 18 mikron inceliğindeki selüloz tozu kullanılarak yapılan kaplamaların ham kumaşa ve daha büyük boyutlu selüloz tozlarına göre daha düşük ısı iletim katsayısı verdiği görülmektedir. Buradan, ısı yalıtımı açısından dolgu maddesi olarak kullanılan selüloz tozlarında tanecik büyüklüğünün etkili bir parametre olduğu ve özellikle çok küçük boyutlu tozların ısı yalıtım açısından avantajlı olduğu sonucuna varılabilir. Bu sonucun, çok küçük tanecikli tozların, aynı miktardaki büyük tanecikli tozlara göre kaplama filmini oluşturan matriks içerisinde daha geniş bir yüzey alanına sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

120 ve 300 mikron inceliğindeki tozlarla yapılan kaplamalarda ısı iletim katsayıları daha yüksek çıkmakla beraber; bunların da ısı iletim katsayısı açısından yalıtım malzemelerine ait standardı ($\lambda < 0,065$ W/mK) sağladığı görülmektedir.

4.5. Ses Absorbsiyon Katsayısı Ölçüm Sonuçları

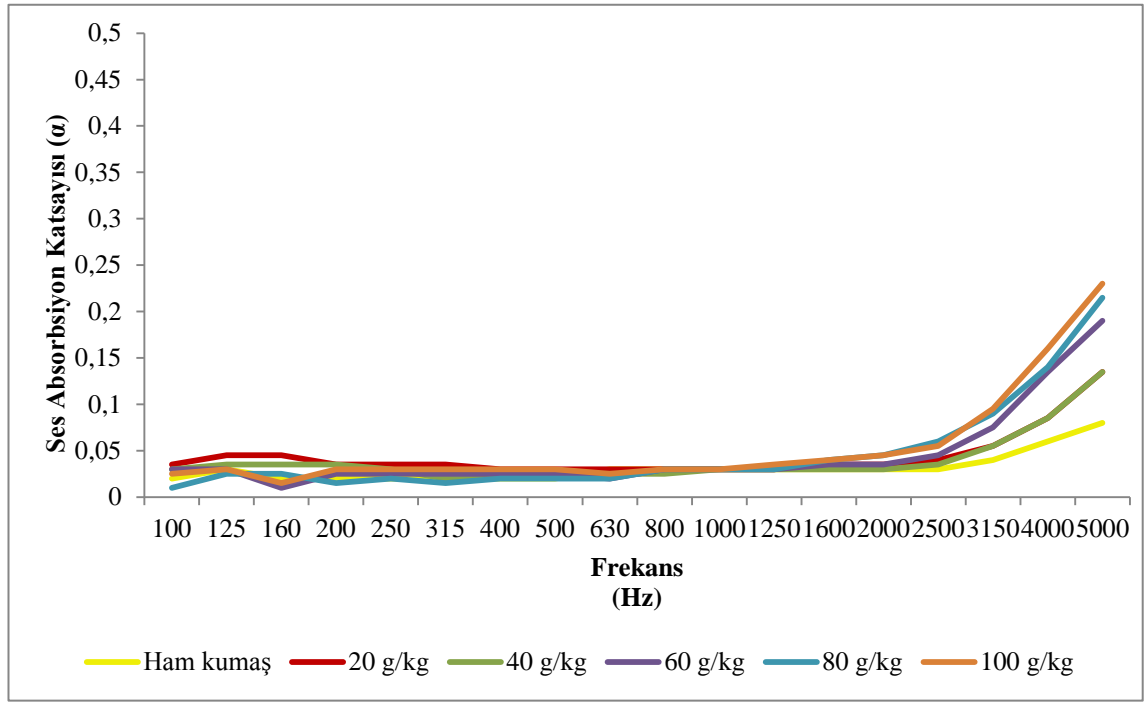
Farklı tanecik boyutları ve konsantrasyon değerleri için TS EN ISO 10534-2 standardına göre yapılan ses absorpsiyon katsayısı ölçüm sonuçları Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ile kaplanmış numunelerin ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Frekans (Hz)	Ses absorpsiyon katsayısı (α)					
	Ham kumaş	20 g/kg	40 g/kg	60 g/kg	80 g/kg	100 g/kg
100	0.02	0,035	0,03	0,03	0,01	0,025
125	0.03	0,045	0,035	0,03	0,025	0,03
160	0.02	0,045	0,035	0,01	0,025	0,015
200	0.02	0,035	0,035	0,025	0,015	0,03
250	0.02	0,035	0,03	0,025	0,02	0,03
315	0.02	0,035	0,02	0,025	0,015	0,03
400	0.02	0,03	0,025	0,025	0,02	0,03
500	0.02	0,03	0,025	0,025	0,02	0,03
630	0.03	0,03	0,025	0,02	0,02	0,025
800	0.03	0,03	0,025	0,03	0,03	0,03
1000	0.03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
1250	0.03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,035
1600	0.03	0,035	0,03	0,035	0,04	0,04
2000	0.03	0,035	0,03	0,035	0,045	0,045
2500	0.03	0,04	0,035	0,045	0,06	0,055
3150	0.04	0,055	0,055	0,075	0,09	0,095
4000	0.06	0,085	0,085	0,135	0,14	0,16
5000	0.08	0,135	0,135	0,19	0,215	0,23

Çizelge 4,9'da 20, 40, 60, 80 ve 100 g/kg selüloz tozu konsantrasyonunda kaplanmış kumaşlar ile ham kumaşın 100-5000 Hz frekans aralığındaki ses absorpsiyon katsayıları görülmektedir. Ölçüm sonuçları, selüloz tozu konsantrasyonundaki artışa paralel olarak ses absorpsiyon katsayılarının da arttığını göstermektedir. Katsayılarıdaki artışın 2000-5000 Hz arasında belirgin olduğu görülmektedir. İnce tabakaların ses yutuculuk

konusunda yalnızca orta ve yüksek frekanslarda etkili olduğu bilinen bir gerçektir (Demirkale 2007). Kaplamalı düz kumaşlar da ince tabakalı yapılar olduğundan düşük frekanslarda etkin bir ses absorpsiyon katsayısı elde edilemediği; ancak frekans değeri arttıkça katsayıların da arttığı görülmektedir. Bunun nedeni düşük frekanslarda sesin dalga boyunun yüksek olması ve bas sesler olarak ifade edilen bu seslerin frekansı yüksek olan tiz seslere göre daha zor absorblanabilir olmasıdır (www.izoder.org.tr, 2013).



Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlarda selüloz tozu ile kaplanmış kumaşların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Şekil 4.3'te 120 µm tanecik boyutuna sahip selüloz tozu ile 20, 40, 60, 80 ve 100 g/kg konsantrasyon değerleri kullanılarak kaplanan kumaş numuneleri ve ham kumaşa ait ses absorpsiyon katsayısı değerlerinin 100-5000 Hz aralığındaki değişimi verilmiştir. Genel olarak selüloz tozu ile yapılan kaplama sonrasında kumaşların ses absorpsiyon katsayılarının belirgin şekilde arttığı görülmektedir. 2500-3150 frekans aralığına kadar ses absorpsiyon katsayıları arasında belirgin bir fark görülmemektedir. Nitekim bu aralığa kadar olan katsayılar ham kumaşın katsayı değerinden de çok yüksek değildir. 2500-5000 Hz aralığı incelendiğinde, 20 g/kg ve 40 g/kg konsantrasyonlarında ses absorpsiyonu ham kumaşa göre belli bir artış göstermesine rağmen benzer değerler elde

edilmiştir. Ancak 60 g/kg konsantrasyonda belirgin bir artış meydana gelmiş olup, bu artış 80 g/kg ve 100 g/kg konsantrasyonlarda da devam etmiştir.

Bu sonuçlar, genel olarak, selüloz tozu konsantrasyonu arttıkça, ses absorblama katsayısının da arttığına işaret etmektedir. Bunun da, selüloz tozu konsantrasyonu arttıkça kaplamaların kalınlığının ve yüzey pürüzlülüğünün artmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

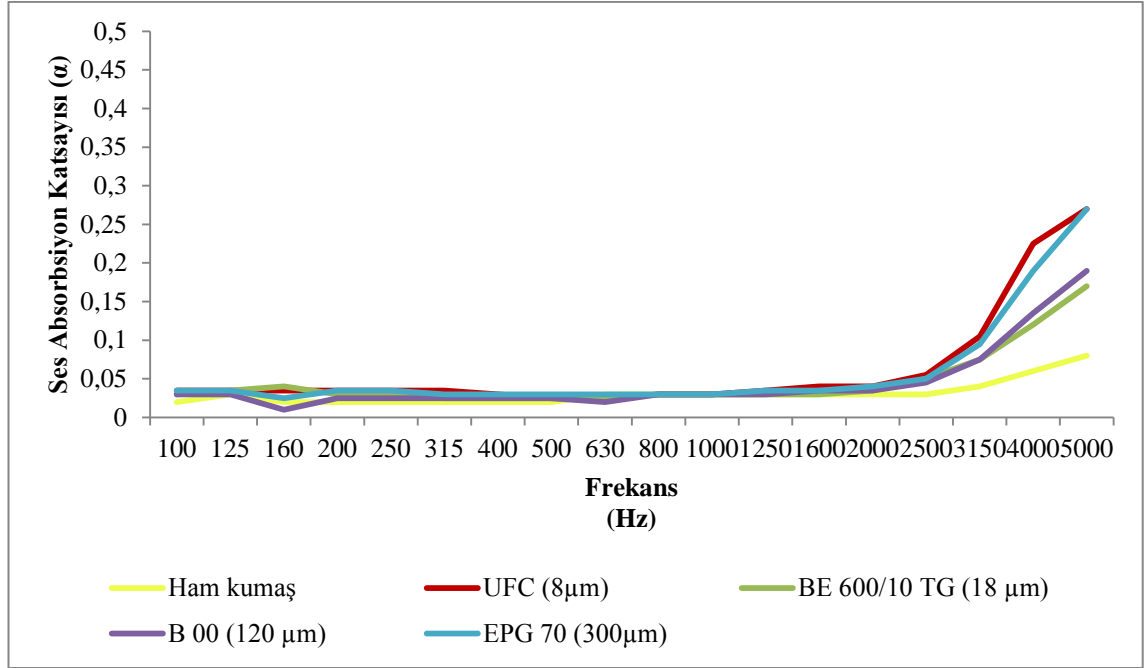
Farklı tanecik boyutlarında, fakat 60 g/kg sabit konsantrasyonda selüloz tozları ile kaplanan kumaşların ses absorpsiyon katsayıları Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı tanecik boyutlarında selüloz tozları ile kaplanmış kumaşların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Frekans (Hz)	Ses absorpsiyon katsayısı (α)				
	Ham kumaş	UFC (8 μ m)	BE 600/10 TG (18 μ m)	B 00 (120 μ m)	EPG 70 (300 μ m)
100	0,02	0,035	0,03	0,03	0,035
125	0,03	0,035	0,035	0,03	0,035
160	0,02	0,035	0,04	0,01	0,025
200	0,02	0,035	0,03	0,025	0,035
250	0,02	0,035	0,03	0,025	0,035
315	0,02	0,035	0,025	0,025	0,03
400	0,02	0,03	0,025	0,025	0,03
500	0,02	0,025	0,025	0,025	0,03
630	0,03	0,025	0,025	0,02	0,03
800	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
1000	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
1250	0,03	0,035	0,03	0,03	0,035
1600	0,03	0,04	0,03	0,035	0,035
2000	0,03	0,04	0,035	0,035	0,04
2500	0,03	0,055	0,05	0,045	0,05
3150	0,04	0,105	0,075	0,075	0,095
4000	0,06	0,225	0,105	0,135	0,19
5000	0,08	0,27	0,17	0,19	0,27

Çizelge 4.10'da farklı tanecik boyutlarında selüloz tozu ile kaplanmış kumaşların 100-5000 Hz frekans aralığında ölçülen ses absorpsiyon katsayıları görülmektedir. Değerler incelendiğinde 2500 Hz'e kadar katsayılar arasında belirgin farkların olmadığı görülmüştür. Genel olarak 2500-5000 Hz frekans aralığında frekans arttıkça bütün

tanecik boyutlarında katsayı değerlerinin de arttığı görülmüştür. Bunun nedeni yüksek frekanslı, küçük dalga boyuna sahip seslerin daha kolay absorblanabilir olmasıdır.



Şekil 4.4. Farklı tanecik boyutlarında selüloz tozları ile kaplanmış kumaşların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Şekil 4.4, 60 g/kg konsantrasyon için, 8, 18, 120 ve 300 µm tanecik büyüklüğüne sahip selüloz tozları ile kaplanmış kumaşların ses absorpsiyon katsayılarını göstermektedir. 100-5000 Hz frekans aralığında yapılan ölçümlerde, 2500 Hz'e kadar ses absorpsiyon katsayıları arasında belirgin bir fark görülmemektedir. 2500-5000 Hz aralığı incelendiğinde, her bir tanecik büyüklüğündeki selüloz tozu katkılı kaplamaların ses absorpsiyon değerlerinin arttığı; ancak tanecik boyutu ile orantılı bir artışın meydana gelmediği anlaşılmaktadır. 8 mikron ve 300 mikron inceliğinde selüloz tozları ile kaplanmış numunelerin birbirine çok yakın katsayı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Benzer şekilde 18 ve 120 mikron inceliğinde tozların kullanıldığı kaplamalar da birbirine yakın katsayı sonuçları vermiştir.

Ses absorpsiyon değerlerine genel olarak bakıldığında, selüloz tozu ile kaplanmış kumaşların ses absorblama katsayıları ham kumaşa göre belirgin şekilde yükselmektedir. Bu sonuçlar, selüloz tozunun ses yalıtımına katkı sağlayacak bir dolgu malzemesi olarak kaplamalarda kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, literatür taramalarından elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak, özellikle perdelik amaçlı tekstil kaplamalarında dolgu maddesi olarak kullanılmak üzere, termal yalıtıma ve ses yalıtımına katkı sağlaması beklenen selüloz tozlarının kaplamada kullanılabilirliği incelenmiştir. ISO (International Organization for Standardization) ve CEN (European Committee for Standardization) Standartlarına göre yapılan sınıflandırmada, λ (ısı iletkenlik katsayısı) 0,065 W/mK'den küçük olan malzemeler "ısı yalıtım malzemesi" olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda ısı iletkenlik katsayısı 0,038 W/mK olan selüloz tozunun kullanımının uygun olacağı öngörülmüştür.

Ön yıkama ve termofiksaj işlemi gören %100 poliester dokuma kumaş üzerine, akrilat esaslı bir binder, çapraz bağlayıcı ve sentetik kıvamlaştırıcı kullanılarak farklı cins ve oranlarda selüloz tozu içeren kaplamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar çeşitli ölçüm ve testlerle değerlendirilmiştir.

Çalışmada öncelikle incelenen konu, fiksaj sıcaklığının ve süresinin kaplamanın sararma davranışı üzerindeki etkisidir. Çünkü selülozik malzemelerin yüksek sıcaklıklarda degradasyon nedeniyle sararması bilinen bir olaydır ve ön denemeler sırasında bu durum gözlenmiştir. Bu nedenle, 120 μ m tanecik boyutuna sahip selüloz tozu ile kaplanan kumaşlara, beş farklı sıcaklık (130, 140, 150, 160 ve 170 °C) ve süre (2, 3, 4, 5 ve 6 dakika) değerinde fiksaj işlemi uygulanmıştır. Elde edilen kaplanmış numunelerdeki sararma etkisi, sarılık (ASTM E 313) ve beyazlık (Stensby) indekslerinin spektrofotometrik olarak ölçülmesiyle değerlendirilmiştir.

Elde edilen sarılık ve beyazlık indeksleri, fiksaj sıcaklığı arttıkça, kaplamalarda meydana gelen sararma derecesinin de belirgin şekilde artmaya devam ettiğini ortaya koymuştur. Doğal olarak sararmanın artmasıyla, beyazlık derecesinde de buna ters yönde paralel bir azalma meydana gelmiştir. 130 ve 140 °C'lik fiksaj sıcaklıklarında meydana gelen sararmalar arasında belirgin bir fark olmadığı gibi, sararmanın derecesi

de pratik uygulamalar açısından kabul edilebilir seviyede bulunmuştur. Buna karşılık özellikle 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda sararma etkisi çok belirginleşmekte ve sıcaklık 170 °C'ye ulaştığında standarda göre sarılık indeksindeki artış 34,56'ya kadar ulaşmaktadır. Bu sonuçlara göre, çalışmanın devamı için 140 °C'nin uygun fiksaj sıcaklığı olacağına karar verilmiştir.

140 °C sabit fiksaj sıcaklığında değişen sürelerde meydana gelen sararma sonuçları, başlangıçta yavaş olmak üzere fiksaj süresinin uzamasıyla sararma etkisinin de arttığını göstermektedir. Ancak bu artışın sıcaklıktaki artışla meydana gelen sararmalar kadar belirgin olmadığı da görülmüştür. 2 ve 3 dakikalık kısa fiksaj sürelerinin birbirleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı; 4 dakikalık fiksaj süresinde meydana gelen sararmanın da bunlara oldukça yakın olduğu göz önüne alınarak ileriki denemelerde fiksaj süresi olarak 4 dakikanın uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın devamında, kaplamalarda dolgu maddesi olarak kullanılan selüloz tozu konsantrasyonunun ve selüloz tozunun tanecik büyüklüğünün çeşitli kaplama özellikleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde, kaplama patı viskozitesi, kaplama kalınlığı (bıçak-kumaş arası mesafe), kurutma ve fiksaj şartları gibi çalışma parametreleri sabit tutulmuştur. Birinci gurup denemelerde, belli bir tanecik boyutuna (120 µm) sahi olan selüloz tozu ile beş farklı konsantrasyonda (20, 40, 60, 80 ve 100 g/kg) kaplamalar gerçekleştirilmiştir. İkinci gurup denemelerde de, sabit konsantrasyon değerinde (60 g/kg) farklı tanecik boyutlarına (8, 18, 120 ve 300 µm) sahip selüloz tozları ile kaplamalar yapılmıştır. Elde edilen numuneler üzerinde, gramaj ölçümleri, kalınlık ölçümleri, aktarılan (kaplanan) madde miktarları, ses ve ısı yalıtım özellikleri ölçülerek değerlendirilmiştir.

Kaplanmış numunelerde selüloz tozu tanecik boyutunun ve selüloz tozu konsantrasyonunun kumaş kalınlığı üzerindeki etkisi kumaş kalınlığı ölçüm cihazı ile (R&B Cloth thickness tester) ile yapılan ölçümlerle değerlendirilmiştir. 120 µm selüloz tozu ile farklı konsantrasyonlarda kaplanan kumaşların kalınlık değerleri, 20 g/kg'dan 100 g/kg' a doğru gidildikçe konsantrasyon ile orantılı şekilde artış göstermiştir. Bunun

nedeni konsantrasyon artışıyla birlikte kumaşa aktarılan katı madde oranının artmasıdır ki, aktarılan madde miktarlarına ait bulgular da bunu doğrulamıştır.

60 g/kg sabit konsantrasyon değerinde farklı tanecik boyutunda selüloz tozlarıyla kaplanan numunelerin kalınlık ölçüm sonuçları da tanecik boyutundaki artış ile kaplama kalınlığının da belirgin şekilde arttığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla, en yüksek kalınlık değerinin maksimum tanecik büyüklüğü olan 300 µm ile kaplanmış kumaşlara ait olduğu görülmüştür. Buna neden olarak da, tanecik boyutu arttıkça kaplama filmi içerisindeki selüloz tanecikleri arasındaki boşlukların da arttığı ve bunun da kaplama filminin daha hacimli (kalın) olmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen diğer bir konu farklı konsantrasyon oranları ve farklı tanecik boyutlarına bağlı olarak, kaplama ile kumaşa aktarılan net selüloz tozu ağırlığı ve kaplama sonrası elde edilen kuru kaplama ağırlıklarının nasıl değiştiğidir.

Selüloz tozu konsantrasyonu arttıkça -beklendiği gibi- buna paralel olarak net selüloz kaplama ağırlığı, kuru kaplama ağırlığı ve kaplanmış kumaşın gramaj değerlerinde de artışlar görülmüştür. Değişen tanecik boyutuna bağlı olarak aktarılan net selüloz tozu ağırlıkları ise deney hataları dahilinde yaklaşık olarak benzer değerlerde çıkmıştır.

Çalışmada incelenen bir diğer konu da, kaplamada kullanılan selüloz tozu konsantrasyonları ile tanecik boyutlarının kaplamaların ısı direnç ve bağlantılı olarak ısı iletim katsayısını nasıl etkilediğidir. Sonuçlar, sabit tanecik boyutu için konsantrasyon değeri arttıkça ısı iletim katsayısının da belli oranda arttığını göstermiştir. Bunun nedeni olarak, selüloz tozu konsantrasyonunun artmasıyla daha kalın ve yoğun bir kaplama filminin oluşması ve bu filmin kumaşa içerisindeki hava boşluklarının daha fazla kaplanması (kumaş içerisine hapsolan hava miktarını azaltması) düşünülmüştür.

Sabit konsantrasyonda, farklı tanecik boyutlarında yapılan kaplama sonuçları ise ses yalıtımı üzerine tanecik boyutunun belli bir etkisinin olduğu ve özellikle çok ince boyutlu selüloz tozlarının bu alanda avantajlı olduğunu ortaya koymuştur. 8 ve 18

mikronluk çok ince selüloz tozları ile kaplanan kumaşların ısı iletim katsayılarını ham kumaşa kıyasla azaldığı görülmüştür. 120 ve 300 mikron inceliğinde ise, artan kumaş kalınlığının da etkisiyle ısı iletim katsayısında belli oranlarda artışlar meydana gelmiştir. Isıl iletim katsayı sonuçlarına genel olarak bakıldığında, gerek farklı konsantrasyonlarla ve gerekse farklı tanecik boyutlarına sahip selüloz tozları ile yapılan tüm kaplamaların katsayı açısından yalıtım standardını ($\lambda < 0,065$ W/mK) sağladığı görülmüştür.

Kaplama patlarında kullanılan selüloz tozu konsantrasyonu ve tanecik boyutunun kaplamaların ses absorpsiyonunu nasıl etkilediğini görmek için 100-5000 Hz frekans aralığında ses yutum katsayıları ölçülmüştür. Genel olarak, orta-yüksek frekans (2500-5000 Hz) bölgesine kaplamalarda selüloz tozu kullanımı ile ses absorpsiyonunda belirgin iyileşmelerin olduğu tespit edilmiştir. Kaplamada kullanılan selüloz tozu konsantrasyonu arttıkça, ses absorblama katsayısı da artmaya devam etmiş ve 100 g/kg değerinde en yüksek seviyeye ulaşmıştır.

Ses absorpsiyonu üzerine selüloz tozunun tanecik boyutunun etkisi konusunda yapılan ölçüm ve değerlendirmelerde paralel bir ilişkiye rastlanmamıştır. Ancak, en küçük taneciğe sahip 8 mikronluk selüloz tozu ile granül yapısındaki en büyük tanecik boyutlu 300 mikronluk selüloz tozunun birbirlerine yakın ve en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

Sonuç olarak, bu çalışma ile selüloz tozlarının -bazı sınırlamalarla- tekstil kaplamacılığında özellikle ses ve ısı yalıtımını geliştirmeye yönelik dolgu maddesi olarak kullanılabilceği ortaya konulmuştur. Ancak, ileriki çalışmalarda aşağıdaki noktaların da araştırılması yerinde olacaktır:

- Farklı kimyasal sınıftan binderlerle çalışmalar yapılması ve binder tipinin kaplama özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi.
- TiO_2 ve $CaCO_3$ ile yapılan kaplamalarla ısı ve ses yalıtım özellikleri açısından selüloz tozlarının karşılaştırılması.

- Selüloz tozlarının kaplamaların hidrofilitesine/elektriksel yüzey direncine etkilerinin incelenmesi.
- Uzun süreli güneşe maruz kalma durumunda sararma etkisinin ne olacağının ışık haslık testleri ile ortaya konulması

KAYNAKLAR

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

Aniş, P. 2005. Tekstil ön terbiyesi. Alfa Akademi Basım Yayım Dağıtım Ltd.Şti, İstanbul, 224 pp.

Anonim,http://www.uzaktanegitimplatformu.com/UEP/uep_lisans/tek303/tek303_downloads/Tekstilde_Kaplama.pdf-(Erişim tarihi: 05.03.2013).

Anonim,http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/teknik_tekstilller.pdf- (Erişim tarihi: 13.05.2013).

Anonim, http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/ses_yalitimi/Bina-ve-TesisattaSesYalitimi.pdf-(Erişim tarihi:12.06.2013).

Anonim, http://www.spotltd.com/images/mcrosta/mpengin_pic06_b.jpg- (Erişim tarihi: 12.06.2013).

Anonim, http://www.isipompasi.net/resimler/isi_kaybi_oranlari1.jpg- (Erişim tarihi: 12.06.2013).

Anonim, http://metcalfexterior.com/uploads/lowe_O.jpg- (Erişim tarihi: 15.06.2013).

Anonim,<http://www.guneyyapiizolasyon.com.tr/sayfalar.3984.pencere-isiyalitimi.html>- (Erişim tarihi: 20.07.2013).

Anonim,<http://www.made2measureblinds.com/energyefficient.php>- (Erişim tarihi: 20.07.2013).

Anonim, <http://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose>-(Erişim tarihi: 17.08.2013).

Anonim, <http://www.nkfu.com/seluloz-> (Erişim tarihi:17.08.2013).

Anonim, <http://www.imo.org.tr> –(Erişim tarihi: 17.08.2013).

Anonim, http://eng.harran.edu.tr/~ihilali/ses_yalitimi.pdf-(Erişim tarihi: 17.08.2013).

Anonim,www.makineteknik.org-(Erişim tarihi:19.08.2013).

Anonim, <http://www.brookfielddturkiye.com/wp-content/uploads/2012/03/dial-reading-shdw.jpg>- (Erişim tarihi: 10.10.2013).

Anonim, <http://trrapid.com/PageGalleryFiles/Images/COATING.jpg>-(Erişim tarihi: 20.10.2013).

Anonim,<http://trrapid.com/PageGalleryFiles/Images/HT%20steamer%20HTS3%20.jpg>- (Erişim tarihi: 20.10.2013).

Anonim, <http://sensing.konicaminolta.asia/wp-content/gallery/cm-3600d-3610d-3630d/cm-3600d-3610d-3630d-01.jpg>- (Erişim tarihi: 20.12.2013).

Altınışık, K., 2006. Isı yalıtımı. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 275 pp.

Asanovic, K., Mihailovic, T., Skundric, P., Simovic, L. 2010. Some properties of antimicrobial coated knitted textile material evaluation, *Textile Research Journal*, 80(16): 1665-1674.

Asker, G., Balcı, O., Topçal, F. 2011. Kaplama ve emdirme aplikasyon yöntemlerinin kombinasyonu ile üretilen melez kumaşların performans özelliklerinin belirlenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 18(82): 6-18.

Atmaca, E., Peker, İ. 1999. Sivas'ta trafik gürültüsü. *Çevkor*, 8(30): 3-8.

Bulut, Y., Sülar, V. 2008. Kaplama veya laminasyon teknikleri ile üretilen kumaşların genel özellikleri ve performans testleri. *Tekstil ve Mühendis*, 15(70-71): 6-16.

Büyükakıncı B., Sökmen N. 2011. Küçük H., Doğal elyaf karışımı poliüretan kompozitlerin ses ve ısı yalıtım özelliklerinin incelenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 21(2): 124-132.

Canbolat, Ş. 2013. Termal ve akustik izolasyon sağlayan duvar kumaşı eldesi. Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Demirkale, S., 2007. Çevre ve yapı akustiği. Birsen Yayınevi, İstanbul, 511 pp.

El-Hady, R.A.M.A., El- Baky R.A.A.A. 2011. Enhancing the functional properties of sportswear fabric based carbon fiber, *Asian Journal of Textile*, 1(1):14-26.

Ferziger, D., Lippman, J. 1987. Foam Coated Fabrics, US Patent 4,677,016.

Frydrych, I., Dziworska, G., Bilka, J. 2002. Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibres, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 10(4): 40-44.

Gouda, M., Keshk, S.M. 2010. Evaluation of multifunctional properties of cotton fabric based on metal/chitosan film, *Carbohydrate Polymers*, 80: 504-512.

Hakansson, E., Amiet, A., Kaynak, A. 2006. Electromagnetic shielding properties of polypyrrole/polyester composites in the 1–18 GHz frequency range. *Synthetic Metals*, 156: 917-925.

Hall, M., 2000. Coating of technical textiles. Woodhead Publishing <http://www.tex.tuiasi.ro/biblioteca/carti/CARTI/Textile/Handbook%20of%20Technical%20Textiles/011.pdf>- (Erişim tarihi: 07.04.2013).

Hockenberger, A. 2004. Tekstil fiziği. Alfa Basım Yayım Dağıtım LTD, İstanbul, 256 pp.

- Jirsak, O., Sadıkoğlu, T.G., Özipek, B., Pan, N. 2000.** Thermo-insulating properties of perpendicular-laid versus cross-laid lofty nonwoven fabrics, *Textile Research Journal*, 70(2): 121-128.
- Keskin, T. 2010.** Türkiye'nin iklim değişikliği ulusal eylem planının geliştirilmesi projesi. Çevre ve Orman Bakanlığı. Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu.
- Kılıç, M., Yiğit, A. 2008.** Isı transferi. Alfa Akademi Bas. Yay. Dağ. Ltd.Şti, Bursa,490 pp.
- Levesque, M.,** The missing link energy efficiency in the buildings. http://www.energyefficiencydr.com/downloads/Missing_Link_Energy_Efficiency_Buildings_Article.pdf- (Erişim tarihi: 31.12.2013)
- Majumdar, A., Mukhopadhyay, S., Yadav R. 2010.** Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres. *International Journal of Thermal Sciences*, 49: 2042-2048.
- Maleki, B.A. 2011.** Shading: Passive cooling and energy conservation in buildings. *International Journal On Technical and Physical Problems of Engineering*, 3(4):72-79.
- Mengüç, G. 2012.** Bazı özel hayvansal liflerden elde edilen ipliklerden üretilen kumaşların özellikleri üzerine bir araştırma. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Mıstık, S.İ., Merdan, N. 2012.** Dokuma bazalt-cam ve fındık kabuğu takviyeli polimer kompozitlerinin eğilme dayanımı ve ısı geçirgenliklerinin incelenmesi. *Istanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(20): 119-126.
- Mondal S., 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(5): 3370-3376.
- Negru, D., Buda, C., Avram, D. 2012.** Electrical conductivity of woven fabrics coated with carbon black particles, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(1): 53-56.
- Özkan, D.B., Onan, C., Erdem, S. 2009.** Effect of insulation material thickness on thermal insulation. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 27: 190-196.
- Öztürk, M.K., Nergis, B.U., Candan, C., A. 2010.** Study on the influence of fabric structure on sound absorption behavior of spacer knitted fabrics, Poster Presentation of 7th Textile Science, Liberec-Czech Republic.
- Padleckiene, I., Petrulis, D. 2009.** Effect of abrasion on the air permeability & mass loss of breathable-coated fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(2-73):50-54.

Rehby, W. 2008. Coating of textile fabrics with conductive polymers for smart textile applications, Ambience 08 International Scientific Conference, 2008, Borås, Sweden.

Sen, A.K. 2001. Coated textiles principles and applications. CRC Press Taylor & Francis Group, 248 pp.

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.

Sukigara, S., Yokura, H., Fujimoto, T. 2003. Compression and thermal properties of recycled fiber assemblies made from industrial waste of sweater products, *Textile Research Journal*, 73(4): 310-315.

Thilagavathi, G., Pradeep, E., Kannaan, T., Sasikala, L. 2010. Development of natural fiber nonwovens for application as car interiors for noise control, *Journal of Industrial Textiles*, 39(3): 267-277.

Tiber, B. 2011. Perlit içeren fonksiyonel bir tekstil ürününün tasarımı. *Doktora Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Uzun, M. 2012. Ultrasonik ve klasik yıkama yöntemlerinin dokuma kumaş termal özelliklerine etkilerinin incelenmesi, *Tekstil ve Mühendis*, 19(86): 1-6.

Vigneswaran, C., Chandrasekaran, K., Senthilkumar, P. 2009. Effect of thermal conductivity behavior of jute/cotton blended knitted fabrics, *Journal of Industrial Textiles*, 38(4): 289-307.

Wang J., Kaynak A., Wang L., Liu X. 2010. Thermal conductivity studies on wool fabrics with conductive coatings, *Journal of The Textile Institute*, 97(3): 265-270.

Yeşil, Y. 2010. Melanj elyaf karışımlarında renk değerlerinin yeni bir algoritma geliştirilerek tahmin edilmesi. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Gizem MANASOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi	:Bursa-Yıldırım 17.05.1989
Yabancı Dili	:İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)	
Lise	: Bursa Anadolu Kız Lisesi (2003-2007)
Lisans	: Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	: Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl	:Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, (2013-halen)
İletişim (e-posta)	:gmanas@uludag.edu.tr