

TERMAL VE AKUSTİK İZOLASYON SAĞLAYAN

DUVAR KUMAŞI ELDESİ

Şeyda CANBOLAT



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERMAL VE AKUSTİK İZOLASYON SAĞLAYAN DUVAR KUMAŞI
ELDESİ

Şeyda CANBOLAT

Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT

(Danışman)

Prof. Dr. Habip DAYIOĞLU

(İkinci Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2013

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.

.././....

Şeyda CANBOLAT

TEZ ONAYI

Şeyda CANBOLAT tarafından hazırlanan “Termal ve Akustik İzolasyon Sağlayan Duvar Kumaşı Eldesi” 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. Dilek TOPRAKKAYA KUT

İkinci Danışman: Prof.Dr.Habip DAYIOĞLU, İstanbul Ticaret Üniversitesi

Başkan : Prof.Dr.Dilek TOPRAKKAYA KUT İmza

Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Tekstil Mühendisliği

Üye : Prof.Dr.Habip DAYIOĞLU İmza

Mühendislik ve Tasarım Fakültesi

Tekstil Mühendisliği

Üye : Prof.Dr.Muhsin KILIÇ İmza

Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Makine Mühendisliği

Üye : Prof.Dr.Binnaz MERİÇ KAPLANGİRAY İmza

Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Tekstil Mühendisliği

Üye : Prof.Dr.Pervin ANIŞ İmza

Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Tekstil Mühendisliği

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

.././.....

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TERMAL ve AKUSTİK İZOLASYON SAĞLAYAN DUVAR KUMAŞI ELDESİ

Şeyda CANBOLAT

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT

İkinci Danışman: Prof. Dr. Habip DAYIOĞLU(İstanbul Ticaret Üniversitesi)

Bu tez çalışmasında binalarda izolasyon amaçlı kullanılmak üzere ses ve ısı izolasyonu sağlayan duvar kumaşı üretimi incelenmiştir.

Ses ve ısı izolasyonu sağlamaya yönelik optimum tekstil malzemeleri seçildikten sonra, farklı yüzey oluşturma teknikleri kullanılarak yüzey oluşturulmuştur. Kanallı poliester elyaf kullanılarak tarama yöntemine göre dokusuz yüzey, polipropilen ve içi boş polipropilen elyaf kullanılarak elde edilen tekstüre ipliklerden ise bezayağı desenine göre yüzeyler oluşturulmuştur. Ardından iki farklı yüzey adhesiv bir madde ile birleştirilmiştir. Katmanlı yapının ısı ve ses izolasyon özelliklerini geliştirmek amacıyla yapıya üç farklı konsantrasyonda ve iki farklı boyutta ponza taşı tozu aktarılmıştır. Çift katmanlı yapının duvara adhezyonun sağlanması için çift katmanlı yüzeyin bir tarafı adhesiv bir madde ile kaplanmıştır.

Elde edilen duvar kumaşının portatif olması, istenilen her türlü renk ve desende üretilebiliyor olması, ses ve ısı izolasyonuna sahip olması ve her türlü duvara uygulanabiliyor özelliklerde olması tüketicinin beklentilerini karşılayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Adhesiv, ısı izolasyonu, içi boş polipropilen, kanallı polyester, ponza taşı, ses izolasyonu, tekstüre iplik

ABSTRACT

MSc Thesis

**PRODUCTION OF WALL FABRIC HAVING THERMAL AND ACOUSTIC
INSULATION**

Seyda CANBOLAT

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Dilek TOPRAKKA KUT

Second Supervisor: Prof. Dr. Habip DAYIOGLU (Istanbul Commerce University)

In this thesis, production of wall fabric having acoustic and thermal insulation has been investigated to provide insulation in buildings.

After the optimum textile materials were chosen to provide acoustic and thermal insulation, surfaces are created via using different relative methods in this field. Nonwoven was produced from slotted polyester fiber by combing plain weaves obtained from texture yarns which were produced from hallow polypropylene and conventional polypropylene fibers. Subsequently, these two different surfaces were combined with an adhesive material. Pumice stone powder in three different concentrations and two different sizes were added to enhance the insulation properties of these surfaces. Finally, sub-surface was coated with an adhesive material in order to provide the multilayer surfaces adhesion property to wall.

The wall fabric obtained having the qualities of being portable, producible in all desired colors and designs and applicable to all types of walls along with sound and heat insulation will meet the consumer expectations.

Key words: Acoustic insulation, adhesive, hallow polypropylene, slotted polyester, pumice stone, texture, thermal insulation

TEŞEKKÜRLER

Yüksek Lisans eğitimim süresince her konuda desteğini esirgemeyen, bu tez çalışmamın oluşmasında, düzenlenmesinde ve değerlendirilmesinde her türlü katkıda bulunan danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Dilek Toprakkaya Kut'a ve Sayın Prof. Dr. Habip Dayıoğlu'na teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam sırasında bana maddi ve manevi açıdan her türlü desteği sağlayan İstanbul Ticaret Üniversitesi'ne teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince bilgilerini benden esirgemeyen İstanbul Ticaret Üniversitesi Öğretim Üyeleri'nden Sayın Doç. Dr. Nigar Merdan'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Serhan Yarkan'a, Sayın Öğr. Gör. Fatma Nur Akı'ya, Sayın Arş. Gör. Erdem Yavuz'a, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Sayın Gizem Manasoğlu'na, ayrıca Marmara Üniversitesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Emine Dilara Koçak'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda kullanılmak üzere malzeme temininde yardımlarını esirgemeyen Sayın Cahit Uçmak'a, Turkuaz Tekstil San. ve Tic. A.Ş. yetkililerine, Jakarteks Tekstil Sanayi ve Ticaret LTD.ŞTİ. yetkililerine, Duraner A.Ş. yetkililerine, Marmara Üniversitesi Öğretim Üyeleri'den Sayın Prof. Dr. Mehmet Akalın'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Sabri Özen'e ayrıca laboratuvarlarında çalışma imkânını sunan Duraner A.Ş'e ve çalışma sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doğan Yıldız'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullanılmak üzere ponza taşlarının öğütülmesinde yardımcı olan İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlilerinden Sayın İsmail Aydın'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın test aşamasında yardımlarını sunan İTKİB İTA'ya, Sayın J. Sunday Özgen'e ve Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlilerinden Sayın Erhan Sancak'a teşekkür ederim.

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili aileme ve Yıldız Sekban'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şeyda CANBOLAT

Haziran 2013

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1.Ses ve Ses Dalgalarının Özellikleri.....	3
2.1.1. Genel dalga denklemi.....	5
2.1.2.Ses dalgalarının hızı	8
2.1.3. Ses basıncı.....	10
2.1.4. Desibel	11
2.1.5. Ses gücü düzeyi.....	11
2.1.6. Ses basıncı düzeyi	12
2.1.7.Ses şiddeti ve ses şiddeti düzeyi	12
2.1.8. Frekans analizi	13
2.1.9. Oktav bantları.....	13
2.1.10. Ses dalgalarının yansıması ve kırılması	14
2.2.Ses Yalıtımı.....	15
2.3. Ses Absorblama Mekanizması	15
2.4. Karakteristik Empedans	16
2.5. Ses Absorblayan Materyaller	17
2.6. Gözenekli Materyallerin Ses Absorblama Mekanizması	18
2.6.1. Hava tabakasının özellikleri.....	19
2.6.2. İskelet kısmının özellikleri.....	20
2.7.Gözenekli Materyallerin Ses Absorbsiyon Katsayısının ve Empedansının Hesaplanmasında Geliştirilen Yöntemler	23
2.7.1.Delany-Bazley Model	23

2.7.2.Biot- Allard Model.....	23
2.7.3.Voronina Model	25
2.8. Gözenekli Materyallerin Kullanıldığı Çeşitli Çalışmalar	28
2.9. Ses Absorbsiyon Katsayısı Ölçümünde Kullanılan Yöntemler	39
2.10. Isı Transferi.....	42
2.10.1. Isı transferi ile ilgili temel kavramlar ve ısı transferi çeşitleri	42
2.10.2. Isı iletimi	43
2.10.3. Isı taşınımı.....	43
2.10.4. Işınım ile ısı transferi	44
2.10.5. Isı iletiminin genel denklemi.....	44
2.10.6. Sürekli rejimde ısı iletimi.....	46
2.11. Tekstil Malzemelerinin Termal Özelliklerinin İncelendiği Çalışmalar	46
3. MATERYAL ve YÖNTEM	50
3.1. Kullanılan Malzemeler.....	50
3.1.1. Alt yüzey kumaş	50
3.1.2. Üst yüzey kumaş	50
3.1.3. Su iticilik kimyasalı	50
3.1.4. Adhezyon patı	50
3.1.5. Geko patı.....	51
3.1.6. Ponza taşı	51
3.2. Yöntem.....	51
3.2.1.Ponza taşının öğütülmesi	55
3.2.2.Su iticilik bitim işlemi.....	56
3.2.3. Adhezyon sağlayan patın hazırlanması ve kaplama işlemi.....	56
3.2.4.Katmanlı yapının adhezyon sağlayan pat ile kaplanması	58
3.2.5.Yüzeylerin hava geçirgenliklerinin ölçülmesi	59
3.2.6.Yüzeylerin ses absorpsiyon katsayısının ölçülmesi	60
3.2.7. Isı iletim katsayısının ölçülmesi.....	62
4. BULGULAR.....	64
4.1. Ponza Taşının Kimyasal Yapısının Analizi	64
4.2.Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları	65
4.3. Ses Absorbsiyon Katsayısı Ölçüm Sonuçları.....	72
4.4. Isı İletim Katsayısı Ölçüm Sonuçları	81

5. SONUÇLAR.....	90
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	103

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
E_a	Absorblanan Ses Enerjisi [W]
ω_n	Açısal Hız [rad/s]
A	Alan [m^2]
M	Alansal Ağırlık [kg/m^2]
f_2	Alt Sınır Frekans [Hz]
U	Akışkanın Hızı [m/s]
p_a	Akustik Basınç [Pa]
x_1	Akustik özellikleri analiz edilen numune ve mikrofon arasındaki uzaklık [m]
P	Basınç [Pa]
Δp	Basınç Değişimi [Pa]
J_1	Birinci Bessel Fonksiyonu
x_2	Birinci mikrofon ve numune arasındaki mesafe [m]
y	Boyutsuz Fiziksel Parametre
z	Boyutsuz Fiziksel Parametre
λ	Dalga Boyu [m]
k	Dalga Sayısı
$\lambda_{\bar{u}}$	Dalga Boyunun Üst Limiti [m]
\dot{m}	Debi [m^3/s]
ζ	Delikli Tabaka Sabiti
R_p, R_l	Delikli Tabakanın ve Lifli Tabakanın Hava Direnci [$Pa.s/m^2$]
r	Dik Geliş Yansıma Katsayısı
ϕ_r	Dik Geliş Yansıma Katsayısı Faz Açısı
ρ_{eff}	Efektif Yoğunluk [kg/m^3]
l_t	Empedans Tüpünün Uzunluğu [m]
d_t	Empedans Tüpü Çapı [m]
φ	Faz Açısı [rad]
f	Frekans [Hz]
G	Gaz Sabiti
D	Gözenek Çapı [mm]
Q_k	Gözenekli Materyalin Yapısal Karakteristiği
μ	Havanın Dinamik Viskozitesi [Pa.s]
σ	Hava Geçirgenliği Direnci [$Pa.s/m^2$]
Z_0	Havanın Karakteristik Empedansı [$Pa.s/m^3$]
K_{eff}	Hacim Modülü [Pa]
ρ_m	Hacimsel Yoğunluk [m^3]
ρ_0	Havanın Yoğunluğu [kg/m^3]
x	Hoparlör ve mikrofon arasındaki mesafe [m]
Q_x	İletimle Transfer Edilen Isı Miktarı [W]
s_0	İki mikrofon arasındaki mesafe [m]
α	Isı Yayınım Katsayısı [W/m.K]
l	Kalınlık [m]

Z_c	Karakteristik Empedans [$\text{Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^3$]
q_0	Karakteristik Faktör
Λ	Karakteristik Viskoz Uzunluk
Λ'	Karakteristik Termal Uzunluk
α_∞	Kıvrım Faktörü
AF	Kumaşa aktarılan çözelti miktarı
E_1	Kumaşın emdirme işleminden sonraki ağırlığı [kg]
E_2	Kumaşın kuru ağırlığı [kg]
Q_f	Lifli materyalin yapısal karakteristiği
Q	Materyal içinden geçen hava miktarı [mm/s]
h	Materyalin gözenekliliği
V_p	Materyalin toplam hacmi [m^3]
V	Materyalin toplam gözenek hacmi [m^3]
ε	Materyalden Yayılan Isı Enerjisi [W]
ρ_f	Matriks yapının yoğunluğu [kg/m^3]
f_0	Merkez Frekans [Hz]
H_{12}	Mikrofonlar Arasındaki Transfer Fonksiyonu
V_s	Numunenin suyla temasından önceki hacmi [m^3]
V_w	Numunenin suyla temasından sonraki hacmi [m^3]
h	Ortalama Isı Taşınım Katsayısı [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]
T	Periyot [s]
$v(r_w)$	Gözenek duvarındaki aynı non-viskoz akışkanın hızı [m/s^2]
$v(r)$	Gözenek içindeki non-viskoz akışkanın mikroskobik hızı [m/s^2]
B^2	Prandtl Sayısı
r	Reaktans
I_0	Referans Ses Şiddeti [W/m^2]
χ	Rezistant
C_p	Sabit Basıncıdaki Özgül Isı [kcal/kg.°C]
C_v	Sabit Hacimdeki Özgül Isı [kcal/kg.°C]
α	Ses Absorbsiyon Katsayısı
p	Ses Basıncı [Pa]
L_p	Ses Basıncı Düzeyi [dB]
W	Ses Gücü [W]
L_w	Ses Gücü Düzeyi [dB]
c	Ses Hızı [m/s]
P_{\max}	Sesin Maksimum Basıncı [Pa]
P_{\min}	Sesin Minimum Basıncı [Pa]
I	Ses Şiddeti [W/m^2]
L_I	Ses Şiddeti Düzeyi [dB]
TL	Ses Yalıtım Katsayısı
b	Ses Yayınım Katsayısının Reel Kısmı
T	Sıcaklık [K]
J_0	Sıfırinci Bessel Fonksiyonu
c'	Sınır tabakadan geçen dalganın ses hızı [m/s]
ν	Sınır tabakaya çarpan dalga ile yüzey arasındaki açı [rad]
ν'	Sınır tabakadan geçen dalganın yüzeye yaptığı açı [rad]
γ	Spesifik Isılar Oranı

σ_s	Stefan Boltzman Sabiti [$W.m^{-2}.K^{-4}$]
q_{tas}	Taşınım ile Transfer Edilen Isı Akısı [W/m^2]
r	Titreşimin Genliği
H_I	Transfer Fonksiyonunun Sanal Kısmı
H_R	Transfer Fonksiyonunun Reel Kısmı
p_0	Uluslararası Referans Basınç [Pa]
W_0	Uluslararası Referans Ses Gücü [W]
f_1	Üst Sınır Frekans [Hz]
η	Viskozite [Pa.s]
K_0	Viskoz Geçirgenlik
\vec{s}	Yer değiştirme [m]
S	Yüzey alanı [m^2]
E_t	Yüzeyin diğer tarafına geçen sesin şiddeti [W/m^2]
E_i	Yüzeğe Gelen Ses Enerjisi [W]
Z_f	Yüzeyin Karakteristik Empedansı [$Pa.s/m^3$]
E_r	Yüzeyden Yansıyan Ses Enerjisi [W]
t	Zaman [s]

Kısaltmalar

FDM
PP
PET
PU
SEM
EDX

Açıklama

Faz Değiştiren Malzeme
Polipropilen
Poliyeten Teraftalat
Poliüretan
Tarayıcı Elektron Mikroskobu
Enerji Dağılımlı X-Işımları Analizi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bir ses dalgasının hareketi	5
Şekil 2.2. Bir parçanın basit harmonik hareketi.....	8
Şekil 2.3. Kontrol hacmi	9
Şekil 2.4. Yüzeyle v açısıyla gelen ses dalgasının yüzeye çarptıktan sonraki davranış.....	14
Şekil 2.5. Ses dalgalarının yüzeye etkileşimi	16
Şekil 2.6. Çeşitli gözenekli materyallerin mikroskop altındaki görüntüleri	18
Şekil 3.1. Duvar kumaşı üretimi işlem akış şeması	53
Şekil 3.2. Çeneli kırıcı	55
Şekil 3.3. Bilyeli öğütücü	55
Şekil 3.4. Bıçak üstte kaplama cihazı	58
Şekil 3.5. Kurutma makinası	58
Şekil 3.6. Hava geçirgenliği ölçüm düzeneği	59
Şekil 3.7. Akustik özelliklerin ölçüm düzeneği	60
Şekil 3.8. Transmisyon sistem	62
Şekil 3.9. Isı iletim katsayısı ölçüm cihazı	62
Şekil 3.10. Isı iletkenliğinin ölçülmesi	63
Şekil 4.1. Ponza taşının kimyasal analizi.....	64
Şekil 4.2. Ponza taşı tozu içermeyen çift katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri	66
Şekil 4.3. Tekstüre PP atkı ipliği kullanılarak elde edilen üst kumaş, kanallı PET elyaftan elde edilen dokusuz yüzey ve 250 μm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri.....	67
Şekil 4.4. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 250 μm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri.....	68
Şekil 4.5. PP tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 μm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri	69
Şekil 4.6. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 μm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri.....	70
Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonlarda ve farklı boyutta ponza taşı tozu içeren adhezyon patı ile birleştirilmiş numunelerin hava geçirgenlik değerleri	71
Şekil 4.8. Ponza taşı tozu içermeyen çift katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	74
Şekil 4.9. Tekstüre PP atkı ipliği kullanılarak elde edilen üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey ve 250 μm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	75
Şekil 4.10. Ponza taşının gözenekli yapısı.....	76

Şekil 4.11. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	77
Şekil 4.12. PP tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri.....	78
Şekil 4.13. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	79
Şekil 4.14. Farklı konsantrasyonlarda ve farklı boyutta ponza taşı tozu içeren adhezyon patı ile birleştirilmiş numunelerin ses absorpsiyon katsayısı değerleri.....	80
Şekil 4.15. Ponza taşı tozu içermeyen çift katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı sonuçları	83
Şekil 4.16. Tekstüre PP atkı ipliği kullanılarak elde edilen üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri	84
Şekil 4.17. Ponza taşının SEM görüntüsü.....	85
Şekil 4.18. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri	85
Şekil 4.19. PP tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri.....	86
Şekil 4.20. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri	87
Şekil 4.21. Farklı konsantrasyonlarda ve farklı boyutta ponza taşı tozu içeren adhezyon patı ile birleştirilmiş numunelerin ısı iletim katsayısı değerleri.....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Standart oktav bant	14
Çizelge 2.2. Çeşitli tekstil materyallerin ses azaltma ve ses absorblama katsayıları	20
Çizelge 3.1. Elde edilen yüzeylerin özellikleri	54
Çizelge 3.2. Patın ve ponza taşı tozunun karışım miktarı	57
Çizelge 4.1. Numunelerin hava geçirgenliği değerleri	65
Çizelge 4.2. Tekstüre PP atkı iplikten dokunmuş üst kumaş ile oluşturulmuş katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayıları	72
Çizelge 4.3. İçi boş PP elyaftan elde edilmiş tekstüre atkı iplikten dokunmuş üst kumaş ile oluşturulmuş katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri	73
Çizelge 4.4. Numunelerin ısı iletim katsayısı değerleri	82

1. GİRİŞ

Çağdaş kent yaşamı kişilere gündelik ve özel hayatlarında sınırlı alanlarda yaşama imkânı sunmaktadır. Bir arada yaşamanın getirdiği olumsuzluklardan biri de ses kirliliğidir. Bu sorun üzerine araştırmalar binaların akustik izolasyonunu geliştirme yönünde ilerlemektedir. Yeni inşa edilen binalarda gelişen bir teknoloji olan akustik izolasyon uygulamaları inşa aşamasında yapıya dahil edilmektedir.

Yaşam alanlarında diğer bir sorun; birçok binanın termal izolasyona sahip olmamasıdır. Artan ısınma maliyetleri yeni inşa edilen binalarda termal izolasyonu gerekli kılmaktadır.

Ses izolasyonunda kullanılan materyaller pasif ve aktif materyaller olmak üzere iki temel grupta toplanır. Aktif materyaller pasif materyallerden farklı olarak ses absorblamak için harici bir enerjiye gereksinim duyarlar. Pasif ses absorblayan materyaller ses enerjisini ısı enerjine dönüştürürler. Pasif ses absorblayan araçlardan biri olan gözenekli materyallerde ses absorblama mekanizması; ses dalgalarının, düzensiz konumlanmış gözenekler ve boşluklu kısımlarda bulunan hava ile temas etmesiyle sürtünmeler meydana gelmesi ve böylelikle ısı enerjisi açığa çıkmasıyla açıklanmaktadır. Diğer bir deyişle; porelastik materyaller ses enerjisini, kayıp ısı enerjisine dönüştürerek absorblarlar.

Günümüzde bir ortamda ısı kayıplarını en aza indirmek için uygulanan yöntemlerin başında faz değiştiren malzemelerin (FDM) mikrokapsül lenerek ortamı çevreleyen materyale aktarımı ve gözenekli materyallerin kullanımı gelmektedir (Güler ve Kut 2011). Gözenekli materyallerin gözenekleri içinde yüksek oranda hava bulunmaktadır ve havanın ısı iletim katsayısı 300 K'de 0,0263 W/m.K olarak düşük bir değerdedir. Gözenekli materyallerin içinde bulunan hava tabakası düşük ısı iletim katsayısı nedeniyle sıcak bölgeden soğuk bölgeye doğru gerçekleşen ısı transferini azaltmaktadır. Tekstil malzemeleri gözenekli yapıya sahip ve ekonomik olmaları nedeniyle, ses ve ısı izolasyonuna yönelik uygulamalarda kullanımı birçok araştırmada konu olmuştur.

Bu çalışmada, binalarda ısı ve ses izolasyonu sağlamaya yönelik duvar kumaşı ¼retimi araştırılmıştır. Duvar kumaşı ¼retimi için uygun malzemeler seçildikten sonra iki katmanlı y¼zeyler oluşturulmuştur. Katmanlı yapıların ısı ve ses izolasyonunu geliştirmek için katmanlı yapılar farklı boyutta ve konsantrasyonda ponza taşı tozu ile takviyelendirilmiştir. Ardından y¼zeylerin duvara adhezyonu sağlamak amacı ile y¼zeyler poliakrilik ester bazlı bir materyal ile kaplanmıştır. Y¼zeylerin hava geçirgenlikleri, ısı ve ses izolasyonu özelliklerine ponza taşı konsantrasyonun ve boyutunun etkisi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ses ve Ses Dalgalarının Özellikleri

Ses; fiziksel olarak bir basınç altında elastik bir ortamdaki parçacıkların yer değiştirmesi olarak tanımlanır (Serway ve Beichner 2008). Titreşim olarak belirtilen bu olayın insan kulağında yarattığı etkiler insanın sesi algılaması olarak tanımlanır. Bir enerji olarak açıklanan ses, ortamın özgül ağırlığına, esnekliğine ve koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Erol 2006).

Ses dalgaları boyuna mekanik dalgalardır. Bu dalgalar; katılar, sıvılar ve gazlar içinde yayılabilirler. Böyle bir dalgayı ileten ortam parçacıkları dalga ile aynı yönde salınım hareketi yapar. 20 Hz ile 20 kHz arasındaki bölgeye işitilebilir aralık adı verilir. Frekansı işitilebilir aralıktaki frekans değerinden küçük olan boyuna mekanik dalgaya infrasonik dalga denir. Eğer bir boyuna dalganın frekansı işitilebilir aralıktaki değerlerden daha büyük ise bu dalgaya ultrasonik dalga denir (Serway ve Beichner 2008).

İşitilebilir dalgalar titreşen cisimlerden kaynaklanır. Titreşen cisimlerin hepsi, çevrelerindeki havayı sıkıştırarak havanın öne doğru ilerlemesine ve daha sonra havayı gevşeterek havanın geriye doğru gelmesine neden olur. Hava, bu etkileri kaynaktan dışarıya doğru bir dalga olarak iletir. Bu dalgalar kulaktan geçtikten sonra ses duygusunu meydana getirir (Serway ve Beichner 2008). Sesin bir noktadan ötekine iletimi için elastik bir ortamın varlığı gereklidir.

Bir titreşimde ses alanının iletildiği ortamın parçacıkları, periyodik (devinsel) hareketler yapar. Bu hareketler basit ya da karmaşık olabilir. Hatta periyodik olmadıkları durumlar da vardır. Parçacıkların periyodik hareket yapmama durumu gürültü olarak adlandırılır.

Titreşimler, kütleli parçacıkların, dalganın yayılma yönündeki yer değiştirmesine göre boyuna ve enine dalgalar olarak karakterize edilir (Erol 2006).

Boyuna Dalgalar: Titreşen parçacık, dalganın yayıldığı doğrultuya paralel olarak hareket ettiği zaman oluşur.

Enine Dalgalar: Parçacık, yayılma doğrultusuna dikey olarak hareket ettiği zaman ortaya çıkan dalgalardır.

Herhangi bir dalganın yayılması, iki farklı hareketi içerir.

- Dalgayı taşıyan ortamın parçacıkları, harmonik biçimde titreşir. Değişik zamanlarda buldukları yerler, harmonik hareketin periyot, genlik ve fazı gibi özelliklerine bağlıdır.
- Dalganın kendisi, homojen bir ortam içinde, sabit hızla ileri doğru gider ve eşit zaman periyotları içinde eşit miktarda ilerler (Erol 2006).

Bir ses dalgasının özelliklerinin belirlenmesinde; dalganın frekansı, periyodu, dalga boyu ve genliği önemli kavramlardır.

Dalga Genliği: Bir dalga tepesi ile dalga çukuru arasındaki uzaklığın yarısı genlik olarak ifade edilir. Diğer bir ifade ile ses basıncının en büyük değerine genlik denir. Harmonik ses dalgalarında ses basıncının yüksekliği ses dalgasının genliği ile tanımlanır (Erol 1998).

Frekans: Ses kaynağı tarafından 1sn süresince üretilen dalga sayısına veya bir noktadan 1 sn süresince geçen dalga sayısına frekans denir. Frekansın birimi SI birim sisteminde Hertz'dir (Ver ve Berenak 2006).

Periyot: Basıncın, birbirini izleyen en büyük iki değeri arasında geçen zamana periyot adı verilir. Periyot ile frekans arasında;

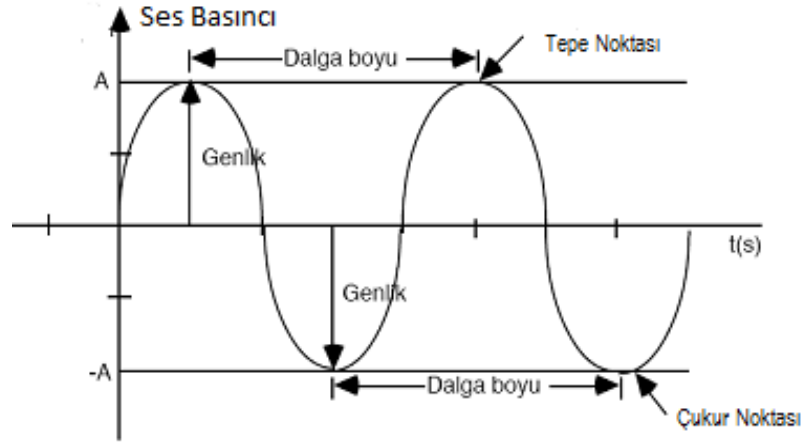
$$f = \frac{1}{T} \quad (2.1)$$

ilişkisi bulunmaktadır. Burada f frekansı T ise periyodu temsil etmektedir. Periyodun birimi saniyedir (Ver ve Berenak 2006).

Dalga Boyu: Bir salınım hareketinde iki tepe arasındaki uzaklık dalga boyu olarak tanımlanır. Dalga boyunun birimi SI sisteminde metredir. Hem titreşim hareketinin özellikleri, hem de ortamın özellikleri ile bağlantılıdır.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.2)$$

Burada λ dalga boyunu, c ses hızını ve f frekansı temsil etmektedir.



Şekil 2.1. Bir ses dalgasının hareketi

2.1.1. Genel dalga denklemi

Ses; basınç, sıcaklık ve yoğunluk değişimlerinden dolayı cisimlerde meydana gelen titreşimler sonucu oluşan dalgalardır. Basit titreşim hareketi harmonik hareket sonucu ortaya çıkmaktadır (Yılmaz 2009). Bu yüzden sesin hareketi genel dalga denklemi ile karakterize edilir.

Ses dalgalarının hareketi fizik kurallarına uymak zorundadır. Gazlar için bu kurallar Newton'nun Hareket Kanunlarını, Gaz Yasasını ve Kütleinin Korunumu Kanunu'nu kapsamaktadır. Bu kanunların birleştirilmesi ile ses dalgalarının genel hareket denklemi ortaya çıkmaktadır (Ver ve Berenak 2006).

Genel dalga denklemi;

$$\nabla^2 p = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad (2.3)$$

eşitliği elde edilir. Eşitlik 2.3'de yer alan p basıncı ve c ise ses hızını göstermektedir. Burada,

$$\nabla^2 p = \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \quad (2.4)$$

eşitliği ile ifade edilir. Tek boyutta genel dalga denklemi,

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad (2.5)$$

olarak elde edilir. Bu denklem $u(x, t) = X(x)T(t)$ şeklinde değişkenlerine ayrılarak çözümlür,

$$\frac{X''(x)}{x} c^2 = \frac{T''(t)}{t} = \omega^2 \quad (2.6)$$

Bu eşitliğin zamana bağlı çözümlü enerjinin korunumu kanunu uyarınca $\omega^2 < 0$ olduğu durumda geçerlidir.

$$T'' + \omega^2 t = 0 \rightarrow T(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad (2.7)$$

Ses dalgası başlangıç konumunda her noktası bir an için hareketsizdir. Bunun anlamı,

$$\frac{\partial p}{\partial t} \Big|_{t=0} = X \left[\frac{dT}{dt} \right]_{t=0} = 0 \rightarrow \frac{dT}{dt} = 0 \quad (2.8)$$

şeklindedir. Bulunan $T(t)$ çözümlünün zamana göre türevi $t=0$ anında sıfıra eşitlenirse,

$$T'(t) = -A \omega \sin \omega t + B \omega \cos \omega t \quad (2.9)$$

$$T'(0) = 0 \rightarrow B = 0 \quad (2.10)$$

olur ve $T(t)$ çözümlü yazılabilir;

$$T(t) = A \cos \omega t \quad (2.11)$$

Konuma bağlı kısımda benzer şekilde çözümlür:

$$X'' + \frac{\omega^2}{c^2} x = 0 \rightarrow X(x) = C \cos \frac{\omega}{c} x + D \sin \frac{\omega}{c} x \quad (2.12)$$

Ses dalgasının başlangıç ve bitiş noktalarındaki değerleri,

$$x = 0 \text{ başlangıç noktasında } p(0, t) = 0 \rightarrow C = 0$$

$$x = L \text{ bitiş noktasında } p(L, t) = 0 \rightarrow \sin \frac{\omega}{c} L = 0$$

Son bağıntıya göre ω 'nın alacağı değerler;

$$\omega \cdot \frac{L}{c} = \pi \text{ ve katları,}$$

olmalıdır. Buradan;

$$\omega_n = \frac{\pi n c}{L} \rightarrow \text{açısal hız [rad/sn]}$$
$$f_n = \frac{k_n}{2\pi} = \frac{n \cdot c}{2L} \rightarrow \text{esas frekans [m}^{-1}\text{]}$$

olarak elde edilir. O halde, $p(x,t)$ için bulunan en genel çözüm;

$$p(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \omega_n x \cdot \cos \omega_n t \quad (2.13)$$

$t = 0$ anında;

$$p(x,0) = f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \omega_n x \quad (2.14)$$

eşitlikleri ile ifade edilir ve bu eşitlik genel dalga denklemdir (Yılmaz 2009, Karaoğlu 2009, Ver ve Berenak 2006). Bu eşitlikte A_n katsayısını bulmak için ortagonellik şartlarından yararlanılır.

$$\int_0^{\pi} F(x) \cdot \sin \frac{\pi n c}{L} x \, dx = A_n \int_0^{\pi} \sin \frac{\pi n c}{L} x \cdot \sin \frac{\pi n c}{L} x \, dx \quad (2.15)$$

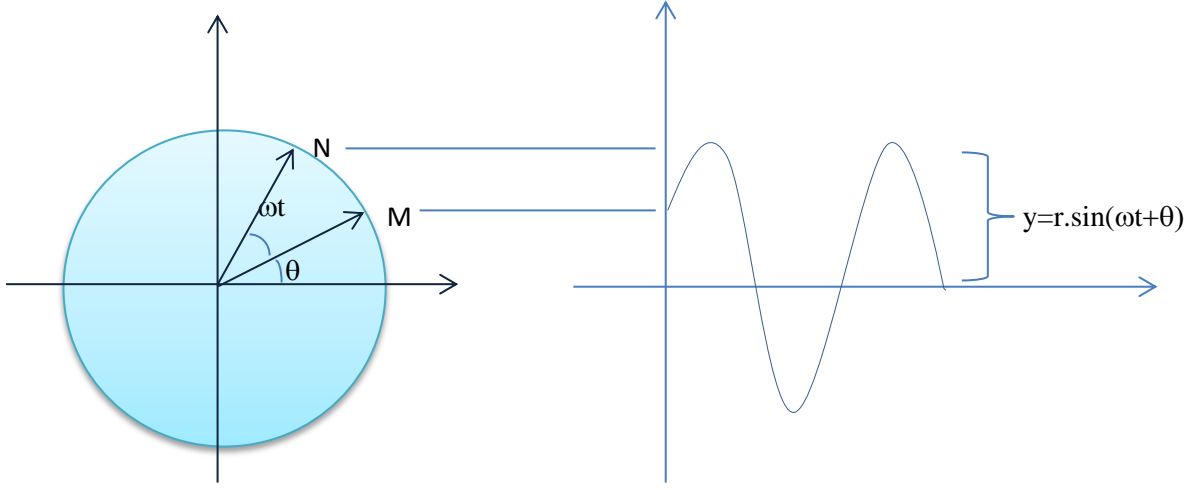
2.15 eşitliğinde eşitliğin sağ tarafı $\pi/2$ 'ye eşittir.

$$A_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(x) \cdot \sin \frac{\pi n c}{L} x \, dx \quad (2.16)$$

olarak elde edilir.

Harmonik Dalga Denklemi: Titreşim hareketi en basit şekilde ani yer değiştirmelerde, zamana göre sinüs ve kosinüs fonksiyonlarından oluşan harmonik hareket olarak

tanımlanır (Yılmaz 2009). Bir eksen etrafında bir parçanın basit harmonik hareketi Şekil 2.2'de yer almaktadır.



Şekil 2.2. Bir parçanın basit harmonik hareketi

Parçanın y ekseninin boyunca yer değiştirmesi;

$$y(t) = r \sin(\omega t + \theta) \quad (2.17)$$

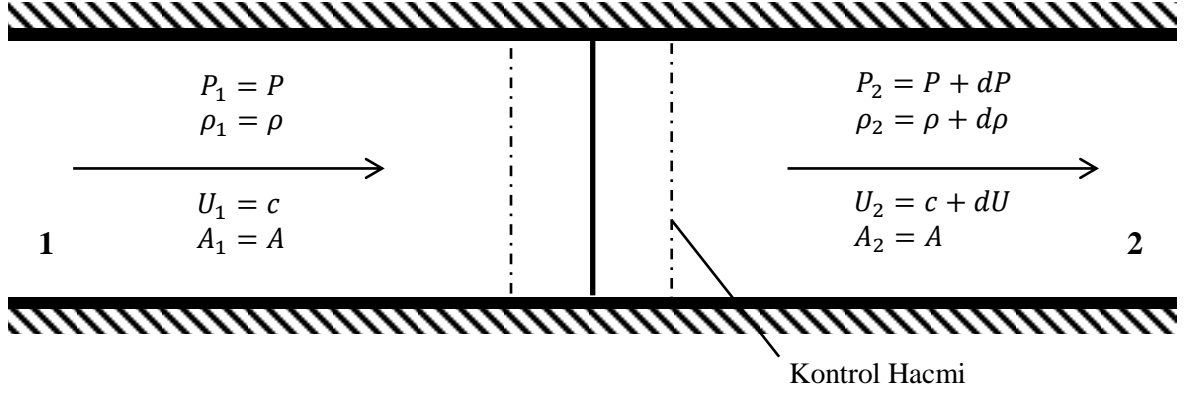
olarak elde edilir. Bu hareketin karmaşık hali;

$$y(t) = r \cdot e^{j(\omega t + \theta)} \quad (2.18)$$

olarak ifade edilir. Burada r; titreşimin genliği, $\omega = 2\pi f$ açısal hız ve φ faz açısını ifade etmektedir. Frekansın birimi s^{-1} , açısal hızın birimi $\text{radyan} \cdot s^{-1}$ 'dir (Ver ve Berenak 2006).

2.1.2. Ses dalgalarının hızı

Ses hızını tespit etmede süreklilik ve lineer momentum denklemlerinden yararlanılabilir. Şekil 2.3'de gösterilen bir kanalda hız, basınç ve yoğunluklardaki ani değişimler süreklilik ve lineer momentum denklemlerinden tanımlanabilir. Şekil 2.3'de gösterilen kontrol hacmi için 1 ve 2 noktaları arasındaki süreklilik denklemi,



Şekil 2.3. Kontrol hacmi

$$\rho U A = (\rho + d\rho)(U + dU)A \rightarrow U d\rho + (\rho + d\rho)dU = 0 \quad (2.19)$$

olarak ifade edilir.

1 ve 2 arasında lineer momentum denklemi;

$$P \cdot A - (P + dP)A = \rho \cdot U \cdot A(U + dU - U) \quad (2.20)$$

burada P basınç, A alan ve U ise akışkanın hızıdır. Bernolli Denklemi;

$$dP + \rho \cdot U dU = 0 \rightarrow dU = -\frac{dP}{\rho \cdot U} \quad (2.21)$$

olarak yazılabilir. Bu iki eşitlikten;

$$U d\rho - (\rho + d\rho) \frac{dP}{\rho U} = 0 \quad (2.22)$$

$$U^2 = \frac{(\rho + d\rho) dP}{\rho} \frac{dP}{d\rho} = \frac{dP}{d\rho} \left(1 + \frac{d\rho}{\rho} \right) \quad (2.23)$$

bulunur. Limit durumunda $d\rho \rightarrow 0$ için ses hızı c elde edilir.

$$c = U = \sqrt{\frac{dP}{d\rho}} \quad (2.24)$$

2.yol: Süreklilik denklemi,

$\dot{m} = \rho \cdot U \cdot A$, sabit debi ve kesit alanında logaritmik türevi;

$$0 = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dU}{U} + 0 \quad (2.25)$$

şeklindedir. Bernolli denklemi;

$$dP + \rho \cdot U dU = 0 \rightarrow dP = -\rho U dU \quad (2.26)$$

$$0 = \frac{d\rho}{\rho} - \frac{dP}{\rho U^2} \rightarrow \frac{dP}{d\rho} = U^2 = c^2 \quad (2.27)$$

şeklinde elde edilir. İdeal gaz için izentropik durumda,

$$P = \rho^\gamma C_1 = \text{sabit} \quad (2.28)$$

burada γ sabit basınç ve sabit hacimde özgül ısılar oranıdır (spesifik ısı oranı) ve denkleminin logaritmik türevi alınırsa,

$$\frac{dP}{P} = \gamma \frac{d\rho}{\rho} \rightarrow \frac{dP}{d\rho} = \gamma \frac{P}{\rho} = \gamma RT \quad (2.29)$$

bağıntısı bulunur. Bu denklem yerine konursa,

$$c = \sqrt{\gamma RT} \quad (2.30)$$

şeklinde sıcaklığa bağlı olarak ses hızı bulunmuş olur (Umur 2009).

2.1.3. Ses basıncı

Harmonik ses dalgalarının basıncı periyot ve genlik ile belirlenmektedir. Ancak çevremizdeki seslerin büyük bir çoğunluğu harmonik değildir. Bu durumda ses dalgası periyodik olabilir veya olmayabilir. Harmonik olmayan ses dalgalarının basıncını ortalama kare değerinin karekökü (rms) verir. Ses basıncının zamanla değişimi $p(t)$ ise, bu ses basıncının T süresindeki rms değeri,

$$p = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt} \quad (2.31)$$

eşitliği ile tanımlanır (Erol 1998).

Ses titreşimlerinin hava basıncı üzerindeki etkisi, ses basıncını oluşturmaktadır. Bir ses kaynağının yakınındaki bir gözlem noktasında, ses dalgalarının geçişinden önce, hava basıncına (p) eşit olan basınç vardır. Ses dalgaları, gözlem noktasından geçerken, yol açtıkları ilave basınç (akustik basınç) aşağıdaki eşitlikle görüldüğü gibidir.

$$p_a = p_0 \sin(2\pi f) t \quad (2.32)$$

Burada p_a akustik basınç (Pa), p_0 basınç genliği sabiti, f frekans ve t zamandır. Akustik basınç hava basıncının üzerine eklenir. Böylelikle gözlem noktasındaki toplam basınç eşitlik 2.33'de gösterildiği gibi bulunur (Erol 2006).

$$p_a = p + p_0 \sin(2\pi f) t \quad (2.33)$$

2.1.4. Desibel

Desibel iki büyüklüğün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla 1 bel oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir ve desibel ile ölçülen büyüklüklere düzey adı verilmektedir (Erol 1998). Referans ses basıncı 1000 Hz'deki işitme eşiği basıncı olan 20 mikro paskaldır.

2.1.5. Ses gücü düzeyi

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne ses gücü (W), bu gücün düzeyine ise ses gücü düzeyi (L_w) adı verilir. Uluslararası referans ses gücü olarak $W_0 = 10^{-12}$ W kullanılır. Buna göre, ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi L_w ,

$$L_w = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \quad (2.34)$$

eşitliğinden hesaplanabilir (Erol 1998).

2.1.6. Ses basıncı düzeyi

Canlıların ses olarak algıladığı, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basınç değişimidir. Ses basıncı düzeyi L_p ;

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad (2.35)$$

olarak tanımlanır. Burada p ses basıncının ortalama kare değerinin karekökü (rms değeri), p_0 ise uluslararası referans basınç olarak kabul edilen 20 mikropaskal ($20 \cdot 10^{-6} Pa$)'dır (Erol 1998).

2.1.7. Ses şiddeti ve ses şiddeti düzeyi

Kaynağın bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleriyle, kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir özelliği de ses şiddetidir. Ses şiddeti ses gücünün, sesin geçtiği ortamın alanına oranıdır.

$$I = \frac{W}{A} \quad (2.36)$$

Burada I ses şiddeti, W ses gücü ve A sesin geçtiği ortamın alanıdır. Ses şiddeti ile ses basıncı arasındaki, düzlemsel dalgalar için verilen ve kaynaktan uzakta olmak koşuluyla diğer dalga tipleri içinde geçerli olan,

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad (2.37)$$

bağıntısı kullanılarak, ölçülen ses basıncının rms değerinden (p) ve sesiniletildiği ortamın yoğunluğu ρ ile bu ortamdaki sesin yayılma hızı c 'den ses şiddeti I hesaplanabilir (Ver ve Beranek 2006). Ses şiddeti düzeyi L_1 ise, daha önceki düzey tanımlarına benzer şekilde,

$$L_1 = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.38)$$

olarak tanımlanır. I_0 referans ses şiddetidir ve 10^{-12} W/m^2 değerindedir (Erol 1998).

2.1.8. Frekans analizi

Bir ses kaynağının çıkardığı sesin frekans dağılımını elde etmek için birçok değişik ölçüm aygıtı kullanılabilir. Temel kural, gelen sinyalleri süzerek istenilen frekanslardaki bileşenlerin büyüklüğünü ölçmektir. Geçmesine izin verilen frekans aralığını değiştirerek her frekans bandındaki bileşenlerin katkısı bulunabilir. Ses ve gürültü analizinde, oktav bantları kullanılarak standartlaştırmaya gidilmiştir (Erol 1998).

2.1.9. Oktav bantları

İnsan kulağı 20 Hz ve 20 kHz arasında frekansa sahip olan seslere karşı duyarlıdır. Kulağın en hassas olduğu frekans ise 3000 Hz'dir. İnsan kulağının duyarlılığı olduğu 19,980 adet frekansın her biri için sesin seviyesini ölçmek zaman kaybına neden olacağı için, akustik ölçüm cihazları genellikle bir frekans aralığındaki akustik enerjiyi ölçer. Bir frekans aralığı üst limit ve alt limit frekanslardan ve bu iki frekans arasında kalan frekanslardan oluşur. Ölçümü gerçekleştirilen frekans aralığı bant genişliği olarak adlandırılır. Ses analizinde incelenen frekans aralığı oktav bandı adı verilen kısımlara bölünür. Bir oktav bandında, bandın üst sınır değeri (f_2), alt sınır değerinin (f_1) iki katıdır ve her bandın merkez frekansı ise alt ve üst sınır değerlerin geometrik ortalamasıdır.

$$f_2 = 2f_1 \quad (2.39)$$

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \quad (2.40)$$

Ölçümlerde yaygın olarak 1/3 oktav bandı da kullanılır. 1/3 oktav bandında ise üst ve alt limit frekansları arasındaki oran;

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt[3]{2} = 1,260 \quad (2.41)$$

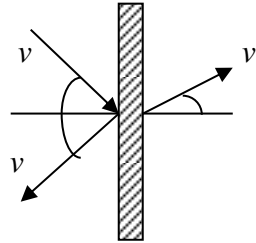
şeklindedir. Merkez frekans ise alt limit ve üst limit frekansın geometrik ortalamasıdır. Standart oktav bandın frekansları Çizelge 2.1’de yer almaktadır (Barron 2003).

Çizelge 2.1. Standart oktav bant

Band No	Frekans (Hz)		
	Alt Limit Frekans	Ortalama Frekans	Üst Limit Frekans
12	11	16	22
15	22	31,5	44
18	44	63	88
21	88	125	177
24	177	250	355
27	355	500	710
30	710	1000	1420
33	1420	2000	2840
36	2840	4000	5680
39	5680	8000	11360
42	11360	16000	2272

2.1.10. Ses dalgalarının yansıması ve kırılması

Eko ses dalgalarının yansıması olarak tanımlanır. Yansıma ve kırılma terimleri optik ile ilgili iki terimdir. Bir ses dalgası normal düzlemde sınır tabakaya bir açı ile çarptığında, ses dalgası sınır tabakadan sınır tabakaya çarptığı açı ile yansır. Üçüncü bir dalga, ses dalgası sınır tabakanın diğer tarafına v' açısıyla geçtiği zaman meydana gelir,



Şekil 2.4. Yüzeğe v açısıyla gelen ses dalgasının yüzeğe çarptıktan sonraki davranış

$$\frac{c}{\sin v} = \frac{c'}{\sin v'}$$

burada c sınır tabakaya çarpan dalganın ses hızını, c' ise sınır tabakadan geçen dalganın ses hızını, ν sınır tabakadan geçen dalganın yüzeye yaptığı açıyı temsil etmektedir (Yılmaz 2009).

2.2.Ses Yalıtımı

Malzemeye gelen ses dalgalarının bir kısmı yansdıktan sonra kalan bir kısmı malzeme içinden geçerken malzeme tarafından absorblanır. Malzemedan geçen sesin şiddeti malzemenin özelliklerine göre değişmektedir. Bir malzemenin ses yalıtım özelliği malzemeye gelen ses şiddeti ve malzemedan çıkarak iletilen ses şiddetine bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır. Burada TL ses yalıtım sayısıdır ve birimi desibeldir.

$$TL = \frac{10 \log (\text{Bölmeye Gelen Sesin Şiddeti})}{\text{Bölmeden İletilen Sesin Şiddeti}} \quad (2.42)$$

Bir malzemenin içinden geçen ses dalgalarının enerji bakımından yalıtım özelliği, malzemenin birim alanının ağırlığı M (alansal ağırlık, kg/m^2) ve sesin frekansı f 'ye bağlı olarak eşitlik 2.43 ile ifade edilir.

$$TL = 20 \log \frac{\pi f M}{\rho_0 c} \quad (2.43)$$

Burada ρ_0 havanın yoğunluğu, c sesin havada yayılma hızıdır.

Ses dalgasının katı ortamlardaki davranışı frekansına ve malzemenin özelliklerine bağlı olarak değişir (Onaran 2006). Ses dalgasının davranışında belirgin farklar olduğu için frekanslar düşük, orta ve yüksek frekanslar olarak üç ayrı frekans bölgesine ayrılmış ve her bölgenin ses geçiş kaybı ayrı ayrı ele alınmıştır. Genel olarak incelendiğinde, düşük frekanslarda malzemenin sertliği etkilidir. Frekans yükselip rezonans bölgesine girdiğinde ise ses geçiş kaybını malzemenin sönümlenme özelliği etkiler. Orta frekans bölgesinde ise ses geçiş kaybı malzemenin kütlesine bağlıdır (Demirkale 2007).

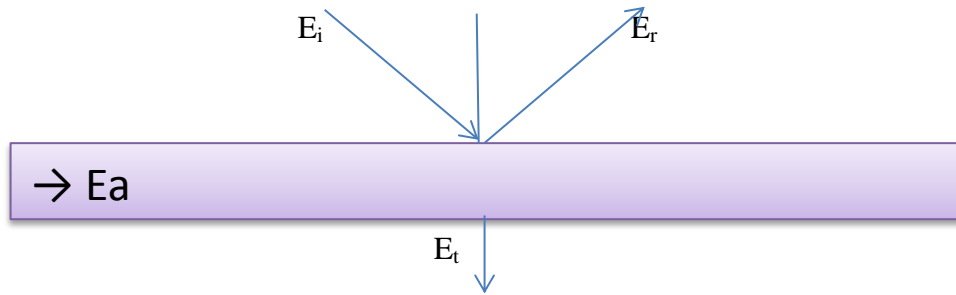
2.3. Ses Absorblama Mekanizması

Ses dalgaları bir yüzeye çarptığı zaman bu dalgaların bir kısmı yüzey tarafından absorblanır, bir kısmı yüzey tarafından yansıtılır ve bir kısmı da yüzeyin diğer kısmına

geçer. Absorblanan (emilen) dalgalar ses absorpsiyon kavramını ortaya çıkartmaktadır. Ses dalgası havada ilerlerken bir cisme çarptığı andaki enerjisi E_i ise bu enerjinin E_r kadarı cismin yüzeyi tarafından yansıtılır, bir kısmı da cisim tarafından emilir veya yutulur. Buna göre cismin yüzeyinin ses absorpsiyon katsayısı;

$$\alpha = \frac{E_i}{E_a} \quad (2.44)$$

olarak elde edilir. Burada; α ses absorpsiyon katsayısını, E_a absorblanan enerjiyi ve E_i yüzeye gelen ses enerji ifade eder.



Şekil 2. 5. Ses dalgalarının yüzeye etkileşimi

Şekil 2.4'den de anlaşılacağı üzere;

$$E_i = E_r + E_a + E_t \quad (2.45)$$

gelen dalga miktarı yukarıdaki eşitlik ile elde edilir ve E_t yüzeyin diğer tarafına geçen sesin şiddetidir (Muehleisen 2005).

Ses absorpsiyon yeteneği frekansa da bağlıdır. Tekstil malzemeleri, sünger gibi yumuşak malzemeler orta ve yüksek frekansları, delikli rijit levhalar düşük ve orta frekansları emer.

2.4. Karakteristik Empedans

Bir ortamda yayılan akustik dalgalar, içinde yayıldıkları ortamın özelliklerine göre hareket ederler. Dalga yayılımını belirleyen ortamın fiziksel özellikleri akustik empedans olarak belirtilir. Salınım hareketi yapan ses dalgası bir ortamda ilerlerken ortamda basınç düşüşüne neden olur. Ortamdaki basınç ses hızı ile bölüldüğünde akustik empedans meydana gelir. Akustik empedans birimi Pa.s/m^3 'dür (Kuttruff 2000).

$$Z_0 = \frac{P}{c} \quad (2.46)$$

Akustik empedans reel ve sanal kısım olmak üzere iki kısımdan oluşur, hızla ve ivme ile orantılı bileşenler içerir. Reel kısım hızla orantılıdır ve basınç düşmesi değeri olarak bilinir. Sanal kısım ivmeyle orantılıdır ve akustik rezistans olarak adlandırılır. Eşitlik 2.47'de gösterildiği üzere, reaktans ve rezistans birlikte empedans olarak tanımlanır (Kuttruff 2000).

$$z = r + i\chi \quad (2.47)$$

Burada z empedansı, r reaktans (basınç düşmesi) ve χ ise yüzeyin rezistansını göstermektedir. Rezistans kısmı χ , düşük frekanslarda havanın sertliğine tekabül eder.

2.5. Ses Absorblayan Materyaller

Ses absorblamak için kullanılan araçlar pasif ve aktif araçlar olmak üzere iki temel grupta toplanır. Aktif araçlar pasif araçlardan farklı olarak ses absorblamak için harici bir enerjiye ihtiyaç duyarlar. Pasif ses absorblayan materyaller genellikle gözenekli materyallerden oluşur. Bu materyaller otomotiv endüstrisinde, oda akustiğinde, endüstriyel gürültü kontrollerinde ve stüdyo akustiğinde yaygın olarak kullanılır. Gözenekli materyaller; lifli, hücreli ve taneli materyaller olarak üç gruba ayrılırlar (Yılmaz 2009).

Hücreli materyaller genellikle poliüretandan, çoklukla da alüminyum gibi metal polimerlerden oluşan köpükleri kapsar. Hücreli materyallerin ses absorpsiyon mekanizmasını etkili bir şekilde gerçekleştirebilmesi için hücreli materyallerdeki gözeneklerin açık olması, gözeneklerin hücreli materyalin bir yüzünden diğer yüzeyine hava geçişine izin veriyor olması gerekmektedir (Yılmaz 2009).

Odun yongası panelleri ve gözenekli betonlar tanecikli absorban materyallere örnektir. Tanecikli materyaller genellikle talaş taneciklerinin, atık köpüklerin ve lastik taneciklerinin binderlerle bir araya getirilmesiyle elde edilir (Yılmaz 2009).

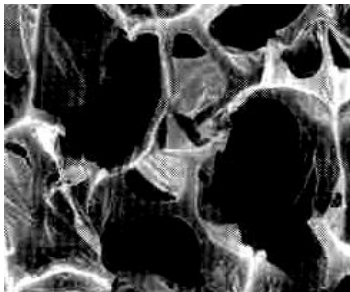
Gözenekli lifli ses absorblayan materyaller çeşitli liflerin bir binder vasıtasıyla veya dokusuz yüzey oluşturma tekniği ile bir araya getirilmesi sonucu elde edilen materyallerdir (Ver ve Beranek 2006).

Gözenekli materyallerde ses dalgaları gözeneklere çarptığı zaman düzensiz konumlanmış gözenekler yüzünden ses dalgaları gözeneklere temas ettiğinde sürtünmeler meydana gelir. Sürtünmeler sonucu ısı enerjisi açığa çıkar. Diğer bir deyişle; düşük frekanslarda gözenekli elastik materyaller ses enerjisini ısı enerjine çevirerek absorblarlar. Bu süreç izotermal bir süreçtir. Genel olarak, gözenekli elastik malzemenin ses absorblama verimi yüksek frekanslar için sınırlıdır (Ver ve Beranek 2006).

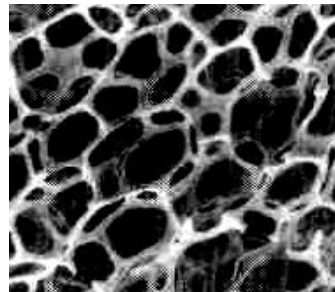
Pasif ses absorblayan araçlar yüksek frekanslar için etkiliyken aktif ses absorblayan materyaller düşük frekanslar için etkilidir (Sagartzazu 2003).

2.6. Gözenekli Materyallerin Ses Absorblama Mekanizması

Gözenekli materyaller iki fazdan oluşur; ilk faz katı fazdır ve iskelet olarak bilinir. İkinci fazı gözeneklerin içinde bulunan hava oluşturur. İskelet kısmı genellikle lifler, plastik köpükler ve seramik oluşturur (Lanoye 2007). Çok sayıda gözenekli materyal bulunmaktadır. Bu materyallere örnek olarak; lifli materyaller örneğin yün, kaya yününden oluşan yüzeyler, köpük, taneli yapılar ve bitkisel binderler verilebilir. Gözenekli materyallerde ses enerjisi gözenek içinde hareket ederken ses dalgaları hava ile sürtünür ve sürtünme sonucu ısı açığa çıkar. Yani gözenekli materyallerde ses enerjisi kayıp ısı şeklinde depolanarak absorblanır.



Ağsı köpük



Kısmen Ağsı Köpük

Şekil 2.6. Çeşitli gözenekli materyallerin mikroskop altındaki görüntüleri

Gözenekli materyalleri karakterize etmek için, gözenekli elastik malzemenin her bir kısmın parametreleri bilinmelidir. Bu kısımlar; hava tabakası ve iskelet kısmıdır.

2.6.1. Hava tabakasının özellikleri

Ses absorblayan materyalin karakteristiğinin doğru saptanması için bilinmesi gereken parametreler;

a. Havanın yoğunluğu

Havanın yoğunluğu ρ_0 ; birim hacim başına kütle olarak tanımlanır ve birimi kg/m^3 'dür.

b. Spesifik ısı oranı

γ spesifik ısı oranı; sabit hacimdeki özgül ısı (C_v) ile sabit basınçtaki özgül ısının (C_p) oranına eşittir.

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad (2.48)$$

Özgül ısı birim kütle başına sıcaklığı 1°C yükseltmek için gerekli olan enerjiyi ifade eder ve uluslararası sistemlerde birimi J/kg.K 'dir.

Mükemmel gazlar için özgül ısı bağıntısı;

$$C_p = C_v + R \quad (2.49)$$

R; universal gaz sabitidir ve hava için 287 J/kg.K 'dir.

Gazın hava olması halinde; γ değeri 1,4 için hava ideal iki atomlu gaz olarak düşünülür.

c. Sesin hava içindeki hızı

Sesin hava içinde yayılması esnasında sahip olduğu hız;

$$c_0^2 = \gamma RT_K \quad (2.50)$$

eşitliğinden elde edilir. Burada T_K Kelvin cinsinden sıcaklıktır.

Bu formülde hesaba katılması gereken nokta mükemmel gazların özelliklerinin sıcaklıktan fazlaca etkilendiğidir. 0°C sıcaklıkta ses hızı;

$$c_0 = (1,402 \cdot 287 \cdot 273,15)^{1/2} = 331,5 \text{ m/s}$$

olarak elde edilir.

2.6.2. İskelet kısmının özellikleri

Gözenekli materyallerin ses absorblama özelliklerinin analizinde materyalin özellikleri önemlidir. Materyalin hammaddesi, kalınlığı, gözenekliliği, yüzey pürüzlülüğü ve gramajı ses absorblama miktarını değiştirir. Materyali oluşturan moleküller, moleküllerin birbirlerine göre konumu, polimerin zincir yapısı materyalin ses absorpsiyon katsayısı üzerinde önemli parametrelerdir (Asdrubali 2011). Bazı tekstil materyallerin ses absorblama katsayıları, Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Çeşitli tekstil materyallerin ses azaltma ve ses absorblama katsayıları

	Kalınlık(mm)	Yoğunluk(kg/m ³)	Ses Absorblama Katsayısı (α)		
			250Hz	500Hz	1000Hz
Cam yünü	50	50	0.45	0.65	0.75
Kaya yünü	50	80	0.29	0.52	0.83
Polistren	50	28	0.22	0.42	0.78
Poliüretan	50	30	0.30	0.68	0.89
Polietilen	50	32	0.25	1.00	1.40
Poliester	45	20	0.56	0.85	0.98
Kenevir	40	40	0.59	0.60	0.56
Kenaf	50	50	0.48	0.74	0.91
Mineral yün lifi	50	470	0.25	0.65	0.60
Keten	35	43	0.66	0.84	0.79
Hindistan cevizi lifi	35	70	0.28	0.40	0.64
Koyun yünü	60	25	0.24	0.38	0.62
Selüloz	50	28	0.60	0.90	0.75
Lastik taneleri	5	1400	0.20	0.82	0.50

Gözenekli materyallerden lifli yüzeylerin ses absorblama uygulamalarında kullanımı günümüzde giderek önem kazanmaya başlamıştır. Çeşitli liflerden elde edilen dokusuz yüzeyler ses izolasyonun istendiği otomotiv sektöründe ve inşaat sektöründe yaygın şekilde kullanılmaktadır. Lifli materyallerin kullanıldığı ses izolasyonu uygulamalarında kullanılan liflerin özelliği ve yüzey oluşturma tekniği önemli

parametrelerdir. Elde edilen yapıdaki hava boşluğu miktarı artışı yüzeyin ses absorpsiyon katsayısını artırmaktadır. Dokuma ve örme kumaşların ses absorpsiyon uygulamalarında kullanımında içi boş liflerden üretilen ipliklerin ve tekstüre ipliklerin kullanımı performansı artırıcı yönde etki gösterir. Ayrıca lif inceliğinin artışı örneğin nano veya mikro boyutta lif kullanımı iplikteki hava boşluğunun ve yüzey alanının artışına neden olacağı için ses absorpsiyon miktarı artırmaktadır.

Gözenekli materyallerde iskelet kısmın gözenekliliği, hava geçirgenlik direnci, iletkenliği ve karakteristik uzunluğu materyalin akustik özelliklerini etkileyen faktörlerdir.

a. Gözeneklilik

Materyalin gözenekliliği materyalin toplam hacminin materyalde bulunan toplam por hacmine oranı olarak tanımlanır.

$$h = \frac{V_p}{V} \quad (2.51)$$

Burada h materyalin gözenekliliği, V_p materyalin toplam hacmi ve V materyalin içerdiği toplam por hacmidir. Gözeneklilik köpükler için yaklaşık olarak 0.09 değerindedir (Lanoye 2007). Materyal içindeki gözenek miktarının artışı demek materyal içindeki hava miktarının artması anlamına gelmektedir. Materyal içindeki hava miktarı arttıkça materyale gelen sesin hava ile etkileşim miktarı artar ve ses dalgası ile hava arasındaki sürtünme miktarı artar sonuç olarak ısı enerjine dönüşen ses enerji miktarı artar.

b. Hava Geçirgenlik Direnci

Materyalin hava geçirgenliği direnci Darcy Kanuna göre havanın akış hızına ve basınç değişimine bağlıdır. Darcy Kanuna göre bir akışkanın bir materyal içinden geçerken sahip olduğu hız;

$$u = -\frac{K_0}{\eta} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \quad (2.52)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada $\partial p/\partial x$ akışkanın basınç gradyeni, η viskozite ve K_0 viskoz geçirgenliktir. Hava geçirgenliği direnci ise;

$$\sigma = \frac{\eta}{K_0} \quad (2.53)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Materyallerin hava geçirgenliği direnci ölçümü de materyal içinden geçen havanın basınç değişimi ölçümü esasına dayanır. Hava geçirgenliği direnci kavramı 2.54 eşitliği ile tanımlanır;

$$\sigma = \frac{\Delta p A}{Q l} \quad (2.54)$$

burada Δp [Pa] materyal içinden Q [m^3/s] hacminde hava geçerken havada meydana gelen basınç değişimidir. A [m^2] materyalin yüzey alanıdır ve l [m] numunenin kalınlığıdır. Genellikle absorban materyallerin hava geçirgenliği direnci 10^3 - 10^5 Ns/m^4 arasında değişir (Lanoye 2007).

c. İletkenlik

Materyalin iletkenliği ölçümünde materyale iletken bir sıvı emdirilir. Ardından voltaj ölçer ile yüzeyin voltajı ölçülür (Lanoye 2007).

d. Karakteristik Uzunluk

Materyalin karakteristik uzunluğu karakteristik viskoz uzunluk ve karakteristik termal uzunluk olmak üzere iki kategoride sınıflandırılır. Karakteristik viskoz uzunluk akışkanla materyalin iskelet kısmı arasındaki viskoz etkileşimlerdir. Karakteristik viskoz uzunluk;

$$\Lambda = \frac{2 \cdot \int_v^0 v(r)^2 dv}{\int_A^0 v(r_w)^2 dA} \quad (2.55)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte $v(r)$ por içindeki non-viskoz akışkanın mikroskobik hızıdır. $v(r_w)$ por duvarındaki aynı non-viskoz akışkanın hızıdır. Materyal ve akışkan yani ses dalgaları arasında vizkos etkileşim miktarı artışı materyalin ses absorblama kapasitesini artırır.

Karakteristik termal uzunluk ise akışkan ve iskelet arasında yüksek frekanslardaki sıcaklık değişimidir. Karakteristik termal uzunluk;

$$\Lambda' = \frac{2 \cdot \int_v^0 dv}{\int_A^0 dA} = \frac{2 \cdot v}{A} \quad (2.56)$$

formülü ile hesaplanır. Burada A yüzey alanıdır (Lanoye 2007). Akışkan ile iskelet arasındaki sıcaklık değişimi miktarı artışı sürtünme sonucu ısı enerjine dönüşen ses enerjisi miktarının artması anlamına gelmektedir.

2.7.Gözenekli Materyallerin Ses Absorbsiyon Katsayısının ve Empedansının Hesaplanmasında Geliştirilen Yöntemler

2.7.1.Delany-Bazley Model

Bu modelde gözenekli materyal içinde hareket eden ses dalgalarının karakteristik empedansı (Z_c) ve dalga sayısı (k) temel olarak açılal frekansa (ω) ve materyali hava geçirgenlik direncine (σ) bağlıdır.

$$Z_c = \rho_0 \cdot c_0 (1 + 0,0571 \cdot X^{-0,754} - j \cdot 0,087 \cdot X^{-0,732}) \quad (2.57)$$

$$k = \frac{W}{c_0} (1 + 0,0978 \cdot X^{-0,700} - j \cdot 0,189 \cdot X^{-0,595}) \quad (2.58)$$

$$X = \frac{\rho_0 f}{\sigma} \quad (2.59)$$

burada; ρ_0 yoğunluk(havanın), c_0 ses hızı, σ materyalin hava geçirgenlik direnci, f frekans, j hayali ünitedir ve köklerinden biri -1'dir. Bu hesaplamalar $0,1 > X > 0,01$ olduğu durumlarda kullanılır (Cuiyun 2012).

2.7.2.Biot- Allard Model

Efektif yoğunluğu ρ_{eff} ve hacim modülü K_{eff} olan bir eşdeğer sıvı tabakası tek katmandan oluşan gözenekli materyal içinde yer almaktadır. Efektif yoğunluk ρ_{eff} ve hacim modülü K_{eff} ;

$$\rho_{eff} = \alpha_{\infty} \rho_0 \left(1 + \frac{\sigma \phi}{i \omega \rho_0 \alpha_{\infty}} \right) G_c(s) \quad (2.60)$$

$$K_{eff} = \frac{\gamma P_0}{(\gamma - (\gamma - 1) F B^2 \omega)} \quad (2.61)$$

olarak elde edilir. Burada $G_c(s)$;

$$G_c(s) = - \left(s \frac{\sqrt{-i}}{4} \cdot \frac{J_1(s\sqrt{-i})}{J_0(s\sqrt{-i})} \right) / \left(1 - \frac{2 J_1(s\sqrt{-i})}{J_1(s\sqrt{-i}) \cdot s\sqrt{-i}} \right) \quad (2.62)$$

$$F(B^2 \omega) = 1 + \frac{\sigma h}{i \omega B^2 \rho_0 \alpha_{\infty}} \cdot \frac{1}{G_c B_s} \quad (2.63)$$

olarak elde edilir ve;

$$s = e \sqrt{\frac{8 \omega \rho_0 \alpha_{\infty}}{h \phi}} \quad (2.64)$$

Bu denklemlerde α_{∞} kıvrım (sinuosity) faktörü, ρ_0 havanın statik yoğunluğu, σ statik akım direnci, h gözeneklilik (hava geçirgenliği), ω dalganın açısal frekansı, e şekil faktörü, B^2 (kinematik viskozite/ısı yayınma kat sayısı) Prandtl sayısı, γ havanın spesifik ısı oranı (C_p/C_v), J_0 ve J_1 sıfırncı ve birinci Bessel fonksiyonu, $i^2 = -1$ ve P_0 havanın statik basıncıdır. 18 °C sıcaklıktaki hava için $P_0 = 1.0132 \times 10^5$ Pa, $\rho_0 = 1.213$ kg m^{-3} , $\gamma = 1.4$ ve $B^2 = 0.71$ 'dir.

Bu yüzeyin karakteristik empedans Z_c , karmaşık dalga sayısı k , yüzeyin akustik empedansı Z_f , ve ses absorpsiyon katsayısı α ;

$$Z_c = \sqrt{\rho_{eff} \cdot K_{eff}} \quad (2.65)$$

$$k = \omega \cdot \sqrt{\frac{\rho_{eff}}{K_{eff}}} \quad (2.66)$$

$$A_0 = 1 - \left[\frac{Z_f - Z_0}{Z_f + Z_0} \right]^2 \quad (2.67)$$

2.65, 2.66 ve 2.67 eşitliklerinden hesaplanır. Burada Z_0 havanın karakteristik empedansıdır.

2.7.3.Voronina Model

Voronina Modeli gözenekli materyallerin akustik davranışlarını tahmin etmek için geliştirilmiş bir matematiksel modeldir. Bu modelin geliştirilmesinde üç farklı gözenekli materyal; farklı gözenek yarıçapı ve gözeneklilik oranında üretilmiştir. Geliştirilen modelde gözenekli malzemelerin akustik özellikleri üzerinde malzemenin yapısal özellikleri etkilidir.

Bir kanalda enerji kayıplarının tahmininde iki boyutuz fiziksel parametre z ve y ;

$$z = \sqrt{\frac{D\rho_0c_0}{\mu}} \quad (2.68)$$

$$y = \sqrt{kD} \quad (2.69)$$

eşitliği ile elde edilir. Burada $\mu = 1.85 \times 10^{-5}$ (Pas) havanın dinamik viskozitesi, ρ_0 (kg/m³) havanın yoğunluğu, c_0 (ms⁻¹) sesin havadaki hızı, $k = 2\pi f/c_0$ (m⁻¹) dalga sayısı, D gözenek çapı ve f (Hz) ise frekanstır. z ve y materyalin boşluklarında sesin yayılımını tanımlayan parametrelerdir.

Gözeneklilik (h), fiziksel bir parametredir ve materyalin hacimsel yoğunluğu ile matriks yapının yoğunluğu bulunarak rahatlıkla hesaplanabilir.

$$h = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_f} \quad (2.70)$$

burada ρ_m (kg/m³) hacimsel yoğunluk iken ρ_f (kg/m³) matriks yapının yoğunluğudur.

Gözenekli materyallerin yapısal karakteristiği Q_k ;

$$Q_k = \frac{14,1(1-h)}{hzy} = \frac{1-h}{hD} \sqrt{\frac{200\mu}{k\rho_0c_0}} \quad (2.71)$$

eşitliği ile elde edilir. Lifli materyallerin yapısal karakteristiği ise;

$$Q_f = \frac{1-h}{hd} (1+q_0) \sqrt{\frac{8\mu}{k\rho_0 c_0}} \quad (2.72)$$

burada $d(m)$ lif çapı; $q_0 = (1+2 \times 10^{-4}(1-h)^2)^{-1}$ şeklinde hesaplanan karakteristik faktördür. Karakteristik empedansın reel kısmı;

$$W = 1 + Q_k \quad (2.73)$$

şeklinde hesaplanır.

Karakteristik empedansın sanal kısmı $1 > Q_k$ ise $W_i = Q_k/2$ ve $\alpha = kQ_k$ şeklinde hesaplanır. $Q_k > 1$ ise karakteristik empedansın sanal kısmı;

$$W_i = \frac{Q_k}{2+b} \quad (2.74)$$

$$\alpha = \frac{kQ_k}{2+b} \quad (2.75)$$

burada α ses absorpsiyon katsayısıdır. b ise ses yayılım sabitinin reel kısmıdır ve;

$b = Q_k/(1 + \sqrt{Q_k})^2$ şeklinde hesaplanır. b yukarıdaki eşitliklerde yerine yazılarak eşitlikler düzenlenirse;

$$W_i = \frac{Q_k}{2 + Q_k/(1 + \sqrt{Q_k})} \quad (2.76)$$

$$\alpha = \frac{2kQ_k}{2 + Q_k/(1 + \sqrt{Q_k})^2} \quad (2.77)$$

eşitlikleri elde edilir. Yayılım katsayısının sanal kısmının sabiti β olmak üzere;

$$\frac{\beta}{k} - 1 = Q_k \quad (2.78)$$

şeklinde hesaplanır. Empedans ve yayılım sabiti;

$$W = W_a - iW_i \quad (2.79)$$

$$a = \alpha + i\beta(1 + m) \quad (2.80)$$

şeklinde hesaplanır. Burada m boyutsuz bir parametredir ve $10^3\rho_0/\rho_f$ şeklinde hesaplanır. Diğer boyutsuz değişken x ise;

$$x = \frac{120 m}{z(1 + Q_k)} \quad (2.81)$$

şeklinde hesaplanır.

B' de x' in fonksiyonu olan bir katsayı olmak üzere;

$$B = (60x^2 - 120x + 61.5)^{-1} \quad (2.82)$$

$x > 1.5$ ve $0.5 > x$ için B sabiti 0 olmaktadır. $0.5 < x < 1.5$ B katsayısı maksimum değerini almaktadır.

Lifli materyaller için empedans;

$$W = 1 + Q_f - iQ_f F \quad (2.83)$$

Burada Q_f lifli materyalin yapısal karakteristiğidir. Yayınım katsayısı;

$$a = k Q_f \frac{1 + F(1 + Q_f)(1 + B_f)}{1 + Q_f} + ik(1 + Q_f(1 + B_f)) \quad (2.84)$$

Lifli materyaller için F ve B_f ;

$$F = -0.2x_1^2 + 0.7x_1 + 0.25\sqrt{x_1}(1 + 2x_1^2)^{-2} \quad (2.85)$$

$$1 < x_1 < 4 \text{ için } F = \sqrt{x_1}/(1 + \sqrt[4]{x_1})$$

$$x_1 > 4 \text{ için } F = \sqrt[4]{x_1}(2 + \sqrt[4]{x_1})$$

$$B_f = \sqrt{q_0}(10z_1x_0^2 - 12.6z_1x_0 + 4z_1) \frac{4(1 + q_0)}{1 + y_1Q_f^2} \quad (2.86)$$

2.95 ve 2.96 eşitlikleri ile hesaplanır. Burada;

$$x_1 = \frac{y_1 z_1}{1 + q_0(1 + Q_f)^2 y_1} = \sqrt{kd} x 10^2 \quad (2.87)$$

$$x_0 = y_1 \left(1 + \frac{\sqrt{q_0} y_1 Q_f}{y_1 Q_f + z_1^2 \times 10^{-2}} z_1 \right) = \sqrt{\frac{\rho_0 c_0 d}{\mu}} \quad (2.88)$$

eşitlikleri ile hesaplanır (Voronina 1997).

2.8. Gözenekli Materyallerin Kullanıldığı Çeşitli Çalışmalar

Gözenekli materyalleri kullanarak ses absorblayan malzeme elde etmeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Pek çok çalışmada ses absorblayan gözenekli materyal olarak doğal lifler, kimyasal lifler, çeşitli polimer ve doğal ürünler kullanmıştır.

Lastik çok iyi sönümleme özelliğe sahip materyal olarak bilinir çünkü matriks yapı içindeki polimer zincirleri ses dalgalarının ısı enerjisine dönüştürebilmek için uygun yapıdadır. Pratikte lastik içeren kompozitler uçak kabinlerinde, otomotiv döşemeliği için zamb hazırlamada, akustik sönümleme materyallerinde ve denizaltılarında kullanılır (Sukontasukkul 2009).

Ersoy ve Küçük çay yaprağının akustik özelliklerini araştırmışlardır. Ağırlıkları 0,67 g, 1,34 g ve 2,18 g olan, 10, 20, 30 mm kalınlıktaki 25,358 kg/m³, 25,35 kg/m³ ve 27,5 kg/m³ gramajındaki çay yaprağı lifi için ölçüm yapmışlardır. 10 mm kalınlığındaki çay yaprağı lifi örneğinin 4000-6300 Hz frekans aralığında ses absorpsiyon katsayısı 0,26 olarak ölçülmüştür. 20 mm kalınlığındaki örneğin 6300 Hz frekansta ses absorpsiyon katsayısı 0,6; 30 mm kalınlığındaki örneğin 5600 Hz'de ses absorpsiyon katsayısını 0,7 olarak saptanmıştır. Sonuçlar çay yaprağından elde edilen lifin ses izolasyonunda kullanılabileceğini ve kalınlık artışıyla ses absorpsiyon özelliklerinin geliştiğini göstermektedir (Ersoy ve Küçük 2009).

Jiang ve arkadaşları polietilen (PE) ve yedi kanallı poliester (PET) elyaf kullanarak kompozit elde etmişlerdir. Lif takviyeli kompozitin ses absorpsiyon özellikleri empedans tüpü ölçüm yöntemi ile kompozitin morfolojisi tarayıcı elektron mikroskopu ile ve kompozitin mekanik özellikleri mukavemet ölçer ile test edilmiştir. Sonuçlar PE'

e kanallı PET elyafın karıştırılmasıyla ses absorpsiyon özelliklerinin arttığını göstermektedir. Kalınlığı 3 mm olan kompozitin 2500 Hz'de ses absorpsiyon katsayısı 0,695 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara bakılarak PE ve kanallı PET elyaf takviyeli kompozitin potansiyel mühendislik uygulamalarında iyi bir ses absorblayıcı olarak kullanılacağı söylenebilir (Jiang ve ark.2012).

Yang ve arkadaşları PP ve PET kullanarak kompozit elde etmişlerdir. Elde edilen kompozitin metal liflerle takviyelendirilmesi sonucunda kompozitin ses absorpsiyon katsayısının arttığı görülmüştür. Kompozitin 500-2000 Hz arasındaki ses frekanslarında ses absorpsiyon katsayısı 0,15-0,95 olarak saptanmıştır (Yang ve ark.2001).

Sanz ve arkadaşları lastik artıklarından 20-30 µm çapında lifler elde etmişler ve bu lifleri zeminde yer alan lastiği takviyelendirmek için kullanılmışlardır. Ayrıca bazı numunelerde reçine de kullanılarak lastik liflerin birbirine bağlanması amaçlanmış ve reçinenin ses absorblama üzerine etkisi araştırılmıştır. Reçine kullanımı ile gözeneklilik azalmış, hava direnci artmış ve titreşim azalmış sonuç olarak ses absorpsiyon katsayısı azalmıştır. Basınç ve kalınlık artışı ile ses absorpsiyon katsayısında azalma görülmüştür. Kalınlığı 2,28 cm, yoğunluğu 441 kg.m⁻³, gözenekliliği 0,0630 ve hava direnci 14543 Pa.s.m⁻² olan örneğin 2000 Hz'de ses absorpsiyon katsayısı 0,99 olarak ölçülmüştür. Karakteristik empedansın elde edilmesinde kullanılan çeşitli hesaplamalar;

a. İletkenlik: Elektrostatik analogi kullanılarak ölçülür. Örneğe iletken bir sıvı (%10 CuSO₄) emdirilir ve örneğin voltaj cinsinden elektrik direnci ölçülür.

b. Hava Direnci: Kompozitin hava direnci;

$$\sigma = 6.8. \eta. \frac{(1 - \varepsilon)^{1.296}}{d^2 h^3} \text{ (Pa. s. m}^{-2}\text{)} \quad (2.89)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada η havanın viskozitesi; 1.84×10^{-5} , d gözenek yarıçapı, h gözeneklilik ve σ hava direncidir.

c. Gözeneklilik: Gözeneklilik ölçümünde bütün numuneler 70° C'de kurutulur ve su dolu kabin içine konulmadan önce ağırlığı ölçülür. Numuneler 24 saat sonra vakumlu kaptan alınıp tekrar tartılır. V_w numunenin suyla temasından sonraki hacmi, V_s ilk hacmi olmak üzere, gözeneklilik;

$$V_w = \frac{m_w - m_{kuru}}{\rho_w} \quad (2.90)$$

$$h = V_w - V_s \quad (2.91)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

d. Ses Absorbsiyon Katsayısı

$$\alpha = 4 \cdot \rho_0 \cdot c_0 \cdot \frac{R_p + R_1}{(\rho_0 \cdot c_0 + R_p + R_1)^2 + (\omega M_p + M_1)^2} \quad (2.92)$$

$$\alpha = 4 \cdot \frac{r_p + r_1}{(1 + r_p + r_1)^2 + (\omega m_p + m_1)^2} \quad (2.93)$$

$$r_p = (32 \cdot \eta \cdot t) \cdot \frac{\sqrt{1 + k^2/32}}{\varepsilon \cdot \rho_0 \cdot c_0 \cdot d^2} \quad (2.94)$$

$$\omega \cdot m_p = \omega \cdot \frac{t}{\sigma \cdot c_0} \cdot (1 + (9 + \frac{k^2}{2})^{-1/2}) \quad (2.95)$$

$$\zeta = d \sqrt{\frac{\omega \rho_0}{4\eta}} \quad (2.96)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Burada; $\rho_0 c_0$ havanın karakteristik empedansı, ζ delikli tabaka sabiti, $\rho_0 = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $c_0 = 340 \text{ m/s}$, $\eta = 1,85 \times 10^{-5} \text{ kg.m/s}$, R_p , R_1 , M_p ve M_1 delikli tabakanın ve lifli tabakanın hava direnci, d gözenek yarıçapı (mm), f ses frekansı, ω açısal frekansı ifade etmektedir (Sanz 2012).

Fatima ve Mohanty biyobozunabilen ve tekrar kullanılabilen doğal jüt lifinin akustik ve güç tutuşurluk özelliğini araştırmış ve bu liften elde edilen kompozit malzemelerin ses azaltma uygulamalarında kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Çalışma sonunda düşük yoğunluktaki jüt lifinin ses absorblama özelliği yüksek yoğunluktaki jüt lifinden daha iyi olduğu ve doğal kauçuk/jüt kompozitinin ses absorblama özelliğinin jüt lifinden daha iyi olduğu saptanmıştır (Fatima ve Mohanty 2011).

Jiejun ve arkadaşları yaptığı çalışmada Al/SiC'den kompozit elde etmişlerdir. Elde edilen bu kompozitin ses absorpsiyon özelliğini araştırmışlardır. Kompozite SiC ilavesi ile kompozitin ses absorpsiyon katsayısının arttığı görülmüştür (Jiejun 2003).

Liang ve arkadaşları elektrospining yöntemi ile ürettikleri multi fonksiyonel süper hidrofobik polimetilsiloksan yüzeylerin sıvı direncini, termal stabilitesini ve ses absorpsiyon özelliğini incelemişlerdir. Elde edilen yüzeyin akustik özelliklerini geliştirmek için elektrospining yöntemi kullanılarak yüzey süngerle kaplanmıştır. Sonuçlar polimetilsiloksan üzerine sünger kaplamasıyla elde edilen yapının ses absorpsiyon özelliklerinin süngerden daha iyi olduğunu göstermektedir. Frekansı 3000-5000 Hz arasında değişen ses dalgalarına maruz kalan örneğin ses absorpsiyon katsayısının 0,7-0,8 arasında olduğu saptanmıştır (Xiang 2011).

Yang ve arkadaşları pirinç samanı ve odun parçacıklarını formaldehit-üre binder kullanılarak kompozit hale getirilmişlerdir. Ardından kompozitin fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri ve akustik özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen kompozitin ses absorpsiyon katsayısı 500-8000 Hz frekansa sahip ses dalgalarında 0,4-0,6 arasında değişmektedir (Yang 2003).

Zhao ve arkadaşları odun parçacıkları/kullanılmış kauçuk lastikten elde edilen kompozit panelin ses yalıtımını araştırmışlardır. Dört mikrofon yöntemi kullanılarak üre-formaldehit ve polimerik metilen difenil isosiyattan oluşan kompozitin, suntanın ve döşeme tahtasının ses iletim kayıplarını araştırılmışlardır. Test sonuçları üre-formaldehitten oluşan kompozitin ses yalıtım özelliğinin döşeme tahtasından ve suntadan daha iyi olduğunu göstermektedir. Üre formaldehit içeren kompozitin lastik ilavesiyle absorpsiyon özellikleri artmıştır. Ses absorpsiyon miktarının artışı mikro yapıda gözenekliliğin artışından kaynaklanmaktadır (Zhao 2010).

Huda ve Yang mısır koçanı-PP ve jut-PP karışımından elde ettikleri kompozitin mekanik özelliklerini ve ses absorpsiyon özelliğini araştırmışlardır. Kompozit içindeki mısır koçanı konsantrasyonun, kompozitin ses izolasyonu ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Mısır koçanı 3,2±1,1 mm boyutuna getirilerek 5,8 g/m², 11,9 g/m² ve 23,7 g/m² gramajına sahip üç farklı PP tülbent yüzeylerle kompozit yapı

oluşturulmuştur. Sonuçlar mısır koçanı-PP kompozitinin jüt-PP kompozitinden daha iyi ses absorblama kapasitesine sahip olduğunu ayrıca gramaj, kalınlık ve mısır koçanı konsantrasyonunun artışıyla ses absorblama özelliklerinin arttığını göstermektedir (Huda ve Yang 2009).

Markiewicz ve arkadaşları PP-lignoselülozdan oluşan kompozitin akustik ve dielektrik özelliklerinin geliştirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada kullanılan kompozit; PP ve kenevir, keten, kayın ağacı, çam, kolza tohumundan elde edilen lignoselüloz ile elde edilmiştir. Sonuçlar lignoselülozun ses absorblama özelliğinin iyi olması nedeniyle otomotiv ve inşaat sektöründe kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir (Markiewicz ve ark. 2012).

Huda ve Yang tavuk tüyü/PP ve jüt/PP'den elde ettikleri kompozitin mekanik ve akustik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Ses absorpsiyonunu geliştirmekle birlikte hafif bir kompozit elde etmek amacı ile kompozit numuneler mikro gözeneğe sahip olacak şekilde üretilmiştir. Tavuk tüyü jüt ile kıyaslandığında PP ile kompozit oluşturmada daha uyumludur, daha düşük elastisite modülüne, düşük çekme mukavemetine ve benzer eğilme gerilmesine sahiptir. Tavuk tüyü/PP kompozitin ses azaltma katsayısı jüt/PP ile kıyaslandığında % 71 daha fazladır (Huda ve Yang 2008).

Thilagavathi ve arkadaşları ses absorblama uygulamalarında yaygın kullanılan cam yünü, köpük ve diğer sentetik liflerin aksine bambu, muz ve jüt gibi doğal lifleri hem biyolojik olarak bozulabildikleri için hem de sürdürülebilir oldukları için kullanımlarını araştırmışlardır. Üç çeşit doğal lif ve kesikli PP lifinden elde edilen karışım tarama yolu ile dokusuz yüzey haline getirilmiştir. Kullanılan doğal lifler muz, jüt ve bambudur ve bu doğal lifler PP ile %50-50 oranında karıştırılmıştır. Elde edilen yüzeyin ses absorblama katsayısı empedans tüp metodu ile ölçülmüştür. Bütün numunelerin yoğunluğu, kalınlığı, sertliği, çekme gerilmesi, uzaması, yapısal özellikleri ve konfor özellikleri örneğin; hava geçirgenliği ve termal iletkenliği test edilmiştir. Bambu/PP dokusuz yüzey; yüksek çekme gerilmesi, yüksek sertlik, düşük uzama, düşük termal iletkenlik, düşük hava geçirgenliği ve diğer örneklerle kıyaslandığında daha yüksek ses absorpsiyon katsayısı göstermiştir. 800 Hz'de bambu/PP kompozitinin absorpsiyon katsayısı ve jüt/PP karışımının ses absorpsiyon katsayıları eş değerdedir ancak muz/PP

kompozitinin ses absorpsiyon katsayısı diğer iki karışımdan %22 daha fazladır. Bütün örneklerde maksimum ses absorblama katsayısı 1250 Hz'de ortaya çıkmıştır. 1250 Hz'de jüt/PP, bambu/PP ve muz/PP'nin ses absorblama katsayıları sırasıyla 0,2, 0,15-0,2 ve 0,15-0,1 olarak saptanmıştır (Thilagavathi ve ark. 2010).

Taşdemir ve arkadaşları stiren etilen bütadien stirenden (SEBS), yüksek performanslı polistrenden (HIPS) ve kalsiyum karbonattan (CaCO_3) ses absorblayan kompozit geliştirmişlerdir. Yapılan empedans tüpü ölçüm sonuçları kompozitteki HIPS miktarı artışı ile kompozitlerin ses absorpsiyon katsayısının arttığını göstermektedir (Taşdemir ve ark.2012).

Seddeq ve arkadaşları doğal liflerden, sentetik liflerden ve lignoselülozik liflerden elde edilen geri dönüşüme sahip lifli materyallerin ses absorpsiyon özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmada PET, yün, pamuk, PP ve jüt kullanılmıştır. Ayrıca odun talaşı ve pirinç kamışından elde edilen lignoselülozik kompozit talaşın ve pirinç kamışının küçük parçalara ayrılarak daha sonra üre formaldehit reçine ile muamelesinden sonra kompozit elde edilmiştir. Bütün dokusuz yüzeylerde düşük frekanslarda dalga boyunun büyüklüğü sebebiyle düşük ses absorpsiyon katsayısı gözlenmektedir. Yüksek frekanslarda ise dokusuz yüzeylerin ses absorpsiyon katsayıları yüksektir. Lignoselülozdan elde edilen kompozitlerin ses absorpsiyon katsayıları düşük frekanslar için düşük iken yüksek frekanslarda yüksektir (Seddeq 2012).

Zou ve arkadaşları 10 cm boyutuna parçalanmış ve parçalanmamış buğday kamışlarını PP tülbent ile birleştirerek jüt-PP tülbent ile akustik özelliklerini karşılaştırmışlardır. PP tülbent yüzeye tüm ve parçalanmış haldeki buğday kamışı eklenerek yüzeye basınç uygulanmıştır. Elde edilen yüzeylerde buğday kamışı 40, 50, 60, 70 ve 80% oranında bulunmaktadır. Sonuçlara göre 2,6-3 kHz arasında jüt-PP karışımının ses absorpsiyon katsayısı daha yüksektir. Sonuçlara bakılarak ses izolasyonu istenen uygulamalarda, buğday kamışı kullanımı hem absorpsiyon özelliklerinden hem de ekonomikliğinden dolayı avantajlıdır (Zou ve ark.2010).

Reddy ve Yang PP esnekliğini, gerilme dayanımını ve akustik özelliklerini geliştirmek için PP'i tavuk tüyü ile takviyelendirmiştir. Kompozitte erime sıcaklığı 162 °C, akışkan

erime indeksi 230°C'de 38 g/ 10 dakika olan 0,90 g/cm³ yoğunluğundaki PP'den elde edilen 11,9 g/m² gramajındaki dokusuz yüzey matriks olarak kullanılmıştır. Kompozit, PP'nin 25,4 x 30,5 cm boyutlarda kesilerek tavuk tüyü ile karıştırılması ardından bu karışımın PP tülbent yüzey üzerine serilerek alüminyum folyoya sarılması ve 380 °F sıcaklıkta 140 saniye preslemesi ile elde edilmiştir. Elde edilen kompozitler 2,8 mm, 3,2 mm, 3,6 mm ve 4,2 mm kalınlıktadır. Sonuçlar kompozitin kalınlığının artışı ile ses absorpsiyon katsayısının arttığını göstermektedir. Kompozit içindeki tavuk tüyü yoğunluğu artışı kompozitin ses absorpsiyon katsayısını artırmaktadır (Reddy ve Yang 2010).

Horng ve arkadaşları çalışmalarında PET, PP ve güç tutuşur yedi kanallı PET liflerini 2:1:7, 2:2:6, 2:3:5, 2:4:4 ve 2:5:3 oranında karıştırarak iğneleme ve termal bağlanma tekniği ile dokusuz yüzey elde etmişlerdir. Elde edilen dokusuz yüzeylerden 7, 8, 9 ve 10 katman kullanarak tabakalı yüzeyler oluşturmuşlardır. ASTM-E 1050-98 standardına göre 0-4000 Hz arasında gerçekleştirilen ses absorpsiyon katsayısı ölçüm sonuçları katman sayısının artışı ile yüzeyin ses absorpsiyon katsayısının arttığını göstermektedir. Katman sayısı artışıyla kalınlık artmış ve sesin yüzeyden geçişi esnasında ses dalgalarının temas edeceği hava boşluğu ve lif miktarı artmış bunun sonucu olarak sürtünme miktarı artmış ve sonuç olarak ısı enerjisine dönüştürülecek ses enerjisi miktarı artmıştır. Numunelerin ses absorpsiyon katsayısı 0-1000 Hz arasında ses dalgalarının boyunun büyüklüğünden dolayı 0-0,1 arasında saptanmış, frekans arttıkça ses absorpsiyon katsayısı lineer olarak artmış ve 4000 Hz'de 0,9-1 arasında değer bulmuştur (Lin ve ark.2011).

Lou ve arkadaşları PET ve PP'den oluşan dokusuz yüzey atıkları küçük parçalara ayırdıktan sonra 1:1 oranda karıştırarak kompozit elde etmişler ayrıca kompozitin akustik özelliklerini geliştirmek için karışıma talaş eklenmişlerdir. Kompozitlerin ses absorpsiyon katsayısı yoğunluk, kalınlık ve kompozitte bulunan talaş miktarı açısından kıyaslanmıştır. Yoğunluk artışıyla sabit kütlede kompozitin hacminin düşmesi nedeniyle kompozitte bulunan hava miktarı azalmakta ve böylelikle kompozitin ses absorpsiyon kapasitesi düşmektedir. Kalınlık artışıyla kompozitin ses absorpsiyon katsayısının arttığı görülmüştür. Ölçüm sonuçları 2592 Hz'den sonra ses absorpsiyon katsayısının talaş miktarı artışı ile arttığını göstermektedir. Ama bu artış dikkate değer

miktarda olmadığı için talaş miktarının bu kompozitin akustik özelliklerine etkisi olmadığı görülmüştür (Lou 2005).

Stanciu ve arkadaşları odun cipslerinden doğal polimerik binderler kullanarak yüzey elde etmişler ve elde ettikleri kompozitin akustik özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen kompozitlerin akustik özelliklerini kullanılan reçine belirlemektedir. Sonuçlar ses absorpsiyon kapasitesi en düşük olan kompozitin kontraplak parçalarını içeren kompozit olduğunu göstermektedir (Stanciu ve ark.2012).

Suvari ve arkadaşları erime sıcaklığı 220 °C, yoğunluğu 1.14 g/cm³ olan naylon 6 ve erime sıcaklığı 125°C, yoğunluğu 0,94 g/cm³ olan PE kullanarak bikomponent lif elde etmişlerdir. Eriyik bağlama tekniği ile üretilen dokusuz yüzeylerde kullanılan bikomponent liflerdeki ada sayısının dokusuz yüzeyin ses absorpsiyon kapasitesine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen bütün dokusuz yüzeylerdeki ada polimeri ve deniz polimeri oranı sırasıyla %75 ve %25'dir. Sonuçlar ada sayısının artışı ile dokusuz yüzeyin ses absorpsiyon katsayısının arttığını göstermektedir (Suvari ve ark.2012).

Lee ve Joo düşük erime sıcaklığına sahip PET ve ticari PET kullanarak ısıl bağlanma tekniği ile dokusuz yüzeyler elde etmişlerdir. Daha sonra elde ettikleri bu dokusuz yüzeyle birlikte 0,03 mm kalınlığında PP film, 0,08 mm kalınlığında PP film ve 0,03 mm kalınlığında alüminyum folyo kullanarak panel elde etmişlerdir. Elde edilen panellerin ses absorpsiyon katsayısı üzerine kullanılan PET lifin inceliğinin etkisi araştırılmıştır. Kullanılan liflerin inceliğinin artışıyla birlikte panellerin ses absorpsiyon katsayısının arttığı görülmüştür. Ayrıca dokusuz yüzeylerde düşük erime noktasına sahip PET elyafın miktarının artışı üretim aşamasında dokusuz yüzeyin kalınlığının ve mikro gözenek miktarının azalmasına neden olmuştur. Mikro gözenek miktarının azalması akustik özelliklerin düşüşüne neden olmuştur (Lee ve Joo 2003).

Liang ve Jiang PP/içi boş cam parçacıkları ve PP/nano metre boyutunda kalsiyum karbonat parçacıkları içeren karışımdan kompozit elde etmişlerdir. Kompozitte PP reçine olarak kullanılmıştır. Kompozitlerin akustik karakteristikleri yankı odasında 125-8000 Hz frekans aralığında test edilmiştir. PP/kalsiyum karbonat kompozitinde kalsiyum karbonat miktarı artışı ile kompozitin dolu hacmi artmış ve sonuç olarak sesin kompozitten diğer tarafa geçiş miktarı azalmıştır. PP/içi boş cam partikülleri içeren

örnekte de kompozitteki içi boş cam partikülleri miktarı artışı ile kompozitin akustik özellikleri iyileşmektedir (Liang ve Jiang 2012).

Abdelfattah ve arkadaşları 6 denye incelikte %100 PET, %75 PET / %25 içi boş PET ve %55 PET/ %45 içi boş PET elyaf kullanarak 300, 400, 500 ve 600 g/m² gramajında dokusuz yüzeylerin araç içi panellerde kullanımını araştırmıştır. Dokusuz yüzeyler ısı bağlanma tekniği ile üretilmiştir. Elde edilen dokusuz yüzeylerin akustik özellikleri ASTM-E 1050-1982 standartlarına göre 125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslarda analiz edilmiştir. Numuneler hammaddelerine göre akustik özellikleri incelendiğinde ses absorpsiyon katsayısı en iyi olan numune %55 PET/%45 içi boş PET elyaftan oluşan karışımdır. İçi boş PET lifleri yapıya düşük ağırlıkta hacim kazandırmış ve hava tabakası içeren lümen ses absorpsiyon katsayısını artırmıştır. Dokusuz yüzeylerin gramaj artışıyla birlikte ses absorblama kapasitelerinin artışı saptanmıştır. Yapıdaki lif miktarı artışı ile sesin sürtüneceği yüzey alanı artmış ve sonuç olarak ses enerjisinin sürtünme ile kayıp ısı enerjisine dönüşme miktarı artmıştır. Numunelerden en iyi ses absorblama kapasitesine sahip örnek %55 PET/ %45 içi boş PET elyaftan oluşan 600 g/m² gramajındaki numunedir (Abdelfattah 2011).

Watanabe ve arkadaşları ses absorblayan iki farklı PET kumaş geliştirmişlerdir. Bu poliesterlerden biri yassı kesitli modifiye PET elyaftan oluşurken diğeri geri dönüşüme sahip PET elyaftan oluşmaktadır. 2-13 denye inceliğe sahip PET liflerinde 20-40 mm kalınlıkta dokusuz yüzeyler elde edilmiş ve kumaş kalınlığının ses absorpsiyon katsayısına da etkisi araştırılmıştır. Ölçümler dokusuz yüzeyde kullanılan lifin kesit yapısının lifin yüzey alanının artışına neden olduğunu bunun sonucunda kumaşın akustik özelliklerinin geliştiğini göstermektedir. Kumaş kalınlığı artışı ses absorpsiyon katsayısını artırmıştır (Kyoichi 1999).

Yang ve Yu araştırmalarında PET, viskon, cam lifi ve bazalt lifinden elde ettikleri dokusuz yüzeylerin akustik karakteristiklerine temel yapısal parametreler olarak kabul edilen kalınlığın, gramajın, hava geçirgenliğinin ve gözenekliliğin etkisini incelemişlerdir. Dokusuz yüzeylerin kalınlıkları, gramajları ve hava geçirgenlikleri ölçülerek bulunurken gözeneklilikleri;

$$h = 1 - \frac{m}{Al\rho} \quad (2.97)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada m kumaşın ağırlığı, A kumaşın yüzey alanı, l kumaşın kalınlığı ve ρ dokusuz yüzeyde kullanılan lifin yoğunluğunu ifade etmektedir. Numunelerin ses absorpsiyon katsayıları ölçümleri 1000-6000 Hz arasında gerçekleştirilmiştir. Ses absorpsiyon katsayısı en iyi olan örnek cam lifinden elde edilen dokusuz yüzey iken, ses absorpsiyon katsayısı en düşük olan numune PET'den elde edilen örnektir. Bu sonuçlardan malzemenin kalınlığının ve gramajının artışının ses absorpsiyon katsayısını artırdığı görülmüştür. Ayrıca numunelerin empedans değerleri;

$$z = \frac{8\eta l}{\rho_0 c_0 d^2 h} \quad (2.98)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada $\eta = 1,85 \times 10^{-5}$ havanın viskozitesini, d gözenek yarıçapını, h gözenekliliği ve $\rho_0 c_0 = 415 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ havanın karakteristik empedansını ifade eder. Bu hesaplardan numunelerin empedans değerlerini gözenekliliğin, kalınlığın ve gözenek çapının etkilediği görülmektedir (Yang ve Yu 2011).

Parikh ve arkadaşları kenaf, PP, jüt, keten, pamuk ve PET liflerinden farklı karışım oranında, 700 g/m^2 gramajında iğneleme tekniği ile dokusuz yüzeyler elde ederek bu yüzeylerin akustik özelliklerini incelemiştir. Bu sonuçlardan jüt/PP karışımının ses absorblama özelliğinin iyi olduğu görülmüştür (Parikh 2002).

Lin ve arkadaşları 7 denye içi boş PET, 4 denye düşük erime sıcaklığına sahip PET, petek ızgara şeklinde termoplastik PU ve PU köpükten oluşan kompozit elde ederek bu kompozitin akustik özelliklerini araştırmışlardır. Kompozit eldesinde ilk olarak 7 denye PET ve düşük erime sıcaklığına sahip PET 7:3 oranında karıştırılarak dokusuz yüzey elde edilmiştir. Ardından bu dokusuz yüzey 6-10 adet tabaka halinde üst üste konumlandırılarak katmanlı yapıya, $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 20 dakika ısıl işlem uygulanmış, ardından katmanlı yapı oda sıcaklığında soğutulmuştur. Elde edilen dokusuz yüzeyin kalınlığı 10 mm'dir. Son olarak 20 mm kalınlıktaki PU köpük, 10 mm kalınlıktaki termoplastik PU ve 10 mm kalınlıktaki dokusuz yüzeyle birleştirilmiş ve 40 mm kalınlıkta kompozit elde edilmiştir. Elde edilen kompozitin akustik özellikleri ASTM- E 1050-7 standardına göre iki mikrofonlu empedans tüpünde izafi nemin $\%65 \pm 2$ ve

sıcaklığın $20 \pm 1^\circ\text{C}$ olduğu ortamda gerçekleştirilmiştir. Dokusuz yüzeydeki katman sayısının kompozitin akustik özelliklerine etkisi incelendiğinde en iyi sonuçlar 9 katmandan oluşan yapıda elde edilmiştir çünkü bu yapının yoğunluğu optimum değerdedir. Katman sayısı 10 olduğunda dokusuz yüzeyin hava akış direnci o kadar yüksektir ki ses dalgaları hava titreşimi yardımıyla içeri nüfuz edememiştir. Böylece liflerle aşınma (veya sürtünme) yapılırken ses dalgaları, ses enerjisini aşındırmaya yönelik viskoz akışını sağlayamamıştır. 10 kat PET dokusuz yüzey için ses absorpsiyon katsayısı 9 katlı olan kadar iyi değildir. Katman sayısının 9 olduğu dokusuz yüzeyi içeren kompozitin 4000 Hz frekansta ses absorpsiyon katsayısı 0,93 olarak ölçülmüştür (Lin ve ark. 2010).

Sengupta jüt, PP, PET kullanarak iğneleme yöntemi ile üretilmiş dokusuz yüzeylerin akustik özelliklerine gramajın, kumaş çeşidinin, hammadde yoğunluğunun, katman sayısının, ses kaynağı ile kumaş arasındaki mesafenin ve lif çeşidinin etkisini araştırmıştır. Numunelerin akustik özellikleri kalın saydam rijit plastikten elde edilmiş bir kutu, desibelmetre ve ses kaynağı ile ölçülmüştür. Materyal cinsinin ses absorpsiyon katsayısına etkisini incelemek için 500 g/m^2 gramajındaki %100 jüt, %100 PP, %100 PET ve 3:1, 1:1, 1:3 jüt/PP karışımından oluşan dokusuz yüzeyler incelenmiştir. Numunelerden ses azaltma katsayısı en yüksek olan 1:1 jüt/PP dokusuz yüzeyden oluşan numunedir. %100 jüt lifinden oluşan dokusuz yüzey en düşük ses azaltma katsayısına sahiptir çünkü jüt lifi içinde hava boşluğu diğer liflerden daha azdır. Ayrıca kumaş kalınlığının artışıyla numunelerin ses azaltma katsayılarının arttığı görülmektedir (Sengupta 2010).

Carvalho ve arkadaşları minarel yün, PP, akrilik, pamuk, PET ve diğer geri dönüşüme sahip liflerden dokusuz yüzey elde ederek bu dokusuz yüzeylerin ses absorblama özelliğini incelemiştir. Numunelerin ses azaltma kapasitesi ölçümü izolasyon kutusunda 125-16000 Hz frekans değerleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre numunelerin ses azaltma kapasiteleri;

$$dB_{numune} = (\text{Kutuda numunenin bulunması sonucunda ses azaltma katsayısı}) \\ - (\text{Kutuda numune bulunmadığı durumda ses azaltma katsayısı}) \quad (2.99)$$

eşitliği ile analiz edilmiştir. Ölçümler ve hesaplamalar sonucunda ses azaltma katsayısı en iyi olan numune dokusuz yüzeyin alüminyum folyo ile kaplandığı numunedir. Yüksek frekanslarda minaral yünden elde edilen dokusuz yüzeyde ses azaltma katsayısı alüminyum folyo ile kaplı numunenin ses azaltma katsayısına çok yakındır. Alüminyum folyo çok iyi yansıtıcı bir materyaldir. Ses dalgalarının bir kısmı dokusuz yüzey tabakada ısı enerjisine dönüştürülmüş bir kısmı da alüminyum folyoya çarparak tekrar dokusuz yüzey tabakaya gönderilmiş ve bir miktar daha ses dalgası ısı enerjisine dönüştürülmüştür. Ayrıca numunelerin kalınlıklarının artışıyla birlikte ses azaltma kapasitelerinin arttığı deneyler sonucunda ortaya çıkmıştır (Carvalho 2012).

Seddeq PET, PET mikro fiber, plastik lifi ve cam lifini kullanarak iğneleme tekniğine göre dokusuz yüzeyler elde etmiş ve bu dokusuz yüzeylerin akustik özelliklerini araştırmıştır. Materyalin hava geçirgenliği direncinin materyalin ses absorpsiyon katsayısına etkisi incelendiğinde hava geçirgenliği direncinin 1000 Pa.s/m^2 değerine kadar ses absorpsiyon katsayısının arttığı, bu değer üzerinde ise ses dalgalarının materyal içindeki hareketi zorlaştığı için ses absorpsiyon katsayısının azaldığı görülmektedir. Materyali oluşturan lifin inceliğinin artması ile materyalin ses absorpsiyon katsayısı artmaktadır çünkü ses dalgalarının temas edeceği yüzey alanı artmıştır. Ayrıca numunelerin kalınlık artışıyla birlikte ses absorpsiyon katsayılarının arttığı görülmüştür (Seddeq 2009).

2.9. Ses Absorpsiyon Katsayısı Ölçümünde Kullanılan Yöntemler

Materyallerin ses absorpsiyon karakteristiklerini ölçmek için birçok metot geliştirilmiştir. Genellikle absorpsiyon katsayısı ölçümlerinde ISO 354 standartlarına göre yankı odasında ya da ISO/DIS 10534 standardına göre tanımlanmış dalga tüpü tekniği kullanılarak yapılmaktadır (Takahashi 2005).

Yankı odası ölçüm tekniği büyük ve pahalı bir ses absorpsiyon özelliğine sahip oda gerektirir. Ayrıca yüzeyin empedans değeri yalnızca absorpsiyon katsayısından bulunmaz. ISO 354'e göre, 100 Hz'den 5000 Hz'e kadarlık frekans aralığında yankılanma zamanının ölçülmesi temel alınır. Boş bir yankı odası ile test ürünü bulunan bir yankı odasının mukayesesi yapılır.

Yankı odası ölçüm tekniğine göre akustik karakteristiklerin analizinde orta yoğunluktaki lifli levha ve cam yününden oluşan sandviç panelden oda kullanılır. Yankı odasının boyutları $L_x = 1,2$ m, $L_y = 1,5$ m ve $L_z = 1,5$ m değerindedir. Bu odanın iç yoğunluğu $1,225$ kg/m³, sıcaklığı 16 °C ve ses hızının 340 m/s olduğu hava ile doludur. Ölçüm elemanlarında hoparlör ve mikrofonlar odanın içine yerleştirilir (Lanoye 2007) ve hopörlerden gelen ses mikrofon ile ölçülür.

Empedans tüpü ölçümünde yüzeyin akustik özellikleri transfer fonksiyon metodu ve sabit dalga metodu olmak üzere iki temel ölçüm tekniği ile analiz edilir (Takahashi 2005).

Transfer fonksiyon metodu giriş ve çıkış sinyallerinin analizine dayanır. Bu metotta ses dalgaları tüp içindeki bir kaynak tarafından üretilir ardından örneğe yakın mesafede bulunan iki noktada ses basıncı ölçülür. Ölçüm yapılan frekans aralığı tüpün çapına bağlıdır. Transfer fonksiyon metoduna göre ölçüm tekniğinde tüpün bir ucunda hoparlör diğer ucunda akustik özellikleri analiz edilecek numune ve ortada ise mikrofonlar bulunur. Örneğe göre konumları x_1 ve x_2 olan mikrofonlar tüp içindeki ses basıncını ölçer. Sesin yansımaya katsayısı ve yüzey empedansı iki mikrofon arasındaki transfer fonksiyonundan elde edilir (Lanoye 2007).

Dik geliş yansımaya katsayısı,

$$r = |r| e^{j\phi_r} = \frac{H_{12} - H_l}{H_R - H_{12}} e^{2jk_0x_1} \quad (2.100)$$

burada x_1 akustik özellikleri analiz edilen numune ve mikrofon arasındaki uzaklık, ϕ_r dik geliş yansımaya katsayısı faz açısıdır, H_{12} iki mikrofon arasındaki transfer fonksiyonudur, H_R ve H_l transfer fonksiyonun reel ve sanal kısmıdır.

Materyalin ses absorpsiyon katsayısı;

$$\alpha = 1 - |r|^2 = 1 - r_r^2 - r_i^2 \quad (2.101)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Sabit dalga metodu ölçüm tekniği gelen ve yansıyan dalgaların tüp uzunluğu boyunca dağılması esasına dayanır. Ses dalgaları tüpün bir ucunda bulunan hoparlörden sinüzoidal şekilde yayılır. Akustik özellikleri analiz edilecek numune tüpün diğer ucunda konumlanmıştır. Sesin sabit dalga oranı;

$$s = \frac{P_{max}}{P_{min}} \quad (2.102)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada P_{max} sesin maksimum basıncı, P_{min} ise sesin minimum basıncıdır.

Dik geliş yansıma katsayısı ise;

$$r = \frac{s - 1}{s + 1} \quad (2.103)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Materyalin ses absorpsiyon katsayısı ise;

$$\alpha = 1 - r^2 \quad (2.104)$$

eşitliği ile hesaplanır (Lanoye 2007).

Bu metotların ikisi de frekans ölçümü gerektirir bu yüzden testin tamamlanması uzun zaman alır. Ölçümler için küçük bir test örneği kullanılır. Dalga tüpü ölçümünde tüp/örnek yarıçapı frekans aralığı ve ölçüm limiti üzerinde etkilidir. Dalga tüpü içinde her bir tekil sinyal ile tekrarlı ölçümler yapmak yerine geniş bir sinyal bandı kullanarak hızlı ölçüm yapmak da mümkündür. Geniş bant sinyalleri kullanımı bu testi hızlandırmaktadır ve ayrıca seçilen her bir frekans değerinin aynı çevresel şartlarda örneğin aynı oda sıcaklığı ve dalga yayılma hızında olduğunu gösterir. Bu ölçüm tekniğindeki ilerlemeler Chung & Blaser Transfer Fonksiyonu Metodu ile sağlanmıştır. Bu test metodu; empedans tüpü, iki adet mikrofon ve gelen ses dalgalarına maruz kalan numunenin ses absorpsiyon katsayısının belirlenmesi için bir dijital frekans analizi sisteminden oluşur. Aynı zamanda bu sistem ses absorblayan materyalin akustik empedansını ya da yüzey tarafından absorblanan enerji miktarını ölçer. Bu test yönteminde empedans tüpünün bir ucuna ses kaynağı diğer ucunada ölçüm yapılacak

numune yerleştirilir. Ses dalgaları tüpün her yerine dağılır ve bu dağılıma alanının çözülmesi, tüpe monte edilmiş mikrofonlar kullanılarak iki sabit yerde akustik basınç ölçümü ile gerçekleştirilir. Bu metot yankı odası ölçüm tekniği ile kıyaslandığında, yankı odası ölçümü ideal şartlar sağlandığında difüzlenen ses dalgası için ses absorpsiyon katsayısı belirlenir ve düzgün şekle sahip materyallerin ölçümünde kullanılır. Ayrıca yankı odası ölçüm tekniği numunenin boyutlarının büyük olmasını gerektirir.

Gerçek ortamda akustik kontrolleri tahmin etmek için çeşitli ortam koşullarında numunenin absorpsiyon karakteristikleri ölçülmelidir. Yankı odası ve tüp ölçüm teknikleri laboratuvar ölçüm teknikleridir ve ölçümler çok kullanışlı değildir. Bu yüzden Allard ve arkadaşları iki mikrofon ve hoparlör kullanarak yansıma metodunu tanımlamış ve 1 m² alana sahip örnekler test edilmiştir. Bu metot da bazı problemler ortaya çıkartır örneğin; ölçüm frekans aralığı sınırlıdır, absorblama özelliği düşük materyallerin ölçümünde hatalar oluşur, numunenin bulunduğu yerde ölçüm yapılacaksa kapsamlı araçlara ihtiyaç duyulur, ses kaynağı, mikrofon ve ölçülecek numunenin doğru konumlanması gerekir (Takahashi 2005).

2.10. Isı Transferi

Sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşen enerji nakline ısı transferi denilmektedir. Bu kavramda geçen ısı ve sıcaklık kavramlarından; ısı bir maddeyi oluşturan taneciklerin toplam hareket enerjisi iken sıcaklık bir maddeyi oluşturan taneciklerden birinin ortalama hareket(kinetik) enerjisini ifade eder (Kılıç ve Yiğit 2008).

2.10.1. Isı transferi ile ilgili temel kavramlar ve ısı transferi çeşitleri

Bir ortamda ya da ortamlar arasında bir sıcaklık farkı mevcut iki ortam arasında sıcak bölgeden soğuk bölgeye doğru ısı transferi meydana gelir. Isı transferi olayı gerçekleştiği fiziksel durumuna göre farklı mekanizma ya da farklı modlarda incelenir. Bir katı ya da durgun akışkan ortamında bir sıcaklık gradyanı mevcut ise bu ortamdaki ısı geçişini tanımlamak için iletim (kondüksiyon) terimi kullanılır. Bir yüzey ile hareketli bir akışkan arasında sıcaklık gradyanı söz konusu ise bu iki ortam arasındaki ısı geçişi modunu tanımlamak için taşınım (konveksiyon) terimi kullanılır. Sonlu

sıcaklıktaki bütün yüzeyler elektromanyetik dalga formunda enerji yayarlar. Bu nedenle farklı sıcaklıklarda bulunan ve birbirleri aralarında engelleyici bir ortam olmayan iki yüzey arasında ışınlama (radyasyonla) ısı transferi vardır (Kılıç ve Yiğit 2008).

2.10.2. Isı iletimi

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

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

$$Q_x = -k A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.105)$$

Burada k malzemenin ısı iletim katsayısıdır ve birimi W/m.K'dir. A malzemenin alanıdır ve birimi m²'dir.

Isı iletimi analizlerinden bir tanesi bir ortamın sınırlarının maruz kaldığı koşullar sonucunda oluşan sıcaklık alanını belirleyebilmektir. Eğer sıcaklık dağılımı biliniyorsa ortamın herhangi bir noktası ya da yüzeyinde ısı akısı Fourier kanunu ile hesaplanabilir. Sıcaklık dağılımının bilinmesi sonucu ortamdaki ısıl gerilmeler, eğilme vb. diğer büyüklüklerde hesaplanabilir (Kılıç ve Yiğit 2008).

2.10.3. Isı taşınımı

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

Bir yüzeyden birim zamandaki taşınım ile ısı transferini hesaplamada akışkanlar mekaniği, ısı iletimi ve sınır tabaka teorilerinden yola çıkılmıştır ve taşınım ile transfer edilen ısının sıcaklık farkı ile orantılı olduğu bulunmuştur. Bir orantı sabiti tanımlanarak;

$$q_{taş} = \frac{Q_t}{A} = h (T_y - T_\infty) \quad (2.106)$$

olarak yazılır. Bu eşitlik Newton'un Soğuma Kanunu olarak bilinmektedir. Burada h [$W/m^2.K$] ortalama ısı taşınım katsayısı, $q_{taş}$ taşınım transfer edilen ısı akısıdır. Isı taşınım katsayısı, akış türü, akışkan hızı, akışkan özellikleri, sıcaklık geometrisi 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).

2.10.4. Işınlama ile ısı transferi

İletim ve taşınım ile ısı transferi mekanizmaları enerjinin içinden nakledilebileceği bir ortama gereksinim duymaktadır. Ancak enerji hiçbir maddenin bulunmadığı bir ortam içinden geçerek de transfer edilebilir. 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 yüzeyinde birim zamanda serbest bırakılan enerji yayılım gücü E ile gösterilebilir. Stefan Boltzman Kanunu yayılım gücünün alabileceği maksimum değeri belirtmektedir. Yüzeyden birim zamanda ve birim alanda net ışınlama ile ısı transferi için;

$$q_{ışınlama} = \varepsilon \sigma_s (T_y^4 - T_{çevre}^4) \quad (2.107)$$

eşitliği kullanılır. Burada ε materyalin yaydığı ısı enerjisini, σ_s Stefan Boltzman ($W.m^{-2}.K^{-4}$) sabitini ifade eder.

2.10.5. Isı iletiminin genel denklemi

Bir malzemede sıcaklık en çok üç konum değişkeninin ve zamanın fonksiyonudur. Eğer sıcaklık zamanın bir fonksiyonu ise bu tür problemler geçici rejim olarak adlandırılır ve sıcaklık dağılımı da zamanın fonksiyonu olarak adlandırılır. Eğer sıcaklık zamanın fonksiyonu değil ise problem sürekli rejim olarak tanımlanır ve malzeme içinde sıcaklık dağılımı sürekli haldedir. Sıcaklığın bir, iki veya üç konum değişkenine bağlı olması

halinde problem sırasıyla bir, iki veya üç boyutlu olarak tanımlanır. Örneğin sıcaklık bir konum değişkenine ve zamana bağlı ise bir boyutlu geçici rejim olarak tanımlanır (Kılıç ve Yiğit 2008).

Sabit ısı iletim katsayısı için tek bir boyutlu sistemde ısı transferi;

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{q}{k} = \frac{\rho c}{k} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.108)$$

Burada α ($= k/\rho c$) (m^2/s) malzemenin ısı yayılım katsayısıdır.

Kartezyen koordinat sisteminde ısı iletimi genel denklemi;

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{q}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.109)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Polar koordinatlarda ısı iletim denklemi;

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{q}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.110)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Küresel koordinatlarda ısı iletim denklemi;

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(kr^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(k \sin \theta \frac{\partial T}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(k \frac{\partial T}{\partial \phi} \right) = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.111)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Bu tez çalışmasında elde edilen malzemenin sürekli rejimde ısı iletimi incelendiği için sürekli rejimde düzlem geometriye sahip sistemlerin ısı iletimi üzerinde durulmuştur.

2.10.6. Sürekli rejimde ısı iletimi

a. Düzlem geometriye sahip sistemler

Düzlem geometriye sahip sistemlerde transfer edilen ısı miktarı Fourier Isı İletim Kanunu'dan hesaplanır;

$$Q_x = -k A \frac{T_2 - T_1}{l} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{l}{kA}} \quad (2.113)$$

burada k ısı iletim katsayısını (W/m.K), T_1 ve T_2 sıcaklıklar (K), A malzemenin alanın (m^2) ve l malzemenin kalınlığını (m) ifade etmektedir (Kılıç ve Yiğit 2008).

2.11. Tekstil Malzemelerinin Termal Özelliklerinin İncelendiği Çalışmalar

Zhu ve Li gözenekli materyallerde gözenek boyutu dağılımının ve lif yarıçapının ısı ve kütle transferine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada matematiksel bir model geliştirilerek tekstil malzemelerinde ısı ve kütle transferini teorik olarak incelemişlerdir. Gözenek boyutu dağılımı kübik-polinomal dağılım olarak farz edilmiştir. Karşılaştırma için iki tip gözenek dağılımı ve lif numarası incelenmiştir. Sonuçlar; ısı ve kütle transferinin gözenek boyutundan etkilendiğini ortaya çıkartmıştır (Zhu ve Li 2003).

Bringasa ve arkadaşları dokuma atık kumaşların inşaat materyallerinde termal izolasyonu sağlamak amacı ile kullanımı araştırmıştır. Bu çalışmada %100 akrilikten hazırlanan iki farklı atık dokuma kumaş kullanılmıştır. Numunelerin gramajları 440 kg/m^3 ve $122,5 \text{ kg/m}^3$ 'dür. Numune duvar 1 cm çimento esaslı kaplama malzemesi, 20 cm çimento esaslı tuğla duvar, 1 cm çimento esaslı kaplama malzemesi, 6 cm hava tabakası, 11 cm seramik tuğla taş duvar ve 2,5 cm çimento esaslı kaplama malzemesinden oluşmaktadır. Test duvarın boyutları; 1,60 m x 1,20m x 0,42 m'dir. Duvar üzerinde ki sıcaklık, sıcaklık flovmetresi ve dört yüzey sıcaklığı sensörü kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar atık kumaş kaplı duvarlarda ısı yalıtımının %56-30 oranında arttığını göstermektedir. Atık dokuma kumaşın termal iletkenliği genişletilmiş polistren ve mineral yün ile aynı değeri göstermiştir. Atık dokuma kumaş için değerler kil granülleri için ve genişletilmiş perlit için aynıdır. Bu yüzden bu atıkların termal

izolasyon malzemesi olarak kullanımı çevre kirliliğini azaltmada etkili bir çözümdür (Brigasa 2013).

Krishnaraj ve arkadaşları çalışmalarında farklı deri türlerini kullanılarak elde ettikleri giyisilerin termal özelliklerini incelenmiştir. Termal iletkenlik katsayısı 0,402 ile 0,692 W/m.K olarak bulunmuştur. Çalışmada kullanılan deriler; 0,8 mm kalınlığında koyun napa, keçi napa, inek napa, 0,6 mm keçi süet ve 1,4 mm koyun naplon kürkü kullanılmıştır. Üretilen giyisilerin alanları 0,26-0,23 m² arasındadır. Bütün test örnekleri içinden ziplenmiş geçi süeti 10°C'de 0,402 W/m.K en düşük termal izolasyonu gösterirken, koyun naplon 0 °C'de 0,692 W/m.K en yüksek termal izolasyon değeri göstermiştir (Krishnaraj 2012).

Saleh iğneleme yöntemi ile üretilen dokusuz yüzey kumaşların termal özelliklerini incelenmiştir. Kumaşlar farklı lif çeşidi ve farklı gramajlarda üretilmiştir. Kumaş malzemesi olarak % 100 PET, PET-pamuk ve PET- geri dönüşümlü lif kullanılmıştır. % 100 PET kumaşlardan birine basınç uygulanırken diğerine basınç uygulanmamıştır. Kumaşların hava geçirgenlikleri ve termal izolasyonları incelenmiştir. Çalışmada kullanılan kumaşların özellikleri; % 100 PET'den oluşan dokusuz yüzeyin gramajı 322,1 g/m², % 15 PET-% 85 geri dönüşüme sahip PET'den oluşan kumaşın gramajı 441,2 g/m², %50-%50 pamuk- PET karışımından oluşan kumaşın gramajı 378,4 g/m², % 100 PET'den oluşan ve gramajı 79,5 g/ m², % 100 sıkıştırılmış PET lifinden oluşan kumaşın gramajı 107,4 g/m²'dir. En iyi termal izolasyon %50-50 pamuk-PET karışımından elde edilen örnekte, en düşük termal izolasyon % 100 sıkıştırılmış PET'de görülmüştür (Saleh 2011).

Matusiak ve Sikorski farklı desende, farklı lineer yoğunluğa sahip çözümlü ve atkı pamuk ipliklerden dokunmuş kumaşları incelenmiştir. Kumaş yapısının termal izolasyon özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Ölçüm sonuçlarından ısı absorblama kapasitesi en iyi olan numune bezayağı konstrüksiyonundaki numune olup kumaş gramajı artışıyla numunelerin ısı absorblama kapasitesinin arttığı görülmüştür (Matusiak ve Sikorski 2011).

Frydrych ve arkadaşları çalışmalarında pamuk ve tencel(lyocell) lifinden elde edilmiş ipliklerle bezayağı, dimi ve kanvas desenine göre yüzeyler elde etmişlerdir. Elde edilen

yüzeylerin termal iletim katsayısını, termal difüzyonunu, ısı absorpsiyon miktarını ve ısıl direncini incelemişlerdir. Isı iletim katsayısı lif bazında incelendiğinde pamuk lifinden elde edilen numunelerin ısı iletim katsayısı tencel lifinden elde edilen numunelerden daha yüksek, desen bazında incelendiğinde bezayağı desenindeki yüzeylerin ısı iletim katsayılarının en yüksek değerde olduğu görülmüştür. Numunelerin termal difüzyonu pamuklu kumaşlarda ve bezayağı desende daha yüksek değerdedir. Numunelerin ısı absorpsiyon miktarı tencel lifinden elde edilen numunelerde daha yüksek çıkmıştır ve desen bazında incelendiğinde bezayağı desendeki numunelerin ısı absorblama kapasiteleri daha yüksektir. Pamuklu numunelerin termal direnci tencel lifinden elde edilen numunelerden daha yüksektir ve desen bazında dimi yapıdaki numunelerin termal direnci daha yüksektir (Frydrych ve ark.2002).

Chen ve Cluver kavak ağacı tohumu tüyünden elde ettikleri lifin termal özelliklerini kaz tüyü, yün ve içi boş PET ile karşılaştırmışlardır. SEM analizleri kavak ağacı tohumu lifinin içinin boş olduğunu göstermektedir. Termal analiz testleri kavak ağacı lifinin termal özelliklerinin yünden ve içi boş poliesterden daha iyi ancak kaz tüyünün kavak ağacı lifinin termal özelliklerinden daha iyi olduğunu göstermektedir (Chen ve Cluver 2010).

Lin ve Chang PET dokusuz yüzey ve bambu lifinden elde edilmiş dokuma kumaşın birleşiminden elde ettikleri yüzeyin termal özelliklerini araştırmışlardır. PET elyaf olarak üç farklı özellikte lif kullanılmış ve bu üç farklı liften ayrı ayrı yüzeyler elde edilmiştir. Kullanılan PET lifleri, içi boş PET, düşük erime sıcaklığına sahip PET lifi ve spiral yapıda PET lifidir. Termal özellikleri analiz edilecek numuneler PET dokusuz iki yüzeyin arasında bambu lifinden elde edilen yüzey olacak şekilde üç katmandan ve PET dokusuz yüzey ile bambu lifinden elde edilen yüzeyin birleştirilmesiyle iki katmanlı yüzeyden elde edilmiştir. Termal iletim katsayı ölçüm sonuçları numunelerin ısı iletim katsayılarının 0,08-0,12 arasında olduğunu, PET' in erime sıcaklığı düşüğe ısı iletim katsayısının düştüğünü ve üç katmandan elde edilen numunelerin ısı iletim katsayılarının daha düşük çıktığını göstermektedir (Lin ve Chang 2008).

Zhou ve arkadaşları pamuk sapından binder kullanmadan levha elde etmişlerdir. Çalışmada pamuk sapının levha içinde bulunma miktarının, levhanın yoğunluğunun ve

levha eldesin de presleme zamanının levhanın ısı iletim katsayısına ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Levha içinde pamuk sapı miktarı, levhanın yoğunluk ve preslenme zamanı artışı levhanın ısı iletim katsayısının düşüşüne neden olmuştur. Levhanın ısı iletim katsayısı 0,055-0,085 W/m.K arasında elde edilmiştir (Zhou 2010).

Luamkanchanaphan ve arkadaşları su kamışı lifinden metilen difenil diisosiyanat binder kullanarak levha elde etmişlerdir. 200-400 kg/m³ arasında yoğunluğa sahip olan levhaların ısı iletim katsayısı değerleri 0,0438-0,0606 W/m.K arasında ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları su kamışı liflerinin ısı izolasyonu malzemesi olarak binalarda kullanılabileceğini göstermektedir (Luamkanchanaphan ve ark.2012).

Panyakaew ve Fotios hindistan cevizi atıklarından düşük yoğunluğa sahip levha elde ederek ısı izolasyonu uygulamalarında kullanımını araştırmışlardır. Levha edesinde binder kullanılmamış ve çevre dostu bir ürün elde edilmeye çalışılmıştır. Yoğunluğu 250-500 kg/m³ arasında değişen levhaların ısı iletim katsayısı 0,04-0,12 W/m.K arasında değişmektedir. Sonuçlar levhaların yoğunluk artışıyla birlikte ısı iletim katsayılarının düştüğünü göstermektedir (Panyakaew ve Fotio,2011).

Abdou ve Budaiwi cam yünü, kaya yünü ve mineral yününün ısı izolasyonu uygulamalarında kullanımını araştırmışlardır. Numunelerin ortalama kalınlığı 50 mm' dir ve numunelerin nem içeriği farklıdır. Materyal çeşidinin ve nem içeriğinin ısı iletim katsayısı üzerine etkisi araştırılmıştır. Numunelerin nem içeriği artışı ile ısı iletim katsayılarının arttığı görülmüştür. Isı iletim katsayısı en düşük olan numune kaya yünü olarak saptanmıştır (Abdou ve Budaiwi, 2013).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Alt yüzey kumaş

İki katmandan oluşan duvar kumaşının alt katmanı 2,4 dtex inceliğe 76 mm uzunluğa sahip olan 4 kanallı PET elyaftan tarama yöntemi ile elde edilen dokusuz yüzeydir. Dokusuz yüzey kumaşın gramajı 496 g/m^2 'dir.

3.1.2. Üst yüzey kumaş

İki katmandan oluşan duvar kumaşında üst yüzey kumaş olarak iki farklı kumaş kullanılmıştır. Her iki kumaş bezayağı konstrüksiyonunda dokunmuştur. Kumaşlardan birinin çözgü ipliği 1100 denye PP olup, çözgü sıklığı 6 çözgü/cm'dir. Bu kumaşın atkı ipliği 2200 denye tekstüre PP ipliklidir ve sıklık 8 atkı/cm'dir. Diğer kumaşın çözgü ipliği 1100 denye PP olup, çözgü sıklığı 6 çözgü/cm'dir. Bu kumaşın atkı ipliği ise 2000 denye içi boş PP tekstüre ipliklidir ve atkı sıklığı 10 atkı/cm'dir. Kumaşların gramajları sırasıyla $288,1 \text{ g/m}^2$ ve $358,7 \text{ g/m}^2$ 'dir.

3.1.3. Su iticilik kimyasalı

Çalışmada kullanılan yüzeylerden katmanlı bir yapı elde edebilmek için dokusuz yüzey PU bazlı adhezyon sağlayan pat ile kaplanmıştır. Adhezyon sağlayan patın kumaş tarafından emilimini önlemek için dokusuz yüzey kumaşa ilk olarak su iticilik bitim işlemi uygulanmıştır. RUCO-DRY DFY (Rudolf Duraner) ile 30 gram/lt'lik çözeltinin pH'ı asetik asit ile 5-5,5 arasına getirilmiştir. RUCO-DRY DFY katyonik yapıda olup florokarbon esaslıdır.

3.1.4. Adhezyon patı

Çalışmada kullanılan yüzeylerin birbirine adhezyonu sağlamak için RUCO-COAT PU 1110(Rudolf Duraner), RUCO-COAT FX 8011 (Rudolf Duraner) ve RUCO-COAT TH 821 (Rudolf Duraner) kimyasalları ile pat elde edilmiştir. RUCO-COAT PU 1110 su bazlı, alifatik polieter poliüretan dispersiyonu esaslı olup, anyonik yapıdadır. Dispersiyon formda bulunmaktadır. Yumuşak, yapışkan ve elastik bir film elde

edilmesini sağlar. RUCO-COAT FX 8011 bloke izosiyanat çapraz bağlayıcıdır. İyonik yapısı anyonik olup sıvı formda bulunmaktadır. RUCO-COAT TH 821 su bazlı polimerik dispersiyonlar için sentetik kıvamlaştırıcıdır. Kimyasal yapısı akrilat esaslı olup iyonik yapısı anyoniktir ve sıvı formda kullanılır.

3.1.5. Geko patı

Çift katmandan oluşan yüzeyin duvara adhezyonun sağlanması RUCO-COAT AC 2510 (Rudolf Duranel) ile sağlanmıştır. RUCO-COAT AC 2510 kendi kendine çapraz bağlanabilen su bazlı poli akrilik ester dispersiyonudur. İyonik yapısı anyonik/noniyonik olup dispersiyon formda bulunmaktadır.

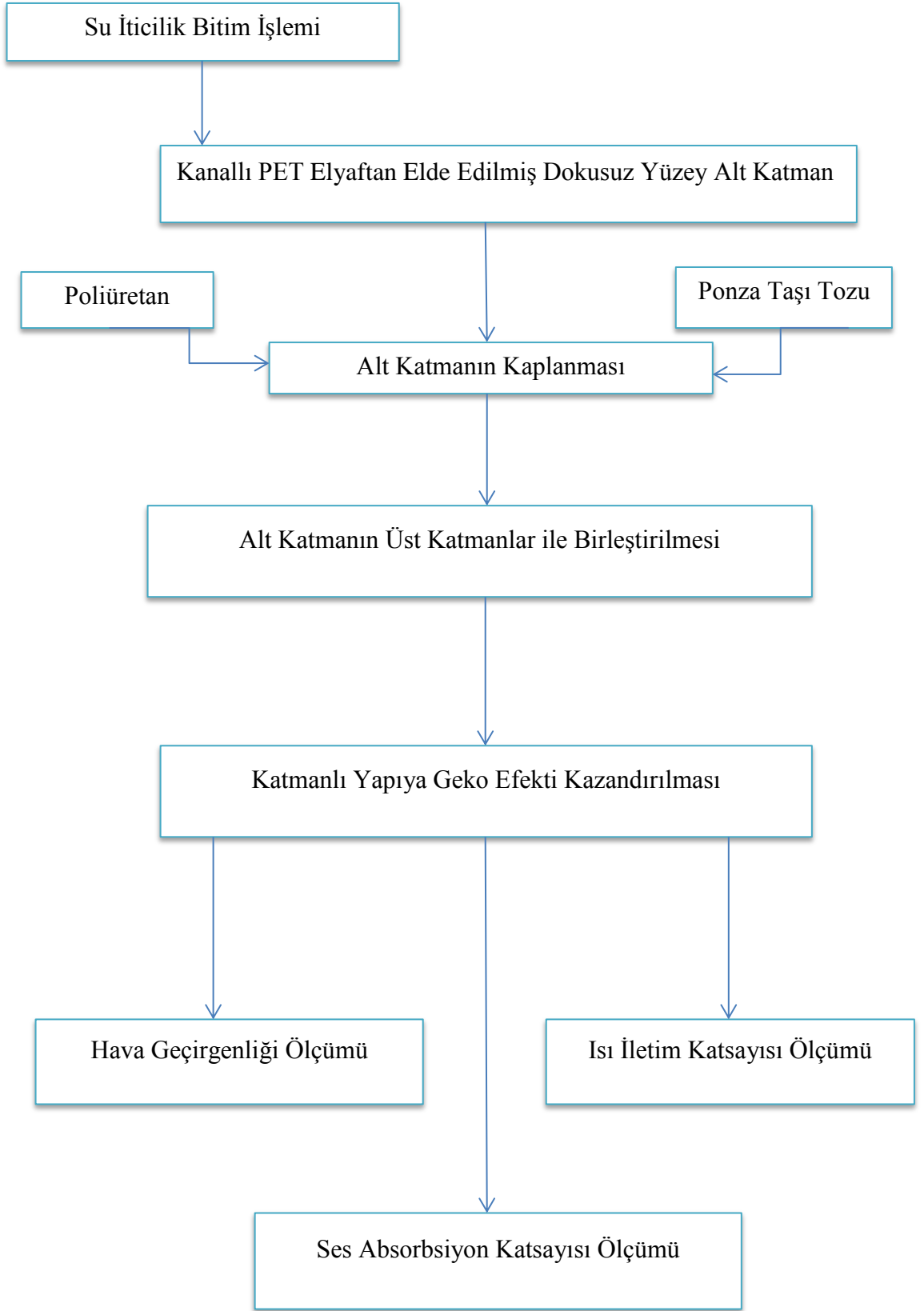
3.1.6. Ponza taşı

Çalışmada kullanılan ponza taşı maksimum partikül boyutu 250 µm ve 150 µm olacak şekilde hazırlanmıştır. Kullanılan ponza taşının bileşenleri enerji dağılımlı X-ışınları analizi (EDX) ile elde edilmiştir.

3.2. Yöntem

Termal ve Akustik İzolasyona Sahip Duvar Kumaşı Eldesi isimli bu tez çalışmasında 100% PP ve 100% PET elyaftan farklı yüzey oluşturma teknikleri ile elde edilmiş yüzeylerin ses absorblama katsayıları ve ısı iletim katsayıları tespit edilerek, yüzeylerin akustik ve termal özellikleri analiz edilmiştir. Çalışmada iki adet üst kumaş kullanılmıştır. Bu üst kumaşlardan ilki %100 tekstüre PP atkı ipliğinden ve %100 PP çözgü ipliğinden bezayağı deseni ile dokunmuş ikinci üst kumaşın atkı ipliği ise %100 içi boş PP elyaftan elde edilmiş tekstüre iplik olup çözgü ipliği %100 PP'dir. Çalışmada alt katmanda duvarla temasta olacak olan kumaş olarak %100 kanallı PET elyaftan elde edilmiş dokusuz yüzey kullanılmıştır. PET ve PP elyaflarının kullanılma nedeni yapılan literatür taramasında bu malzemelerin ses izolasyon katsayısının yüksek, ısı iletim katsayısının düşük olmasından söz edilmesidir. Kanallı ve içi boş elyaf, tekstüre iplik ve dokusuz yüzeyin kullanılma nedeni bu yapıların içlerinde yüksek oranda hava

boşluklarının bulunmasıdır. Havanın ısı iletim katsayısının çok düşük olması (0,026 W/m. K) ve hava ile temasta bulunan ses enerjisinin ısı enerjisi şeklinde depolanması gözenekli malzemelerin kullanımına neden olmuştur. Üst kumaş olarak bezayağı konstrüksiyonun kullanılma nedeni bu konstrüksiyonun dokuma konstrüksiyonlar içinde en basit ve pürüzlü yapı olmasıdır. Pürüzlü yüzeylere çarpan ses dalgaları ile yüzey arasında düz yüzeylere göre daha fazla sürtünme meydana gelir ve ısı enerjisine dönüşen ses enerjisi miktarı artar. Sonuç olarak yüzeye çarpan ses daha iyi absorblanır. Ayrıca duvar kumaşı olarak kullanılacak yapının bezayağı konstrüksiyonda olması estetik açıdan da beklentileri karşılayacağı düşünülmektedir. Alt kumaşın duvara adezyonunu sağlamak ve yüzeyin hem akustik hem de termal özelliklerini geliştirmek amacı ile kumaşın duvara temas edecek yüzeyine poli-akrilik ester bazlı olan ve biomimetik biliminden esinlenerek üretilen geko kimyasalı kaplanmıştır. Dokusuz yüzey ile kumaşların bir araya getirilmesi PU bazlı bağlayıcı ile sağlanmıştır. PU bazlı bağlayıcı ile üst yüzey kumaş kaplanmış, bağlayıcının akustik ve termal özelliklerini geliştirmek için bağlayıcı içine iki farklı konsantrasyonda ve iki farklı boyutta ponza taşı tozu ilave edilmiştir. Ponza taşının kullanılma nedeni yapısında çok fazla miktarda mikro boyutta gözenekler bulundurması ve ısı iletim katsayısının düşük (0,08-0,12 W/m.K) olmasındandır. Mikro boyutta gözeneklerin içinde bulunan ve mikro boyutta gözeneklerin duvarı ile temasta bulunan ses dalgaları ısı enerjisine dönüşecek ve absorblanacaktır. Ardından üst katman ve alt katman kumaşlar ısıl işlem ile birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi sonunda elde edilen farklı yüzeylerin ses absorpsiyon katsayılarına, termal iletkenlik katsayılarına ve hava geçirgenliklerine ponza taşı miktarının ve boyutunun etkisi incelenmiştir. Duvar kumaşı üretimi işlem akış şeması Şekil 3.1’de, elde edilen yüzeylerin özellikleri Çizelge 3.1’ de yer almaktadır.



Şekil 3.1. Duvar kumaşı üretimi işlem akış şeması

Çizelge 3.1.Elde edilen yüzeylerin özellikleri

Simge	Numune Kodu	Yüzey Özellikleri
A	TPP	%100 PP Tekstüre Atkı İpliği ve %100 PP Çözümlü İpliğinden Dokunmuş Yüzey
B	HTPP	%100 PP İçi Boş Elyaftan Elde Edilmiş Tekstüre Atkı İpliği ve %100 PP Çözümlü İpliğinden Dokunmuş Yüzey
C	KPET	%100 Kanallı PET Elde Edilmiş Dokusuz Yüzey
Numune 1	KPET+%0+TPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + A
Numune 2	KPET+%0+HTPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + B
Numune 3	KPET+250 µm %5+TPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 250µm %5 Ponza Taşı Tozu + A
Numune 4	KPET+250 µm %10+TPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 250µm % 10 Ponza Taşı Tozu + A
Numune 5	KPET+250 µm %15+TPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 250µm % 15 Ponza Taşı Tozu + A
Numune 6	KPET+250 µm %5+HTPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 250µm %5 Ponza Taşı Tozu + B
Numune 7	KPET+250 µm %10+HTPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 250µm %10 Ponza Taşı Tozu + B
Numune 8	KPET+250 µm %15+HTPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 250µm %15 Ponza Taşı Tozu + B
Numune 9	KPET+150 µm %5+TPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 150µm %5 Ponza Taşı Tozu + A
Numune 10	KPET+150 µm %10+TPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 150µm %10 Ponza Taşı Tozu + A
Numune 11	KPET+150 µm %15+TPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 150µm % 15 Ponza Taşı Tozu + A
Numune 12	KPET+150 µm %5+HTPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 150µm %5 Ponza Taşı Tozu + B
Numune 13	KPET+150 µm %10+HTPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 150µm %10 Ponza Taşı Tozu + B
Numune 14	KPET+150 µm %15+HTPP	Geko Kimyasalı + C + Adhezyon Patı + 150µm %15 Ponza Taşı Tozu + B

3.2.1.Ponza taşının öğütülmesi

Çalışmada kullanılan ponza taşlarının kumaşa aplikasyonu için ponza taşları 250 µm ve 150 µm boyutunda parçacık haline getirilmiştir. Ponza taşları ilk olarak çeneli kırıcı ile daha küçük boyutlara parçalanmıştır. Çeneli kırıcı biri sabit diğeri hareketli olmak üzere iki çeneden meydana gelmektedir. Sabit ve hareketli iki çene arasına sıkışan malzeme küçük parçalara ayrılmaktadır.



Şekil 3.2. Çeneli kırıcı

Çeneli kırıcı ile daha küçük parçalara ayrılan ponza taşı bu işlem sonunda bilyeli öğütücü ile 250 ve 150 µm boyutuna kadar öğütülmüştür. Bilyeli öğütücünün öğütme haznesinde demir bilyeler öğütülecek malzeme ile birlikte hareket ettirilir. Hareket sonucunda bilyelerin malzeme ile çarpışmasıyla malzeme öğütülür.



Şekil 3.3. Bilyeli öğütücü

Bilyeli öğütücüden toz formunda elde edilen ponza taşı iki farklı mikron boyutuna sahip eleklerden elenerek maksimum partikül boyutu 250 µm ve 150 µm olan iki farklı ponza taşı tozu elde edilmiştir.

3.2.2.Su iticilik bitim işlemi

Dokusuz yüzey kumaşın adhezyon sağlayan kaplama patını emişini önlemek için yüzeye ilk olarak su iticilik bitim işlemi uygulanmıştır. Su iticilik bitim işlemi emdirme yöntemine göre kumaşa apliance edilmiştir. Yüzeye aktarılan çözelti miktarı,

$$\%AF = \frac{E_1 - E_2}{E_2} \cdot 100 \quad (3.1)$$

ile hesaplanır. Burada AF kumaşa aktarılan çözelti miktarı, E_1 kumaşın emdirme işleminden sonraki ağırlığı ve E_2 kumaşın kuru ağırlığını göstermektedir.

Dokusuz yüzey kumaşa %80 oranında çözelti apliance edilmiştir. Ardından yüzey 100 °C’ de 5 dakika kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.3. Adhezyon sağlayan patın hazırlanması ve kaplama işlemi

Adhezyon patı RUCO-COAT PU 1110, RUCO-COAT FX 8011 ve RUCO-COAT TH 821 kimyasallarının karıştırılması ile hazırlanmıştır. RUCO-COAT PU 1110 adhezyon sağlayan ana kimyasal olup, RUCO-COAT FX 8011 fiksatördür ve adhezyon sağlayan pat ile yüzey arasındaki bağı kuvvetlendirerek patın mekanik etkilerle yüzeyden ayrılmasını engeller. RUCO-COAT TH 821 kıvamlaştırıcı olup patın viskozitesini 22000 rps değerine ayarlamak için kullanılır. Patın pH’ı 8-8,5’ dur. Örnek reçete;

RUCO-COAT PU 1110	950 gram
RUCO-COAT FX 8011	50 gram
RUCO-COAT TH 821	

1000 gram

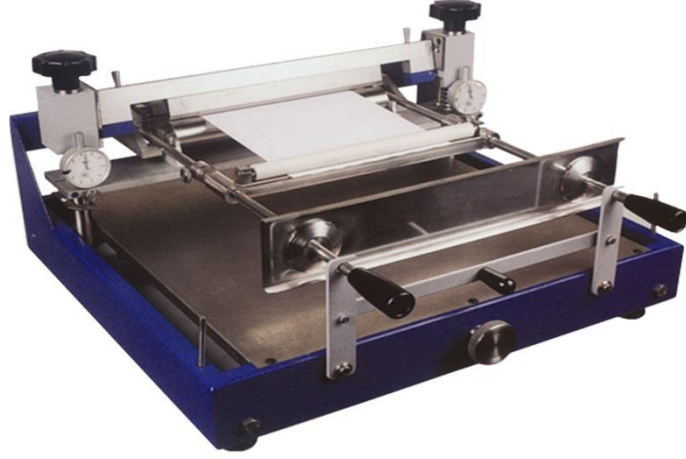
şeklindedir. Karışım manyetik karıştırıcı ile viskozite istenen kıvama gelene kadar karıştırılmıştır. Her bir kaplama patı 200 gram olacak şekilde hazırlanmış elde edilen on

iki pata %5, %10,%15 250 µm boyunda ponza taşı tozu ve %5, %10,%15 150 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. Elde edilen patın bileşenleri Çizelge 3.2’de yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Patın ve ponza taşı tozunun karışım miktarı

1.Pat	190 Gram Adhezyon Patı + 10 Gram 250 µm Boyutunda Ponza Taşı Tozu
2.Pat	180 Gram Adhezyon Patı + 20 Gram 250 µm Boyutunda Ponza Taşı Tozu
3.Pat	170 Gram Adhezyon Patı + 30 Gram 250 µm Boyutunda Ponza Taşı Tozu
4.Pat	190 Gram Adhezyon Patı + 10 Gram 150 µm Boyutunda Ponza Taşı Tozu
5.Pat	180 Gram Adhezyon Patı + 20 Gram 150 µm Boyutunda Ponza Taşı Tozu
6.Pat	170 Gram Adhezyon Patı + 30 Gram 150 µm Boyutunda Ponza Taşı Tozu

Hazırlanan pat ile dokusuz yüzeyin kaplanması ATAÇ Laboratuvar Tipi Kaplama Makinası ile gerçekleştirilmiştir. Kaplama makinası bıçak havada çalışma prensibine göre çalışmaktadır. Kaplanacak materyal bıçak ve silindir arasına yerleştirilir ve üzerine kaplama patı ilave edilir. Yüzey üzerinde aktarılabacak kaplama patının kalınlığına göre bıçak ile silindir arası yükseklik ayarlanır. Ardından bıçak hareket ettirilerek pat yüzeye aktarılır.



Şekil 3.1.Bıçak üste kaplama cihazı

Kullanılan on dört adet 28x36 cm boyutundaki numuneler 140 gram adhezyon patı ile kaplanmıştır. Kaplamanın ardından numuneler ve PP kumaşlar bir silindir yardımıyla birleştirilmiş ve katmanlı yapı ATAÇ Laboratuvar Tipi Kurutma Makinasında 110 °C’ de 7 dakika kurutulmuştur.



Şekil 3.2. Kurutma makinası

3.2.4.Katmanlı yapının adhezyon sağlayan pat ile kaplanması

Katmanlı yapının duvara adhezyonunu sağlamak amacı ile yüzeyin alt tarafı geko kimyasalı ile kaplanır. Kaplama ATAÇ Laboratuvar Tipi Kaplama cihazında

gerçekleştirilmiştir. Yüze aktarılacak madde miktarına göre bıçak ve silindir arasındaki yükseklik ayarlanır. 28 x 36 cm² alana sahip yüzeylere 52 ± 5 gram geko kimyasalı aktarılmıştır. Kaplamanın ardından yüzey 110 °C'de 10 dakika ATAÇ Laboratuvar Kurutma Cihazı'nda kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.5.Yüzeylerin hava geçirgenliklerinin ölçülmesi

Bir malzemenin hava geçirgenliği malzemenin belli bir alanından dikey yönde geçen hava akışının hızıdır. Malzeme içinden geçen hava akışının hızı verilen bir zaman aralığında, kumaşın deney alanı içindeki basınç farkından ölçülür. Temelde materyalin gramajı, kalınlığı ve gözenekliliğine bağlı olmaktadır. Şekil 3.6 hava geçirgenliği ölçüm düzeneğini göstermektedir.

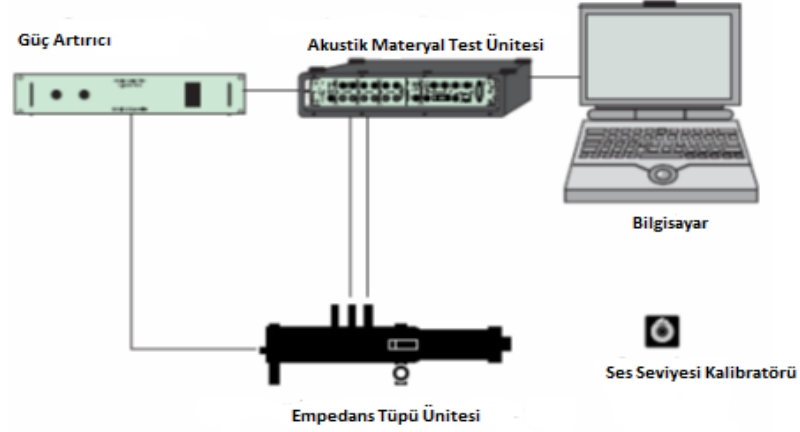


Şekil 3.3. Hava geçirgenliği ölçüm düzeneği

Numunelerin hava geçirgenliği değerleri, hava geçirgenliği cihazında 20 cm²'lik kumaş yüzeyinden, 100 Pa basınç farkı ile, 1 saniyede (s) geçen hava miktarının mm olarak belirlenmesi suretiyle yapılmış olup sonuçlar mm/s olarak ifade edilmiştir. Kumaşların 5 farklı yerinde bu test tekrarlanarak ortalaması alınmıştır. Numunelerin hava geçirgenliği ölçümü TS 391 EN ISO 9237 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.Yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısının ölçülmesi

Elde edilen yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı iki mikrofona transfer fonksiyon metoduna göre ölçüm yapan empedans tüpü ile TS EN ISO 10534-2 standartına göre gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.7 kullanılan empedans tüpünü göstermektedir.



Şekil 3.4. Akustik özelliklerin ölçüm düzeneği

Empedans tüpünün bir ucunda ses absorbsiyon katsayısı analiz edilecek materyal diğer ucunda ise hoparlör bulunmaktadır. Hoparlörün çalışma prensibi; hoparlöre gelen teller sabit bir mıknatısın kutupları arasında asılmış bir bobine bağlıdır. Bu bobin bir elektromıknatıstır. Bu tellere elektrik verildiğinde bobin mıknatıs özellik kazanır ve mıknatıs kutupları arasında aşağı-yukarı hareket eder. Bu şekilde bobin titreşim hareketi yapar. Burada bobine bağlı ve genellikle sertleştirilmiş kumaştan, ince kâğıttan veya ince bir metalden yapılmış konik bulunmaktadır. Konik bobinle birlikte ileri-geri hareket ederek havayı titreştirir. Böylelikle elektriksel sinyal ses dalgalarına dönüşür. Hoparlörden tüpün diğer ucunda bulunan materyale gönderilen dalgaların bir kısmı materyal tarafından absorblanır bir kısmı materyal tarafından yansıtılır. Yansıtılan dalgalar mikrofona tarafından ölçülür. Mikrofonlar mekanik enerji değişimini (insan kulağının işitebileceği frekans aralığında ise ses) elektriksel enerji değişimine çeviren aygıtlardır. Bütün mikrofonlar ses dalgalarına tepki gösteren çeşitli şekillerde yapılmış diyafram ya da benzeri bir elemana sahiptir. Mikrofonu gelen ses dalgaları diyaframa çarpar ve ses basıncındaki değişikliklere göre diyafram, içeriye veya dışarıya doğru hareket ederek mekanik titreşim yapar. Bu titreşimler sonucunda mikrofonun çıkış

uçlarında bir gerilim meydana gelir. Çıkış uçlarında meydana gelen gerilim ya hareket eden parçanın, ya hızın, ya da titreşimlerinin genliği ile orantılıdır. Gelen dalga miktarı ile yansıyan dalga miktarı arasındaki oran materyalin ses absorpsiyon katsayısını ifade etmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda empedans tüpünün boyutları ve mikrofonların konumları elde edilmiştir. Tüpün uzunluğu l_t olmak üzere;

$$l_t = x + x_2 + s_0 \quad (3.2)$$

burada x hoparlör ile ikinci mikrofon arasındaki mesafe, x_2 ilk mikrofon ve numune arasındaki mesafe, s_0 ise iki mikrofon arasındaki mesafedir.

Tüpün çapı yapılan istatistiki analizler sonucunda;

$$d_t < 0,58. \lambda_{\bar{u}} \quad (3.3)$$

burada $\lambda_{\bar{u}}$ dalga boyunun üst limitidir.

$$s_0 > 0,05. \lambda \quad (3.4)$$

burada λ dalga boyu, s_0 ise iki mikrofon arasındaki uzaklıktır.

$$f_{\bar{u}}. s_0 < 0,45. C_0 \quad (3.5)$$

burada $f_{\bar{u}}$ üst limit frekansı, C_0 sesin havadaki yayılma hızıdır.

$$x > 3. d_t > 300mm \quad (3.6)$$

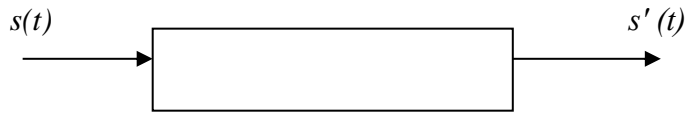
$$x_2 \geq 2. d_t = 200mm \quad (3.7)$$

$$d_{mikrofon} < 0,2. s_0 \quad (3.8)$$

(Suhaneck 2008)

Ölçümlerde ses absorpsiyon katsayısının tayin edilmesinde transfer fonksiyon metodu esas alınmıştır. Transfer matris modeli gözenekli materyallerin ses absorblama karakteristiklerini belirlemede kullanılan tekniklerden biridir. Transfer matris modeli ile yüzeyin empedans özellikleri de belirlenebilir (Kuttruff 2007).

Bir akustik sistem Şekil 3.8’de görüldüğü gibi giriş ve çıkış verilerine sahip lineer transmisyon sistem olarak düşünülebilir. Sisteme gelen her giriş sinyali $s(t)$ bir çıkış sinyali $s'(t)$ üretir. Eğer $s(t) = \hat{s} \exp(i\omega t)$ şeklinde harmonik bir titreşim ise, çıkış sinyali $s'(t)$ giriş sinyali ile aynı açısal frekansa sahip harmonik bir titreşim olacaktır. Bununla birlikte genlik ve çıkış fazı giriş frekansından ve genliğinden belirli miktarda (3.9) ve (3.10) eşitliklerde gösterildiği üzere frekansa bağlı kompleks transfer fonksiyonu $G(\omega)$ ’e göre değişecektir (Kuttruff 2007).



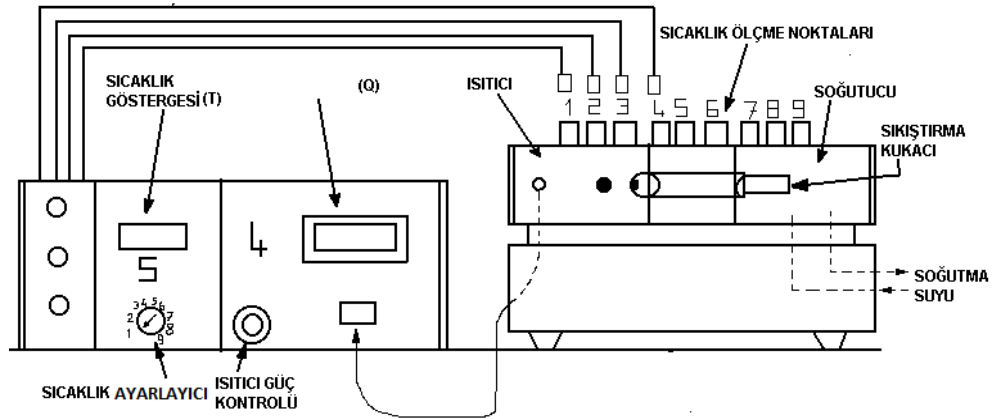
Şekil 3. 5. Transmisyon sistem

$$G(\omega) = |G(\omega)| \exp[i\varphi(\omega)] \quad (3.9)$$

$$s'(t) = \hat{s} G(\omega) e^{i\omega t} = \hat{s} |G(\omega)| e^{i[\omega t + \varphi(\omega)]} \quad (3.10)$$

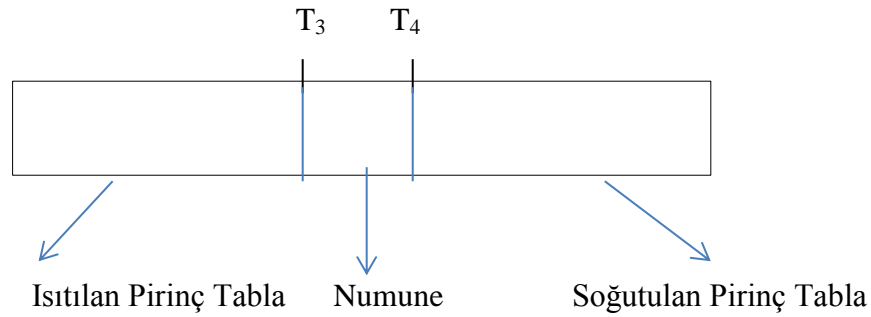
3.2.7. Isı iletim katsayısının ölçülmesi

Numunelerin ısı iletim katsayısı ölçümleri P.A.HİLTON LTD. H940 ısı iletim katsayısı ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Isı iletim katsayısı ölçüm cihazı Şekil 3.9’da yer almaktadır.



Şekil 3.6. Isı iletim katsayısı ölçüm cihazı

P.A.HİLTON LTD.H940 ısı iletim katsayısı ölçüm cihazı; temel olarak farklı sıcaklıklarda tutulan iki pirinç tabladan meydana gelmiştir. Her birinin çapı 25 mm olan üç adet termistör, pirinç tabakaların üzerine 10 mm aralıklarla yerleştirilmiştir. Pirinç tabakalardan biri elektrik konsoluna bağlıdır ve elektrik konsolundan sabit ısı enerjisi olarak sürekli ısıtılmaktadır. Pirinç tablalardan diğeri ise akar soğuk su ile sürekli soğutulmaktadır. Isıtma ve soğutma işlemine tabi tutulan pirinç parçalar arasında ısı iletim katsayısı tayin edilecek numune yerleştirilir. Isıtılan parçadan soğutulan parçaya doğru ısı transferi meydana gelmektedir. Bu cihaz kullanılarak, birinci parçadan ikinci parçaya doğru olan ısı düşüşünün parçalar arasında konulan ve bir ısı geçirgenlik direncine sahip olan malzemelerde etkisini görmek ve bu malzemelere ait ısı iletkenlik değerini hesaplamaktır. Isıl iletkenliğin ölçülmesi basit şekilde Şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.7.Isı iletkenliğin ölçülmesi

Isı iletim katsayısı ölçülecek Δx kalınlığında ve 25 mm çapında olan bir malzeme T_3 ve T_4 sıcaklığında bulunan iki pirinç tabla arasında yerleştirilir. Numunenin bir tarafı T_3 ve numunenin bir tarafı T_4 sıcaklığındadır. Fourier Isı iletim Kanuna göre aralarında sıcaklık farkı olan iki ortam arasında sıcak bölgeden soğuk bölgeye doğru ısı transferi meydana gelir. İki ortam arasında bulunan malzeme belli bir ısı iletim katsayısına sahiptir. Malzemenin ısı iletim katsayısı Fourier Kanununa göre;

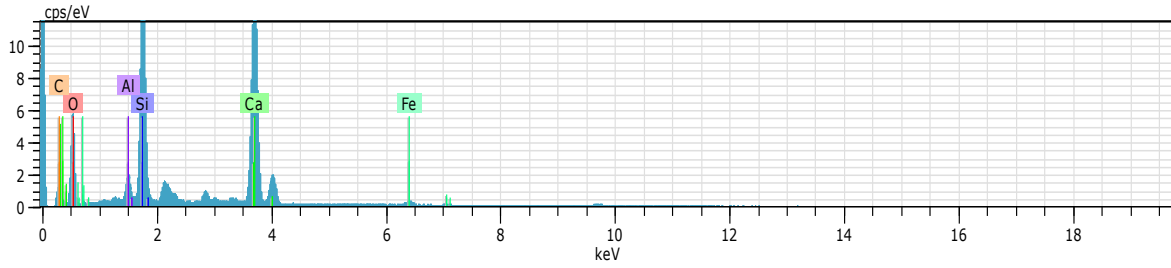
$$Q_x = -k.A.\frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (3.11)$$

eşitliği ile hesaplanır. Ölçüm sistemi rejime girdikten sonra T_3 ve T_4 sıcaklıkları dijital göstergeden okunur. Sisteme verilen ısı enerjisi, numune kalınlığı ve alanı bilinmektedir. Fourier ısı iletim kanundan numunenin ısı iletim katsayısı hesaplanır.

4. BULGULAR

4.1. Ponza Taşının Kimyasal Yapısının Analizi

Kullanılan ponza taşının kimyasal yapısı EDX ile analiz edilmiştir. Ponza taşının bileşenleri Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



HV:20.0kV Puls th.:7.37kcps

El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
O	8	K-series	43.58	54.20	68.52	5.4
Ca	20	K-series	21.31	26.50	13.38	0.6
Si	14	K-series	9.58	11.91	8.58	0.4
C	6	K-series	3.85	4.79	8.07	0.7
Al	13	K-series	1.07	1.33	0.99	0.1
Fe	26	K-series	1.02	1.27	0.46	0.1
Total:			80.40	100.00	100.00	

Şekil 4. 1. Ponza taşının kimyasal analizi

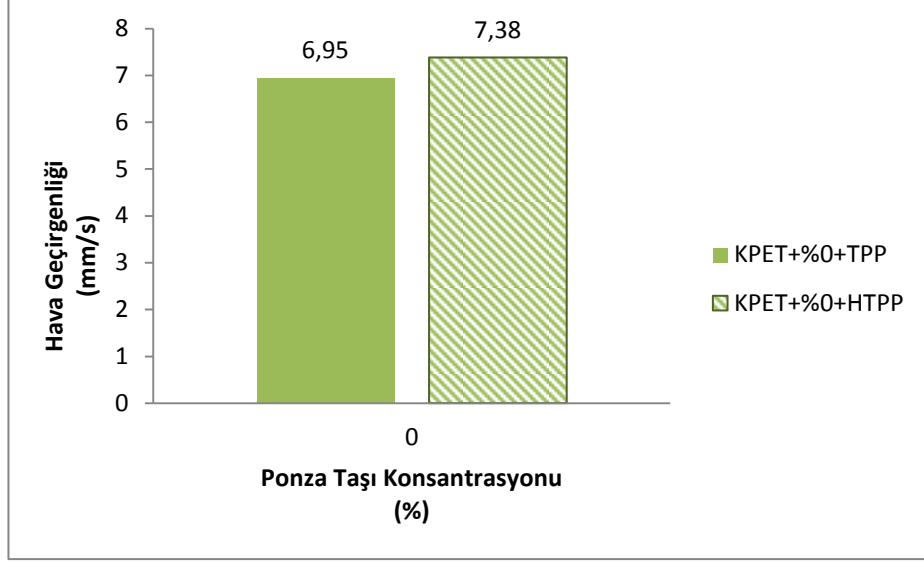
Kullanılan ponza taşında %54,20 oksijen, %26,50 kalsiyum, %11,91 silisyum, %4,9 karbon, %1,33 alüminyum ve %1,27 demir bulunmaktadır.

4.2.Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

TS 391 EN ISO 9237 standartına göre gerçekleştirilen numunelerin hava geçirgenliği değerleri Çizelge 4.1’de yer almaktadır.

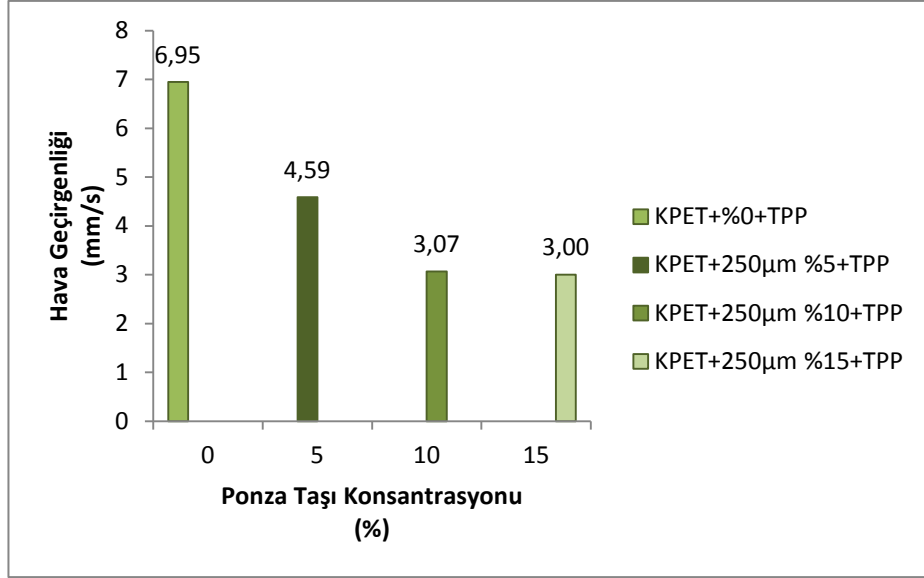
Çizelge 4. 1.Numunelerin hava geçirgenliği değerleri

Numune	Numune Kodu	Hava Geçirgenliği Sonucu
Numune 1	KPET+%0+TPP	6,95 mm/s
Numune 2	KPET+%0+HTPP	7,38 mm/s
Numune 3	KPET+250 µm %5 +TPP	4,59 mm/s
Numune 4	KPET+250 µm %10+TPP	3,07 mm/s
Numune 5	KPET+250 µm %15+TPP	3,00 mm/s
Numune 6	KPET+250 µm %5+HTPP	6,61 mm/s
Numune 7	KPET+250 µm %10+HTPP	3,44 mm/s
Numune 8	KPET+250 µm %15+HTPP	3,29 mm/s
Numune 9	KPET+150 µm %5+TPP	5,09 mm/s
Numune 10	KPET+150 µm %10+TPP	3,67 mm/s
Numune 11	KPET+150 µm %15+TPP	3,50 mm/s
Numune 12	KPET+150 µm %5+HTPP	6,75 mm/s
Numune 13	KPET+150 µm %10+HTPP	6,35 mm/s
Numune 14	KPET+150 µm %15+HTPP	4,29 mm/s



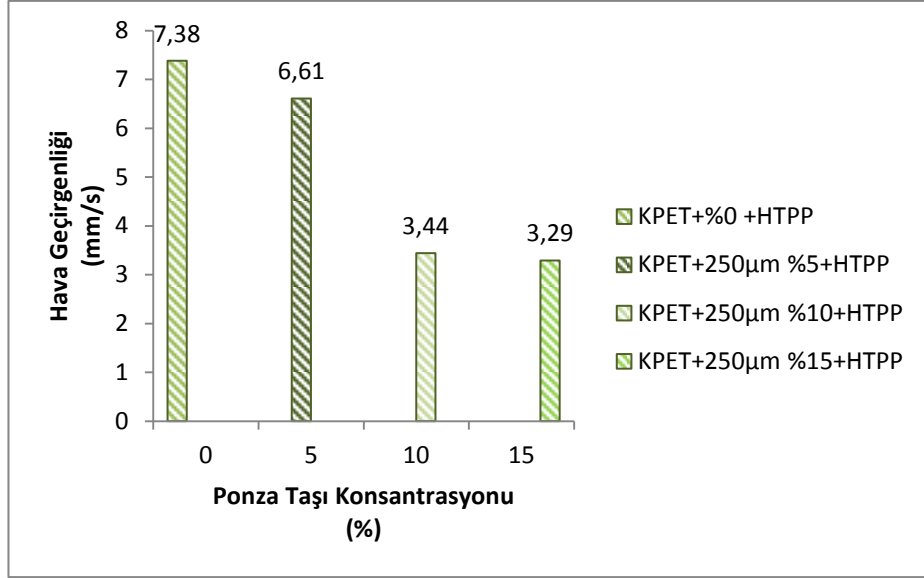
Şekil 4. 2. Ponza taşı tozu içermeyen çift katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri

Şekil 4.2 ponza taşı içermeyen ve farklı üst kumaşlar kullanılarak elde edilmiş iki farklı çift katmanlı yapının hava geçirgenliğini göstermektedir. Üst kumaş olarak PP tekstüre atkı ipliği ile dokunan kumaşın kullanıldığı çift katmanlı yapının (KPET+%0+TPP) hava geçirgenliği 6,95 mm/s olarak ölçülmüştür. Üst kumaş olarak atkı ipliği içi boş PP elyaftan oluşan tekstüre ipliğin kullanıldığı çift katmanlı yapının (KPET+%0+HTPP) hava geçirgenliği 7,38 mm/s olarak ölçülmüştür. İçi boş PP liflerde bulunan lümen tabaka katmanlı yapının içinde bulunan hava miktarını artırmıştır. KPET+%0+HTPP’de PP atkı ipliği lifleri içinde bulunan lümen tabakanın KPET+%0+HTPP’nin hava geçirgenliğini artırdığı düşünülmektedir.



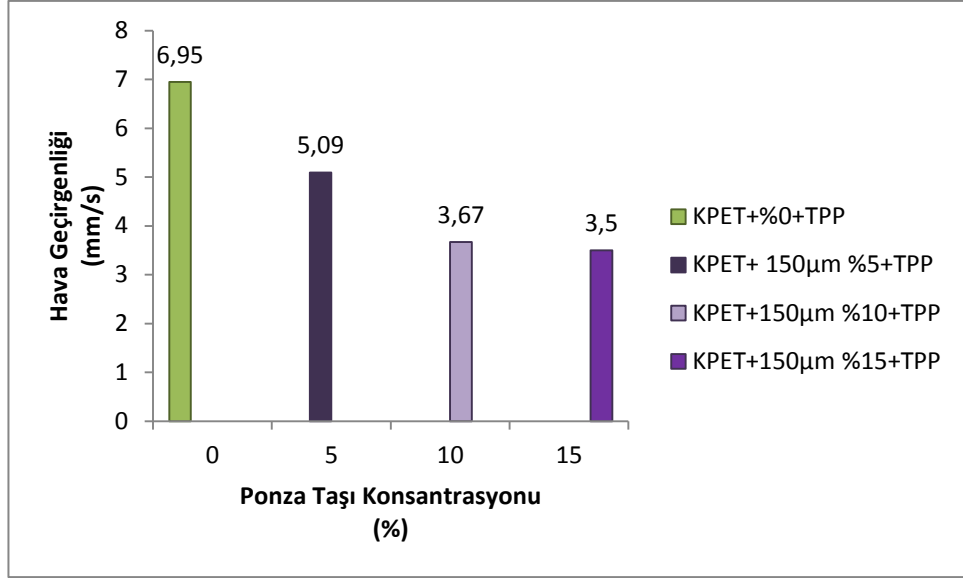
Şekil 4.3. Tekstüre PP atkı ipliği kullanılarak elde edilen üst kumaş, kanallı PET elyaftan elde edilen dokusuz yüzey ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri

Şekil 4.3 üst kumaş olarak tekstüre PP iplikten dokunmuş çift katmanlı yapıların hava geçirgenlik değerlerini göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada tutan adhezyon patına üç farklı konsantrasyonda 250 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında ponza taşı kullanılmayan numunenin hava geçirgenliği (KPET+%0+TPP) 6,95 mm/s olarak ölçülmüştür. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında adhezyon patının % 5, % 10 ve % 15'i oranında ponza taşı tozu kullanılan numunelerin (KPET+250µm %5+TPP, KPET+250µm %10+TPP, KPET+250µm %15+TPP) hava geçirgenlikleri sırasıyla 4,59 mm/s, 3,07 mm/s ve 3,00 mm/s olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına bakılarak ponza taşı konsantrasyonunun artışının hava geçirgenliğini azalttığı görülmektedir. Mikro boyuttaki ponza taşı tozu çift katmanlı yapının makro boyuttaki gözeneklerini doldurduğu sonuç olarak hava geçirgenliğinin düştüğü düşünülmektedir. Ponza taşı tozu konsantrasyonunun artışıyla birlikte makro boyuttaki gözenek miktarının azaldığı düşünülmektedir.



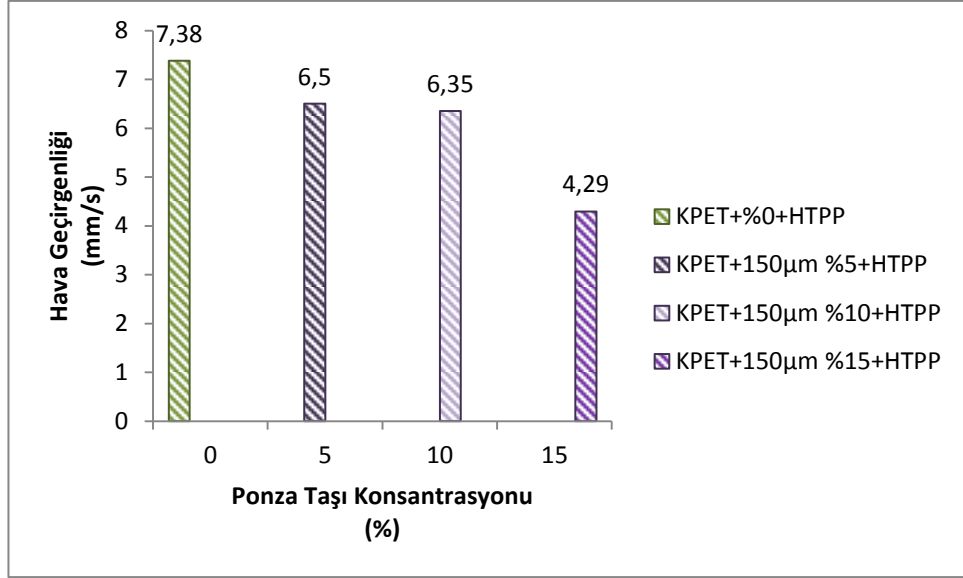
Şekil 4.4. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri

Şekil 4.4 üst kumaş olarak içi boş PP elyaftan üretilen tekstüre iplikten dokunmuş çift katmanlı yapıların hava geçirgenlik değerlerini göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada tutan adhezyon patına üç farklı konsantrasyonda 250 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında ponza taşı kullanılmayan numunenin hava geçirgenliği (KPET + %0 + HTPP) 7,38 mm/s olarak ölçülmüştür. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında adhezyon patınının % 5, % 10 ve % 15' i oranında ponza taşı tozu kullanılan numunelerin hava geçirgenlikleri (KPET + 250µm %5 + HTPP, KPET + 250µm %10 + HTPP, KPET + 250µm %15 + HTPP) sırasıyla 6,61 mm/s, 3,44 mm/s ve 3,29 mm/s olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına bakılarak ponza taşı konsantrasyonunun artışıyla çift katmanlı yapıda bulunan makro boyuttaki gözenek oranı azaldığı sonuç olarak katmanlı yapıların hava geçirgenliğinin azaldığı düşünülmektedir.



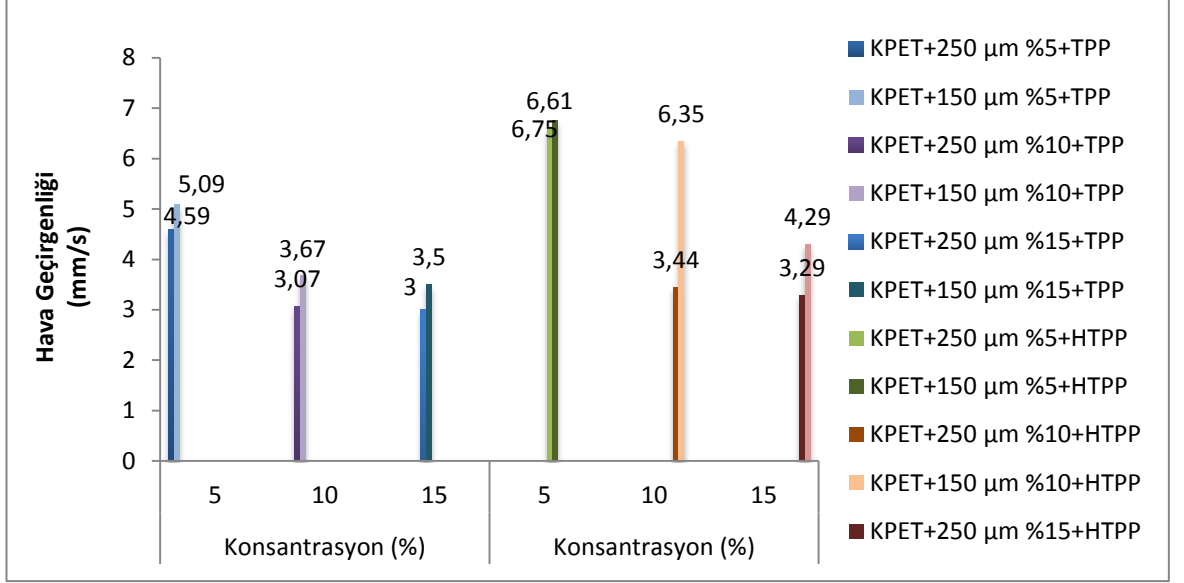
Şekil 4.5. PP tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri

Şekil 4.5 üst kumaş olarak PP tekstüre iplikten dokunmuş, alt kumaş olarak kanallı PET elyaftan oluşan dokusuz yüzey kullanımıyla oluşturulmuş çift katmanlı yapıların (KPET + %0 + TPP, KPET + 150µm %5 + TPP, KPET + 150µm %10 + TPP, KPET + 150µm %15 + TPP) hava geçirgenlik değerlerini göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada tutan adhezyon patına üç farklı konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. İki yüzeyin bir araya getirilmesinde ponza taşı kullanılmayan numunenin (KPET + %0 + TPP) hava geçirgenliği 6,95 mm/s, yüzeylerin bir araya getirilmesi sırasında %5, %10 ve %15 konsantrasyonda ponza taşı kullanılan numunelerin (KPET + 150µm %5 + TPP, KPET + 150µm %10 + TPP, KPET + 150µm %15 + TPP) hava geçirgenlikleri sırasıyla 5,09 mm/s, 3,67 mm/s ve 3,50 mm/s olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları ponza taşı konsantrasyonunun artışıyla birlikte hava geçirgenliğinin azaldığını göstermektedir.



Şekil 4.6. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri

Şekil 4.6 üst kumaş olarak içi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten dokunmuş ve alt kumaş olarak kanallı PET elyaftan elde edilmiş dokusuz yüzey kullanımıyla elde edilen çift katmanlı yapıların (KPET+%0+HTPP, KPET+%5 150µm+HTPP, KPET+%10 150µm+HTPP, KPET+%15 150µm+HTPP) hava geçirgenlik değerlerini göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada tutan adhezyon patına üç farklı konsantrasyonda, 150 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında ponza taşı kullanılmayan numunenin (KPET+%0+HTPP) hava geçirgenliği 7,38 mm/s olarak ölçülmüştür. Ponza taşı konsantrasyonu %5, %10 ve %15 olan numunelerin (KPET+%5 150µm+HTPP, KPET+%10 150µm+HTPP, KPET+%15 150µm+HTPP) hava geçirgenlikleri sırasıyla; 6,50 mm/s, 6,35 mm/s ve 4,29 mm/s olarak ölçülmüştür. Sonuçlar ponza taşı konsantrasyonunun artışıyla birlikte hava geçirgenliğinin düştüğünü göstermektedir. Mikro boyutta bulunan ponza taşının makro boyuttaki gözenekleri kapattığı düşünülmekte ve sonuç olarak hava geçirgenliğinin düştüğü düşünülmektedir.



Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonlarda ve farklı boyutta ponza taşı tozu içeren adhezyon patı ile birleştirilmiş numunelerin hava geçirgenlik değerleri

Şekil 4.7 %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 250µm ve 150µm boyutunda ponza taşı tozu içeren çift katmanlı yüzeylerin hava geçirgenliklerini göstermektedir. PP tekstüre atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 250 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET + 250 µm %5 + TPP, KPET + 250 µm %10 + TPP, KPET + 250 µm %15 + TPP) hava geçirgenliği sırasıyla 4,59 mm/s, 3,07 mm/s ve 3 mm/s iken, tekstüre atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET + 150 µm %5 + TPP, KPET + 150 µm %10 + TPP, KPET + 150 µm %15 + TPP) hava geçirgenliği 5,09 mm/s, 3,67 mm/s ve 3,50 mm/s olarak ölçülmüştür. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 250 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET + 250 µm %5 + HTPP, KPET + 250 µm %10 + HTPP, KPET + 250 µm %15 + HTPP) hava geçirgenliği sırasıyla 6,61 mm/s, 3,44 mm/s ve 3,29 mm/s iken, tekstüre atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET + 150 µm %5 + HTPP, KPET

+ 150 µm %10 + HTPP, KPET + 150 µm %15 + HTPP) hava geçirgenliği 6,75 mm/s, 6,35 mm/s ve 4,29 mm/s olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları, ponza taşı boyutunun azalmasıyla birlikte hava geçirgenliği değerlerinin artığını göstermektedir. Ponza taşının boyutunun azalmasıyla birlikte, mikron boyuttaki partikülün makro boyuttaki gözeneği kapatma oranının düştüğü ve böylelikle hava geçirgenliğinin artığı düşünölmektedir.

4.3. Ses Absorbsiyon Katsayısı Ölçüm Sonuçları

TS EN ISO 10534-2 standardına göre yapılan ses absorbsiyon katsayısı ölçüm sonuçları kullanılan üst kumaşa göre Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' de yer almaktadır.

Çizelge 4.2.Tekstüre PP atkı iplikten dokunmuş üst kumaş ile oluşturulmuş katmanlı yapıların ses absorbsiyon katsayıları

Frekans (Hz)	Ses Absorbsiyon Katsayısı						
	KPET+ %0+TPP	KPET+ 250µ %5+TPP	KPET+ 250µ %10+TPP	KPET+ 250µ %15+TPP	KPET+ 150µ %5+TPP	KPET+ 150µ %5+TPP	KPET+ 150µ %5+TPP
100	0,06	0,04	0,01	0,04	0,05	0,01	0,03
125	0,05	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04
160	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02
200	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05	0,03	0,05
250	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,03	0,05
315	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,05
400	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
500	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,08
630	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,09
800	0,09	0,09	0,1	0,09	0,08	0,08	0,11
1000	0,11	0,1	0,13	0,14	0,1	0,1	0,13
1250	0,14	0,12	0,17	0,18	0,14	0,14	0,16
1600	0,18	0,15	0,21	0,2	0,19	0,21	0,2
2000	0,22	0,21	0,35	0,4	0,24	0,26	0,26
2500	0,25	0,31	0,43	0,47	0,33	0,45	0,48
3150	0,29	0,46	0,47	0,5	0,49	0,53	0,55
4000	0,33	0,46	0,46	0,56	0,47	0,49	0,51
5000	0,37	0,44	0,45	0,53	0,43	0,45	0,5
6300	0,39	0,4	0,43	0,45	0,39	0,4	0,48

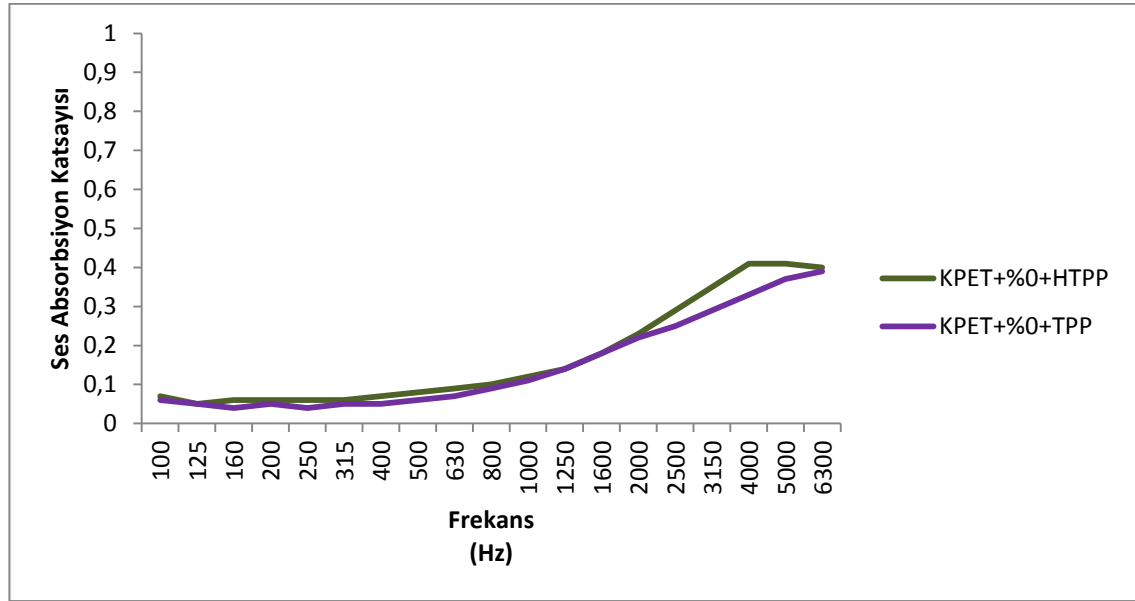
Çizelge 4.3. İçi boş PP elyaftan elde edilmiş tekstüre atkı iplikten dokunmuş üst kumaş ile oluşturulmuş katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Frekans (Hz)	Ses Absorpsiyon Katsayısı						
	KPET+ %0+HTPP	KPET+ 250µ %5+HTPP	KPET+ 250µ %10 +HTPP	KPET+ 250µ %15 +HTPP	KPET+ 150µ %5 +HTPP	KPET+ 150µ %10 +HTPP	KPET+ 150µ %15 +HTPP
100	0,07	0,02	0,07	0,04	0,04	0,06	0,01
125	0,05	0,02	0,07	0,04	0,04	0,06	0,02
160	0,06	0,02	0,07	0,04	0,05	0,04	0,02
200	0,06	0,02	0,06	0,04	0,04	0,06	0,02
250	0,06	0,03	0,06	0,04	0,05	0,06	0,03
315	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,07	0,04
400	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,08	0,05
500	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,09	0,01
630	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,1	0,1
800	0,1	0,08	0,08	0,09	0,09	0,1	0,09
1000	0,12	0,1	0,1	0,14	0,11	0,12	0,1
1250	0,14	0,15	0,15	0,16	0,14	0,17	0,18
1600	0,18	0,21	0,23	0,24	0,2	0,27	0,26
2000	0,23	0,31	0,35	0,34	0,27	0,37	0,36
2500	0,29	0,44	0,48	0,52	0,35	0,47	0,48
3150	0,35	0,43	0,46	0,5	0,45	0,52	0,57
4000	0,41	0,42	0,45	0,48	0,48	0,5	0,58
5000	0,41	0,42	0,44	0,47	0,46	0,47	0,53
6300	0,4	0,4	0,43	0,47	0,46	0,46	0,47

Çizelge 4.3 ve 4.4 tekstüre PP atkı iplikten dokunmuş üst kumaş ile oluşturulmuş ve içi boş PP tekstüre atkı iplikten dokunmuş üst kumaş ile oluşturulmuş katmanlı yapıların 100-6300 Hz frekans aralığındaki ses absorpsiyon katsayılarını göstermektedir. Ölçüm sonuçları katmanlı yapılardaki ponza taşı miktarının artışıyla ve ponza taşı boyutunun azalmasıyla birlikte katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayılarının arttığını göstermektedir. Deney numunelerinin ses absorpsiyon katsayıları 3150-4000 Hz frekans aralığında en yüksek değerini almaktadır. Bu frekansta sesin dalga boyu absorpsiyon prosesi için en ideal seviyededir. Düşük frekanslarda katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı düşük çıkmıştır. Bu durumun nedeni, düşük frekanslarda sesin dalga boyu değerinin yüksek, genliğinin küçük olması ve sonuç olarak ses dalgaları ile absorblayıcı yüzey arasında sürtünmelerin azalması olduğu düşünülmektedir. Yüksek frekanslarda katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı düşük frekanslara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durumun nedeni olarak ses dalgalarının genliklerinin büyük olması ve dalga boyu değerinin düşük olmasından dolayı absorblayıcı yüzey ile ses dalgaları

arasındaki sürtünmelerin artması ve sonuç olarak materyalin ses absorblama kapasitesi artması olduğu düşünülmektedir.

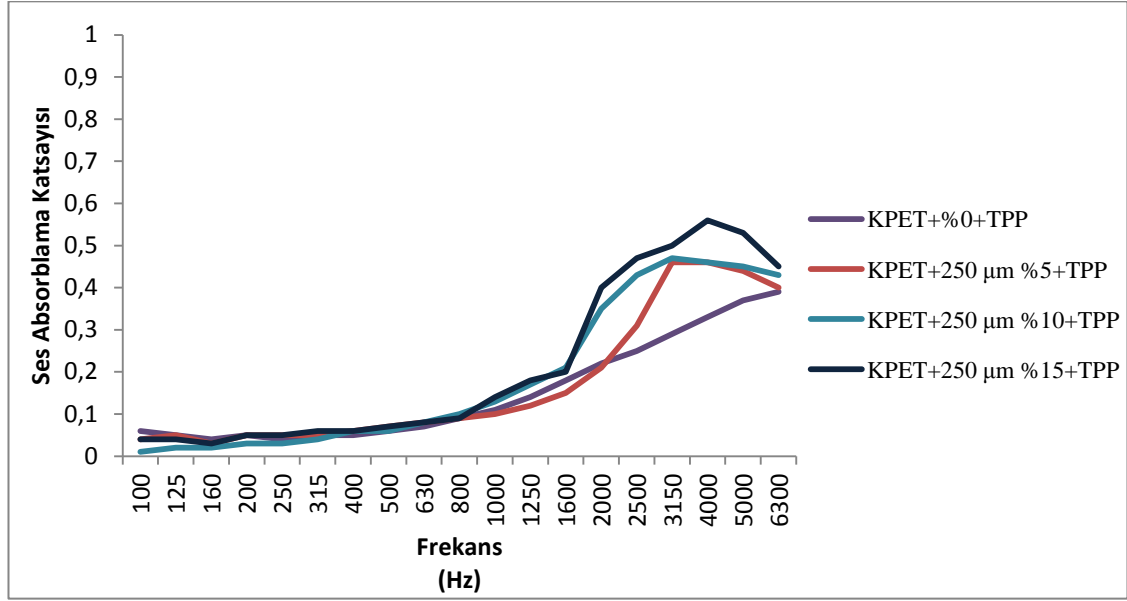
Şekil 4.8 katmanlı yapıların farklı frekanslarda ses absorpsiyon katsayılarının frekansa göre değişimini göstermektedir.



Şekil 4.8. Ponza taşı tozu içermeyen çift katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

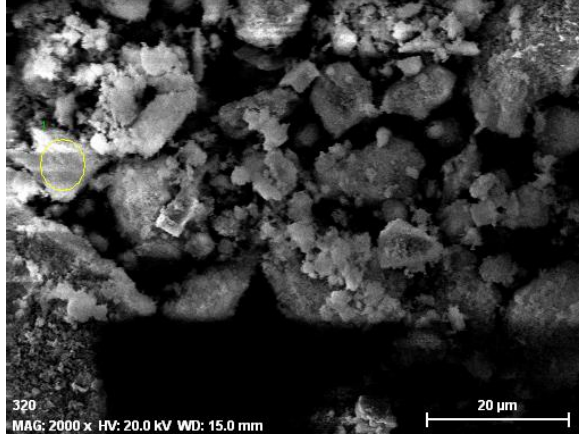
Şekil 4.8 farklı üst kumaş ile birleştirilmiş katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerlerini göstermektedir. 100-6300 Hz frekans aralığında yapılan ölçümlerden üst kumaş olarak içi boş PP elyaftan elde edilmiş tekstüre atkı iplik ile dokunmuş numunenin ses absorpsiyon katsayısının üst kumaş olarak PP tekstüre atkı iplikten dokunmuş numunenin ses absorpsiyon katsayısından daha yüksek çıktığı görülmektedir. İçi boş PP elyafın içinde bulunan lümen tabakanın numunelerin ses absorpsiyon katsayısını artırdığı düşünülmektedir. İçi boş PP elyaftan üretilmiş tekstüre atkı iplikten dokunmuş üst kumaşların kullanıldığı katmanlı yapılarda lümen tabakadan dolayı hava boşluğu PP elyaftan elde edilmiş tekstüre atkı iplikten dokunmuş üst kumaşların kullanıldığı katmanlı yapıdan daha fazladır. Katmanlı yapılardaki hava boşluğu miktarındaki artışın katmanlı yapıların ses absorpsiyon kapasitesini artırdığı düşünülmektedir. Ponza taşı içermeyen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayıları

3150-4000 Hz arasında maksimum seviyede çıkmıştır. Bu frekans aralığında sesin dalga boyunun ses absorblama mekanizması için en uygun değerde olduğu düşünölmektedir.



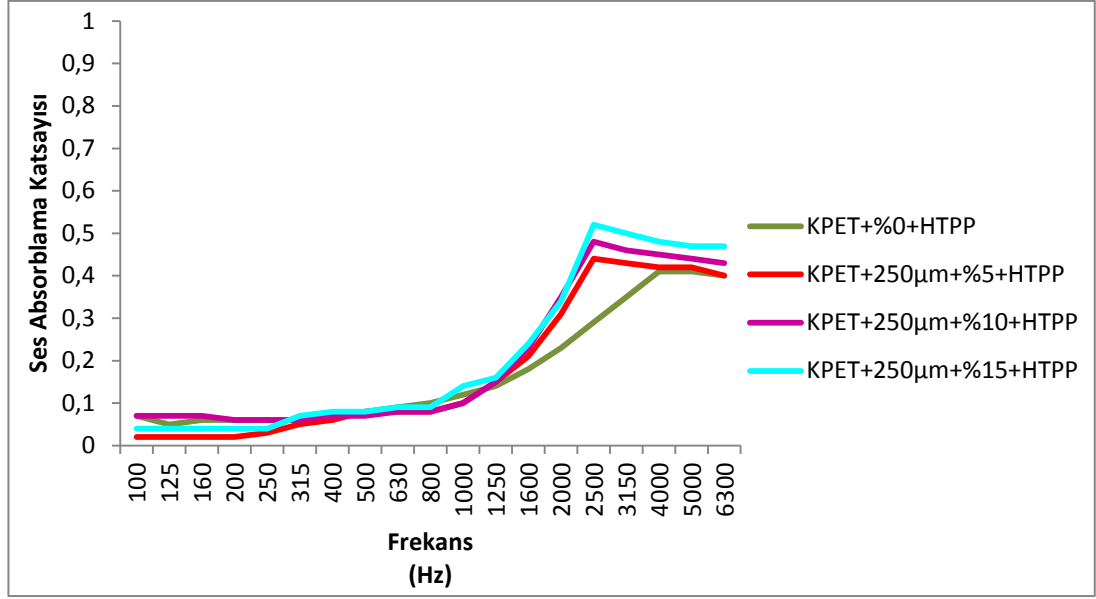
Şekil 4.9. Tekstüre PP atkı ipliği kullanılarak elde edilen üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Şekil 4.9 tekstüre PP atkı ipliği kullanılarak elde edilen üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerlerini göstermektedir. Ölçüm sonuçlarına göre ponza taşı konsantrasyonunun artmasıyla numunelerin ses absorblama katsayısının artığı görölmüşür. Ponza taşı konsantrasyonu ile numunelerin ses absorpsiyon katsayısının artışına ponza taşının yapısında bulunan silisyum dioksit, demir oksit, kalsiyum oksit ve alüminyum oksitin neden olduğu düşünölmektedir. Ayrıca ponza taşının mikron boyutta gözenekler içermesi numunelerin ses absorpsiyon katsayısının artışına neden olduğu düşünölmektedir. Ponza taşı konsantrasyonu artışı ile mikron boyuttaki gözenek miktarı artmış ve sonuç olarak numunelerin ses absorpsiyon katsayısı değeri artmıştır. Ponza taşının mikron boyuttaki gözenekli yapısı Şekil 4.10'da görölmektedir.



Şekil 4.10. Ponza taşının gözenekli yapısı

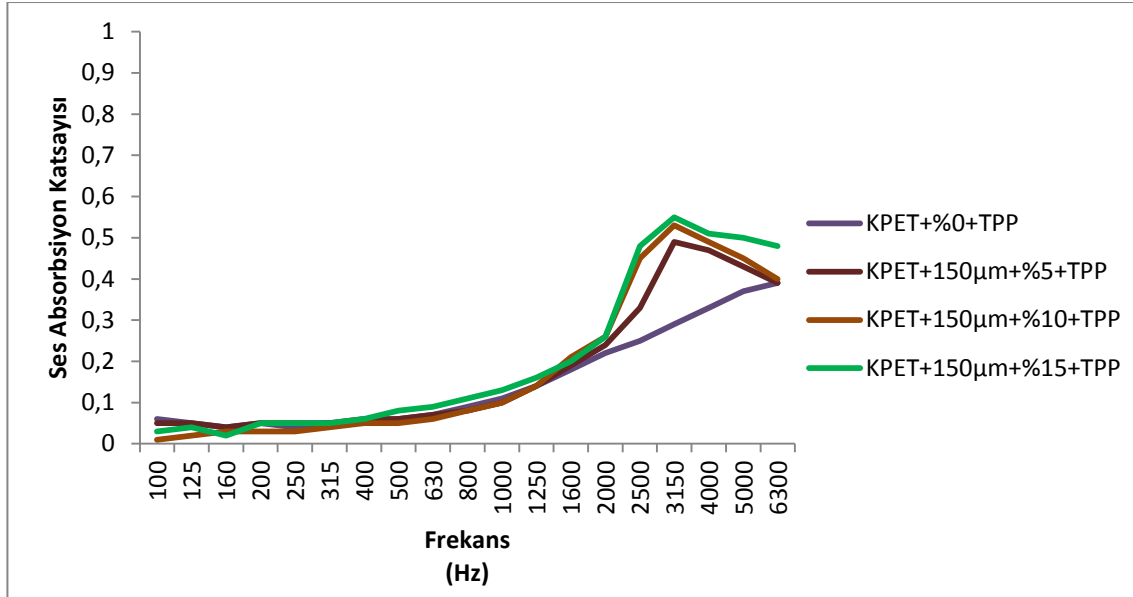
Şekil 4.9 numunelerin düşük frekanslarda ses absorpsiyon katsayılarının düşük değerlerde olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni olarak sesin dalga boyunun yüksek, genliğinin düşük olması ve sonuç olarak temas ettiği yüzeyin arka tarafına kolaylıkla geçebilmesi olduğu düşünülmektedir. Numunelerin ses absorpsiyon katsayıları 3150-4000 Hz arasında maksimum değeri almaktadır. Bu frekans aralığında ses absorpsiyon katsayısı en yüksek olan numune; ses absorpsiyon katsayısı değeri 0,5-0,56 %15 ponza taşı içeren numune iken, ses absorpsiyon katsayısı en düşük olan numune; ses absorpsiyon katsayısı değeri 0,29-0,33 olan ponza taşı içermeyen numunedir. Bu frekans aralığında numunelerin maksimum ses absorblama verimine ulaşmasının, ses dalgalarının boyunun kısılması ve genliklerinin artmasının neden olduğu düşünülmektedir. Genlik artışı ile birlikte, ses dalgaları ile absorblayıcı yüzey arasındaki temasların artması sonucu sürtünmelerin ve kayıp ısı enerjine dönüşen ses enerjisi miktarının arttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.11. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Şekil 4.11 içi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 250 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerlerini göstermektedir. Empedans tüpü tekniği ölçüm sonuçları katmanlı yapılardaki ponza taşı konsantrasyonunun artışı ile birlikte katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayılarının arttığını göstermektedir. Bu duruma ponza taşının fiziksel ve kimyasal yapısının neden olduğu düşünülmektedir. Ponza taşı konsantrasyonunun artışı ile birlikte katmanlı yapıdaki silisyum dioksit, alüminyum oksit, demir oksit ve kalsiyum oksit miktarı ve ponza taşı kaynaklı mikro boyutlu gözenek sayısı artmıştır. Bu sonuçların katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısını artırdığı düşünülmektedir. Ölçüm sonuçlarından elde edilen bir diğer sonuç ise sesin frekans değerinin 3150 Hz'e artışıyla birlikte katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayılarının artmasıdır. 3150 Hz'den sonra numunelerin ses absorpsiyon katsayısında düşüş görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak ses dalgalarının dalga boyunun azalmasıyla temas ettiği yüzeyin diğer tarafına daha kolay geçebilecek duruma geldiği düşünülmektedir. Numunelerin ses absorpsiyon katsayıları 3150-4000 Hz arasında maksimum değeri almaktadır. Bu frekans aralığında ses absorpsiyon katsayısı en yüksek

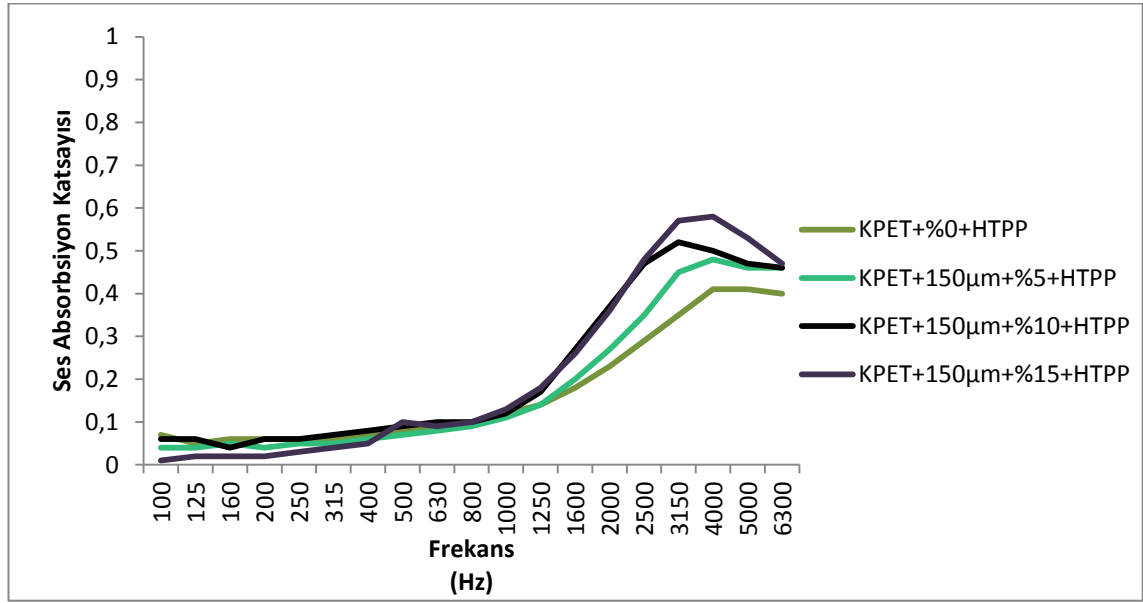
olan numune; ses absorpsiyon katsayısı değeri 0,48-0,5 %15 ponza taşı içeren numune iken, ses absorpsiyon katsayısı en düşük olan numune; ses absorpsiyon katsayısı değeri 0,35-0,41 olan ponza taşı içermeyen numunedir. Bu frekans aralığında ses dalgalarının boyunun ve genliğinin optimum değerde olması, ses dalgaları ve yüzey arasındaki sürtünmelerin en yüksek seviyede olmasına imkan verir. 4000 Hz'den sonra numunelerin ses absorpsiyon katsayısında düşüş görülmüştür. Sesin dalga boyunun kısalmasıyla temas ettiği yüzeyin diğer tarafına daha hızlı geçebilecek duruma gelmesi yüksek frekanslarda numunelerin ses absorpsiyon katsayısının düşüşüne neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.12. PP tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Şekil 4.12 PP tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerlerini göstermektedir. Ölçüm sonuçları ponza taşı konsantrasyonu artışıyla birlikte numunelerin ses absorpsiyon katsayısı değerlerinin arttığını göstermektedir. Ponza taşının içerdiği bileşikler ve ponza taşının mikro gözenekli yapısının katmanlı yapıların ses absorpsiyon kapasitelerini artırdığı düşünülmektedir. Katmanlı yapılarda ponza taşı konsantrasyonu artışı ile katmanlı yapıdaki silisyum dioksit, kalsiyum dioksit,

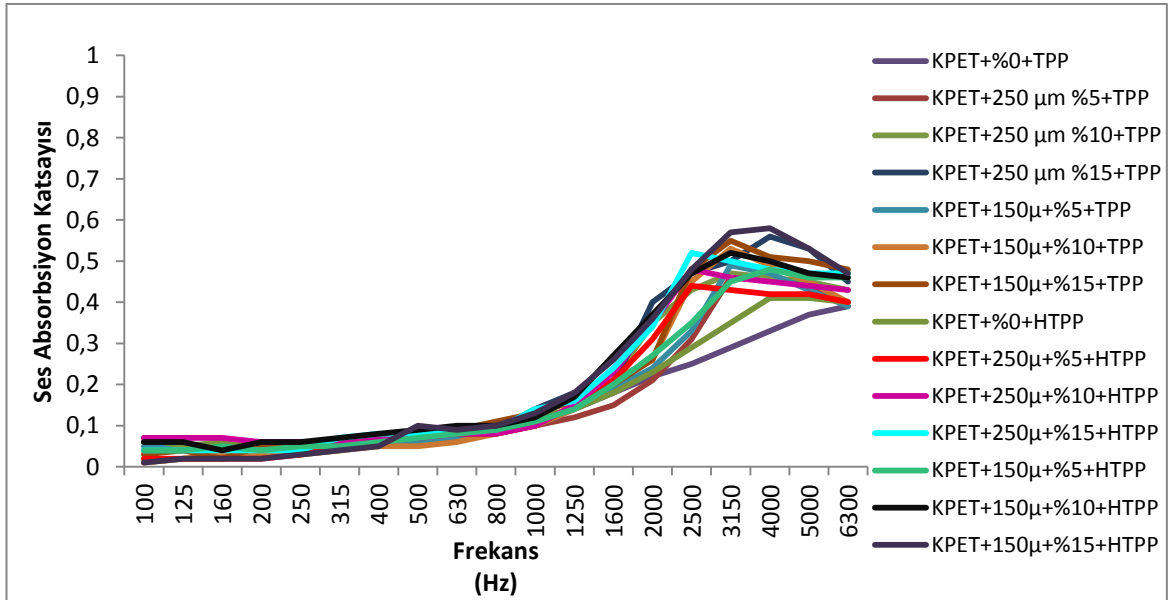
alüminyum oksit ve demir oksit miktarı artmış ve aynı zamanda katmanlı yapıların mikro gözenekli yapıları artmıştır. Numunelerin ses absorpsiyon katsayıları 3150-4000 Hz frekans aralığında maksimum değerini almıştır. Ses dalgalarının genliğinin ve dalga boyunun bu frekans aralığında, absorpsiyon mekanizması için en uygun seviye olduğu ve bu yüzden katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayılarının 3150-4000 Hz frekans aralığında maksimum değerini aldığı düşünülmektedir.



Şekil 4.13. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Şekil 4.13 içi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerlerini göstermektedir. 100-6300 Hz frekans aralığında empedans tüpü ile yapılan ölçüm sonuçları numunelerde bulunan ponza taşı tozu konsantrasyonu artışıyla katmanlı yapıların ses absorblama kapasitelerinin arttığını göstermektedir. Bu duruma ponza taşının mikron boyutta gözenekler içermesi ve yapı taşında bulunan bileşiklerin neden olduğu düşünülmektedir. Düşük frekanslarda 100-1000 Hz arasında katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerlerinin düşük

olduğu görülmektedir. Bu duruma düşük frekanslarda ses dalgalarının dalga boyunun uzun ve genliklerinin düşük olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayıları en yüksek değerini 3150-4000 Hz arasında almıştır. Bu frekans aralığının ses absorpsiyon mekanizması için optimum aralık olduğu düşünülmektedir. Üst kumaş olarak içi boş PP elyaftan oluşan tekstüre atkı iplikten dokunmuş ve % 15 konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşı tozu içeren katmanlı yapı ses absorblama kapasitesi en yüksek olan numunedir. Sesin frekans değeri 4000 Hz'i geçtikten sonra katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayılarında düşüş görülmüştür. Ses dalgalarının boyunun kısalması ve temas ettikleri yüzeyin diğer tarafına daha hızlı geçebilmelerinin 4000 Hz'den sonra numunelerin ses absorpsiyon katsayılarının düşüşüne neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.14. Farklı konsantrasyonlarda ve farklı boyutta ponza taşı tozu içeren adhezyon patı ile birleştirilmiş numunelerin ses absorpsiyon katsayısı değerleri

Şekil 4.14 farklı konsantrasyonlarda ve farklı boyutta ponza taşı tozu içeren adhezyon patı ile birleştirilmiş numunelerin ses absorpsiyon katsayısı değerlerini göstermektedir. Katmanlı yapıların 100-1600 Hz frekans aralığındaki ses absorpsiyon katsayıları arasında büyük farkların olmadığı görülmüştür. 1600 Hz'den sonra katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayıları arasında farklar görülmektedir. 1600-6300 Hz frekans aralığında ses absorpsiyon katsayısı en yüksek olan numune 150 µm partikül boyutunda

%15 konsantrasyonda ponza taşı tozu içeren içi boş PP elyaftan elde edilmiş tekstüre atkı iplik ile dokunan üst kumaşın kullanıldığı katmanlı yapıdır. Sözü edilen frekans aralığında bu numunenin ses absorpsiyon katsayısı 0,58-0,36 arasındadır. Bu frekans aralığında ses absorpsiyon katsayısı en düşük olan numune tekstüre PP atkı iplikten dokunmuş ponza taşı içermeyen numunedir ve sözü edilen frekans aralığında ses absorpsiyon katsayısı 0,22-0,39 arasındadır. Ölçüm sonuçları tüm numuneler üzerinden değerlendirildiğinde ponza taşı konsantrasyonunun artışı ile birlikte ses absorpsiyon katsayısının artışı görülmüştür. Bu durumun ponza taşının mikro gözenekli yapısından ve içerdiği silisyum dioksit, demir oksit, kalsiyum oksit ve alüminyum oksitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ponza taşının mikron boyutunun düşüşüyle birlikte ses absorpsiyon katsayısının artışı görülmüştür. Partikül boyutu 150 µm olan ponza taşının kullanıldığı numunelerin hava geçirgenliği partikül boyutu 250 µm olan numunelerin hava geçirgenliğinden daha yüksektir. Hava geçirgenliğinin artışının numunelerin ses absorpsiyon katsayısını artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca birim alanda partikül sayısının artışıyla birlikte yüzeylerin pürüzlülüğünün artışı ve sonuç olarak numunelerin ses absorpsiyon katsayısının artışı düşünülmektedir.

Şekil 4.14 içi boş PP elyaf içeren numunelerin ses absorpsiyon katsayılarının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni olarak içi boş PP elyafıta bulunan kanal şeklinde hava tabakanın numunelerin ses absorpsiyon katsayısını artırdığı düşünülmektedir. Bilindiği üzere hava çok iyi bir ses absorblayan malzemedir.

Katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayılarının en yüksek çıktığı frekans aralığı 3150-4000 Hz arasındadır. Bu frekans aralığında ses dalgalarının boyu ve genliği absorpsiyon mekanizması için en ideal seviyededir. Bu frekans aralığında ses dalgalarının genlik değeri, materyal ve ses dalgaları arasında sürtünme miktarının maksimum seviyede olmasını sağladığı düşünülmektedir.

4.4. Isı İletim Katsayısı Ölçüm Sonuçları

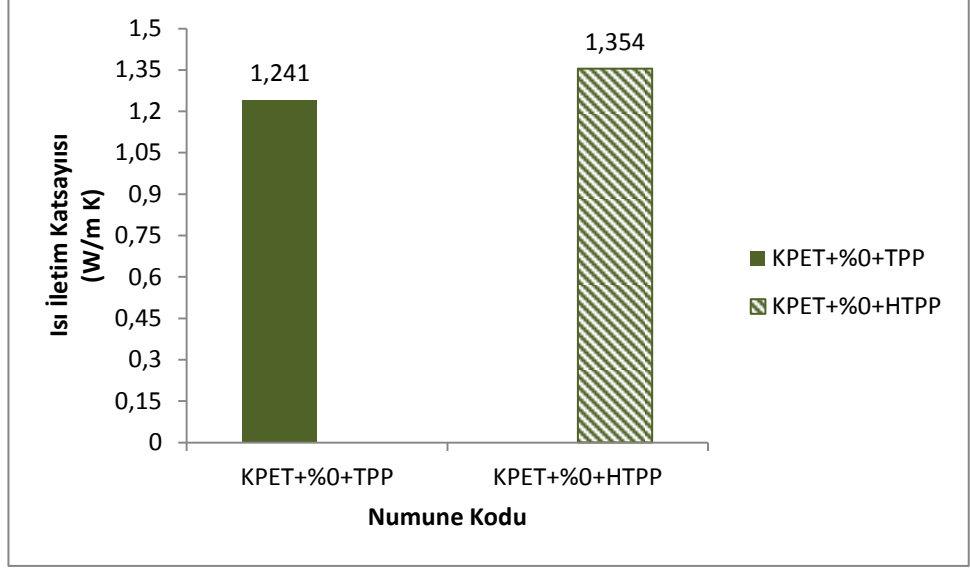
Numunelerin ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 4.4'de yer almaktadır. Isı iletim katsayısı Fourier Kanunu ile hesaplanmıştır. Numunelerin alanı $4,91.10^{-4} \text{ m}^2$, kalınlıkları ise; üst kumaş olarak tekstüre PP atkı ipliğin kullanıldığı katmanlı yapıların $3,60 \pm 0,06$

üst kumaş olarak içi boş PP elyaftan elde edilmiş tekstüre ipliğin kullanıldığı katmanlı yapıların $3,70\pm 0,06$ ölçülmüştür.

Çizelge 4.4.Numunelerin ısı iletim katsayısı değerleri

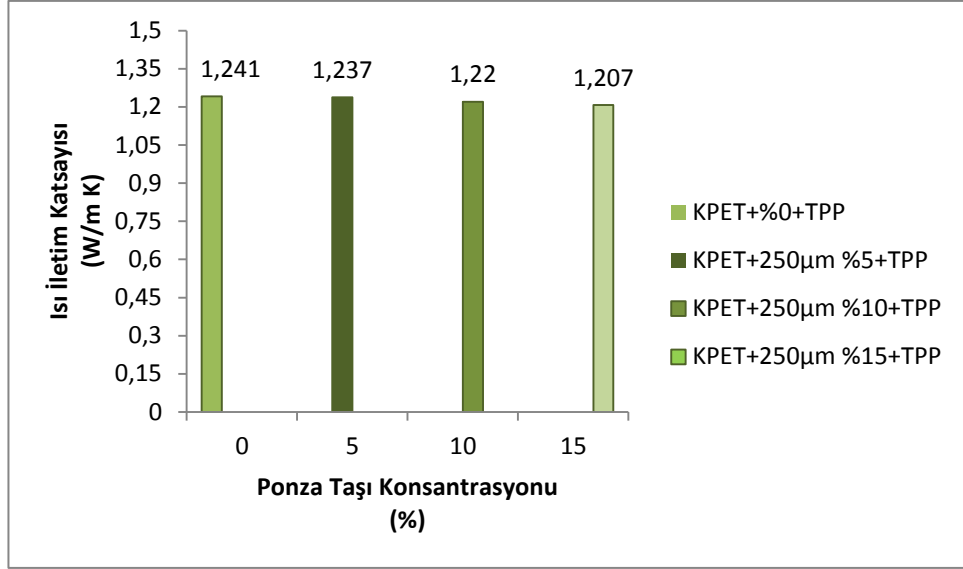
Numune	Numune Kodu	Isı İletim Katsayısı(W/m K)
Numune 1	KPET+%0+TPP	1,241 W/m K
Numune 2	KPET+%0+HTPP	1,354 W/m K
Numune 3	KPET+250 μ m %5+TPP	1,237 W/m K
Numune 4	KPET+250 μ m %10+TPP	1,22 W/m K
Numune 5	KPET+250 μ m %15+TPP	1,207 W/m K
Numune 6	KPET+250 μ m %5+HTPP	1,318 W/m K
Numune 7	KPET+250 μ m %10+HTPP	1,300 W/m K
Numune 8	KPET+250 μ m %15+HTPP	1,291 W/m K
Numune 9	KPET+150 μ m %5+TPP	1,227 W/m K
Numune 10	KPET+150 μ m %10+TPP	1,206 W/m K
Numune 11	KPET+150 μ m %15+TPP	1,195 W/m K
Numune 12	KPET+150 μ m %5+HTPP	1,260 W/m K
Numune 13	KPET+150 μ m %10+HTPP	1,235 W/m K
Numune 14	KPET+150 μ m %15+HTPP	1,214 W/m K

Katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı ölçüm sonuçları, katmanlı yapı içerisinde bulunan ponza taşı miktarının artışıyla birlikte, katmanlı yapıların ısı iletim katsayısının azaldığını göstermektedir. Ölçüm sonuçları kullanılan üst kumaş açısından incelendiğinde, içi boş PP elyaftan elde edilmiş kumaştan oluşan katmanlı yapıların ısı iletim katsayısının daha yüksek çıktığını göstermektedir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde katmanlı yapıların ısı iletim katsayıları birbirine yakın değerlerdir. Ponza taşı tozunun az miktarda kullanılması ve ponza taşı kullanımında yapılan artışın az miktarda olmasının katmanlı yapıların ısı iletim katsayılarının birbirine yakın çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Yani katmanlı yapılarda birim alanda bulunan ponza taşı miktarı birbirine yakın değerlerdedir.



Şekil 4.15. Ponza taşı tozu içermeyen çift katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı sonuçları

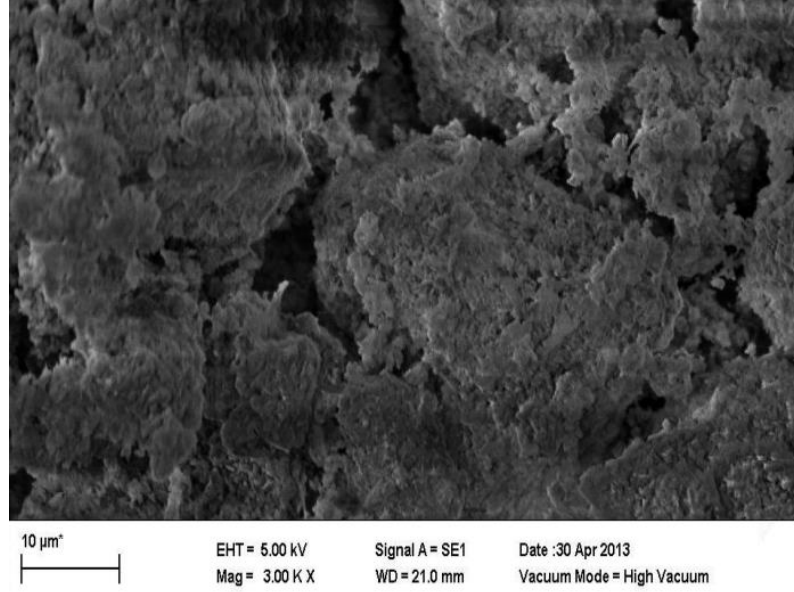
Şekil 4.15 ponza taşı içermeyen ve farklı üst kumaşlar kullanılarak elde edilmiş iki farklı çift katmanlı yapının ısı iletim katsayısı değerlerini göstermektedir. Üst kumaş olarak PP tekstüre atkı ipliği ile dokunan kumaşın kullanıldığı çift katmanlı yapının (KPET + %0 + TPP) ısı iletim katsayısı değeri 1,241 W/m.K olarak hesaplanmıştır. Üst kumaş olarak atkı ipliği içi boş PP elyaftan oluşan tekstüre ipliğin kullanıldığı çift katmanlı yapının (KPET+%0+HTPP) ısı iletim katsayısı 1,354 W/m.K olarak hesaplanmıştır. KPET+%0+HTPP’ de kullanılan üst kumaşın kalınlığı ve yoğunluğu KPET+%0+TPP’de kullanılan üst kumaşın yoğunluğu ve kalınlığından daha büyük olması nedeniyle KPET+%0+HTPP’ nin ısı iletim katsayısı değerinin daha yüksek çıktığı düşünülmektedir.



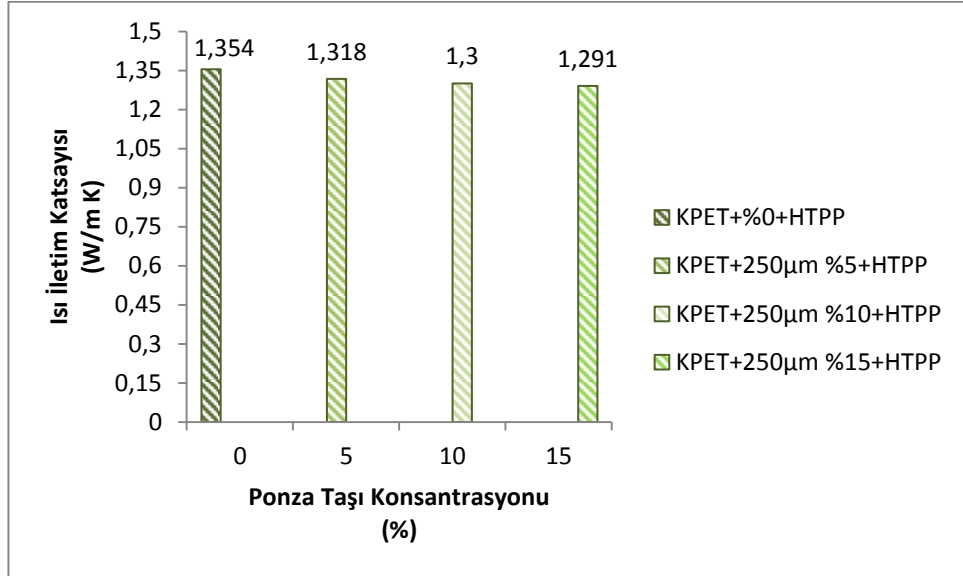
Şekil 4.16. Tekstüre PP atkı ipliği kullanılarak elde edilen üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey ve 250 μm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri

Şekil 4.16 üst kumaş olarak tekstüre PP iplikten dokunmuş çift katmanlı yapıların (KPET+%0+TPP, KPET+250 μm %5+TPP, KPET+250 μm %10+TPP, KPET+250 μm %15+TPP) ısı iletim katsayısı değerlerini göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada tutan adhezyon patına üç farklı konsantrasyonda 250 μm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında ponza taşı kullanılmayan numunenin ısı iletim katsayısı değeri (KPET+%0+TPP) 1,241 W/m.K olarak hesaplanmıştır. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında adhezyon patınının %5, %10 ve %15'i oranında ponza taşı tozu kullanılan numunelerin (KPET+250 μm %5+TPP, KPET+250 μm %10+TPP, KPET+250 μm %15+TPP) ısı iletim katsayısı değerleri sırasıyla 1,237 W/m.K, 1,22 W/m.K, 1,207 W/m.K olarak hesaplanmıştır. Numunelerin ısı iletim katsayısı değerlerine bakılarak ponza taşı konsantrasyonunun artışı numunelerin ısı iletim katsayısı değerini düşürdüğü görülmektedir. Numunelerin ısı iletim katsayısının, ponza taşı konsantrasyonu artışıyla azalmasının iki nedeni olduğu düşünülmektedir. Bu nedenlerden ilki ponza taşının mikro boyutta hava boşluklarına sahip olması ısı iletim katsayısını düşürmüştür. Mikro boyutta boşluklu yapının makro boyuttaki boşluklu yapıya göre ısıyı daha az iletmediği düşünülmektedir. İkinci neden olarak da ponza taşının yapısında bulunan silisyum dioksit, alüminyum oksit, demir oksit ve kalsiyum oksit numunelerin ısı iletim katsayısını düşürmüştür. Şekil 4.17 ponza

taşının tarayıcı elektron mikroskopuyla analiz (SEM) edilen gözenekli yapısını göstermektedir.



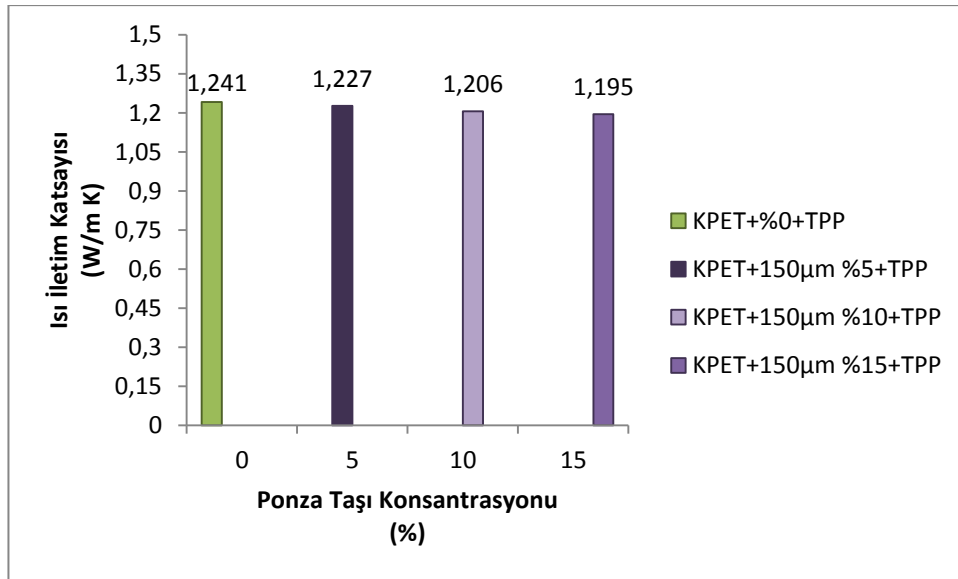
Şekil 4.17. Ponza taşının SEM görüntüsü



Şekil 4.18. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 250 μm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri

Şekil 4.18 üst kumaş olarak içi boş PP elyaftan üretilen tekstüre iplikten dokunmuş çift katmanlı yapıların ısı iletim katsayılarını göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada

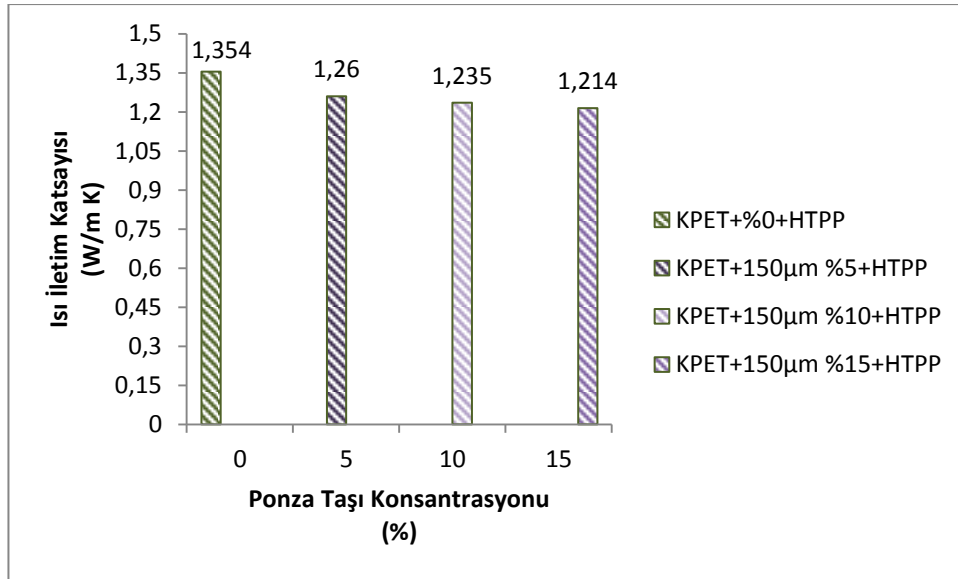
tutan adhezyon patına üç farklı konsantrasyonda 250 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir (KPET+250µm %5+HTPP, KPET+250µm %10+HTPP, KPET+250µm %15+HTPP). Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında ponza taşı kullanılmayan numunenin ısı iletim katsayısı değeri (KPET+%0+HTPP) 1,354 W/m.K olarak ölçülmüştür. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında adhezyon patınının % 5, % 10 ve % 15' i oranında ponza taşı tozu kullanılan numunelerin ısı iletim katsayısı değerleri (KPET+250µm %5+HTPP, KPET+250µm %10+HTPP, KPET+250µm %15+HTPP) sırasıyla 1,318 W/m.K, 1,3 W/m.K ve 1,291 W/m.K olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına bakılarak numunelerde ponza taşı konsantrasyonunun artışıyla ısı iletim katsayısının düştüğü görülmektedir. Bunun nedeni olarak ponza taşının mikro boyutta hava boşlukları içermesi ve ponza taşının yapısında bulunan silisyum dioksit, alüminyum oksit, demir oksit ve kalsiyum oksit bileşikleri olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.19. PP tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri

Şekil 4.19 üst kumaş olarak PP tekstüre iplikten dokunmuş, alt kumaş olarak kanallı PET elyaftan oluşan dokusuz yüzey kullanımıyla oluşturulmuş çift katmanlı yapıların (KPET+%0+TPP, KPET+150µm %5+TPP, KPET+150µm %10+TPP, KPET+150µm %15+TPP) ısı iletim katsayısı değerlerini göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada

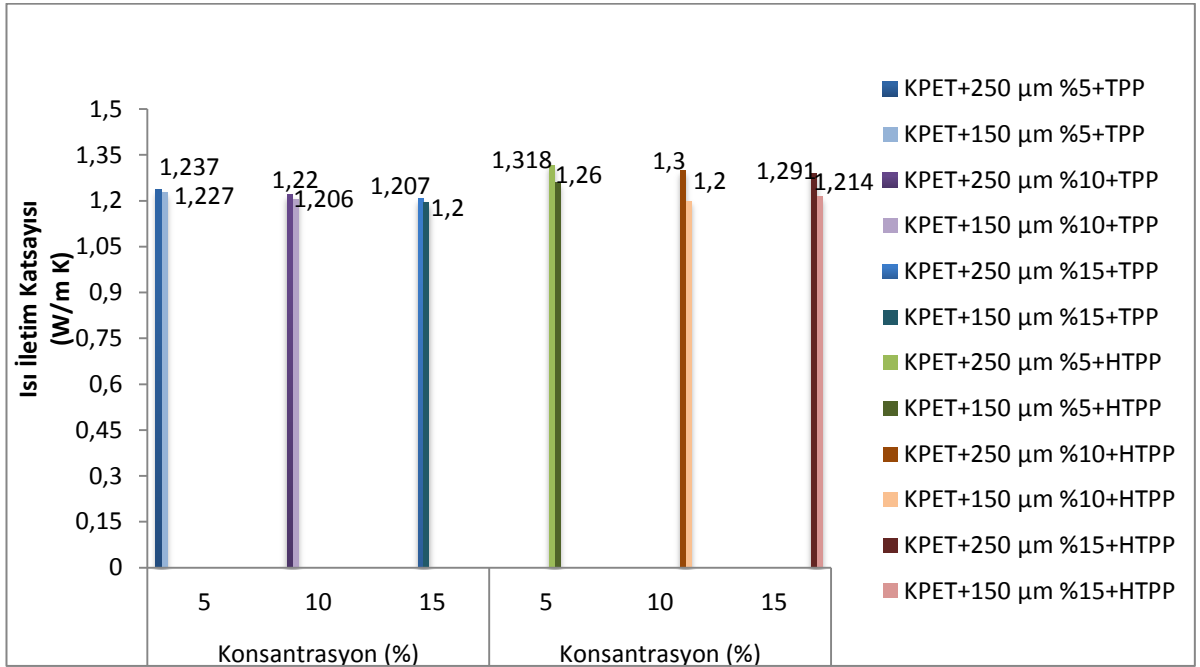
tutan adhezyon patına üç farklı konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. İki yüzeyin bir araya getirilmesinde ponza taşı kullanılmayan numunenin (KPET+%0+TPP) ısı iletim katsayısı değeri 1,241 W/m.K, yüzeylerin bir araya getirilmesi sırasında %5, %10 ve %15 konsantrasyonda ponza taşı kullanılan numunelerin (KPET+150µm %5+TPP, KPET+150µm %10+TPP, KPET+150µm %15+TPP) ısı iletim katsayısı değeri sırasıyla 1,227 W/m.K, 1,206 W/m.K ve 1,195 W/m.K olarak ölçülmüştür. Ponza taşının mikro boyutta hava boşluklarına sahip olmasının numunelerin ısı iletim katsayısının düşmesine neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ponza taşının yapısında bulunan silisyum dioksit, alüminyum oksit, demir oksit ve kalsiyum oksit bileşikleri numunelerin ısı iletim katsayısını düşürücü yönde etki ettiği düşünülmektedir.



Şekil 4.20. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten ve PP çözgü iplikten dokunmuş üst kumaş, kanallı PET elyaf ile elde edilen dokusuz yüzey alt kumaş ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanımıyla elde edilen katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerleri

Şekil 4.20 üst kumaş olarak içi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı iplikten dokunmuş ve alt kumaş olarak kanallı PET elyaftan elde edilmiş dokusuz yüzey kullanımıyla elde edilen çift katmanlı yapıların (KPET+%0+HTPP, KPET+150µm %5+HTPP, KPET+150µm %10+HTPP, KPET+150µm %15+HTPP) ısı iletim katsayısı değerlerini göstermektedir. Çift katmanlı yapıyı bir arada tutan adhezyon patına üç farklı

konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşı tozu ilave edilmiştir. Dokusuz yüzey ile kumaşın birleştirilmesi esnasında ponza taşı tozu kullanılmayan numunenin (KPET+%0+HTPP) ısı iletim katsayısı değeri 1,354 W/m.K olarak ölçülmüştür. Ponza taşı konsantrasyonu %5, %10 ve %15 olan numunelerin (KPET+150µm %5+HTPP, KPET+150µm %10+HTPP, KPET+150µm %15+HTPP) ısı iletim katsayısı değerleri sırasıyla; 1,26 W/m.K, 1,235 W/m.K, 1,214 W/m.K olarak ölçülmüştür. Sonuçlar ponza taşı tozu konsantrasyonunun artışıyla birlikte ısı iletim katsayısı değerinin düştüğünü göstermektedir. Ponza taşının yapısının numunelerin ısı iletim katsayısının düşmesine neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.21. Farklı konsantrasyonlarda ve boyutta ponza taşı tozu içeren adhezyon patı ile birleştirilmiş numunelerin ısı iletim katsayısı değerleri

Şekil 4.21 %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 250 µm ve 150 µm boyutunda ponza taşı tozu içeren çift katmanlı yüzeylerin ısı iletim katsayısı değerlerini göstermektedir. Tekstüre PP atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 250 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET+250 µm %5+TPP, KPET+250 µm %10+TPP, KPET+250 µm %15+TPP) ısı iletim katsayısı değerleri sırasıyla 1,237 W/m.K, 1,22 W/m.K, 1,207 W/m.K iken, tekstüre PP atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı

PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET+150µm %5+TPP, KPET+150µm %10+TPP, KPET+150µm %15+TPP) ısı iletim katsayısı değerleri 1,227 W/m.K, 1,206 W/m.K, 1,2 W/m.K olarak hesaplanmıştır. İçi boş PP elyaftan üretilen tekstüre atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 250 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET+250µm %5+HTPP, KPET+250µm %10+HTPP, KPET+250µm %15+HTPP) ısı iletim katsayısı değerleri sırasıyla 1,318 W/m.K, 1,3 W/m.K, 1,291 W/m.K iken, tekstüre atkı ipliği ile dokunan üst kumaş ve kanallı PET elyaftan üretilen dokusuz yüzeyin birleştirilmesinde %5, %10 ve %15 konsantrasyonda 150 µm boyutunda ponza taşının kullanıldığı numunelerin (KPET+150µm %5+HTPP, KPET+150µm %10+HTPP, KPET+150µm %15+HTPP) ısı iletim katsayısı değerleri 1,26 W/m.K, 1,2 W/m.K, 1,214 W/m.K olarak ölçülmüştür. Elde edilen ölçüm sonuçları ponza taşı boyutunun azalmasıyla birlikte numunelerin ısı iletim katsayısı değerlerinin azaldığını göstermektedir. Bu duruma ponza taşının partikül boyutunun azalmasıyla birim alana düşen ponza taşı partikül sayısının artması sonuç olarak pürüzlülüğün artmasının neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 150 µm partikül boyutunda ponza taşı kullanılan numunelerin hava geçirgenliği 250 µm partikül boyutunda ponza taşı kullanılan numunelerden daha yüksektir. Hava geçirgenliği artışının numunelerin ısı iletim katsayısının düşüşüne neden olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Günümüz koşulları kişilere gündelik ve özel hayatlarında sınırlı alanlarda yaşama imkânı sunmaktadır. Sınırlı alanlarda yaşamının getirdiği olumsuzluklardan biri de gürültü kirliliğidir. Bu sorun üzerine, yaşam alanlarını ergonomik hale getirmek için ses izolasyon uygulamaları önemli hale gelmiştir. Yeni inşa edilen binalarda gelişen bir teknoloji olan ses izolasyon uygulamaları inşa aşamasında yapıya dahil edilmektedir.

Gündelik yaşamda karşılaşılan sorunlardan bir diğeri ise ısı kayıplarıdır. Artan enerji maliyetleri birçok binada ısı izolasyonunu gerekli kılmaktadır. Yeni inşa edilen binalarda ısı izolasyon uygulamaları inşa aşamasında yapıya dahil edilmektedir.

Eski binalarda ses ve ısı izolasyonu sağlayan bir teknoloji bulunmamaktadır. Ancak isteğe göre ses ve ısı izolasyonu sağlayan sistemler yapıya dahil edilebilmektedir. İzolasyon amaçlı olarak eski binalara mantolama sistemi uygulanmaktadır. Mantolama iç ve dış cephe mantolama olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. İç cephe mantolama binanın iç alanında daralmalara neden olduğu için çok fazla tercih edilmemektedir. Dış cephe mantolama ise binayı sadece dış etkenlere karşı korumaktadır. Yani aynı binada yer alan odaları bölen duvarlara uygulanmamaktadır. Sonuç olarak aynı binada yer alan daireler arasında ses ve ısı izolasyonunun olamaması durumu ile karşılaşılmaktadır. Ayrıca mevcut izolasyon sistemlerinin maliyetleri yüksektir.

İzolasyon uygulamalarındaki eksikler ses ve ısı izolasyonu sağlayan duvar kumaşı üretimi fikrini ortaya çıkarmıştır. Üretilen kumaşın ses ve ısı izolasyonu sağlamanın yanında adhezyon özellikte olması amaçlanmıştır. Adhezyon yüzey tasarımına ilham veren canlı geko kertenkelesidir. Geko her yüzeyde düşmeden durabilmekte ve adhezyon özelliğini kaybetmemektedir. Düşey düzlemlerde adhezyon özelliğinden dolayı rahatlıkla yürüyebilmektedir. Gekodan esinlenerek poliakrilik ester bazlı kaplama maddesi ile kaplanan ve adhezyon özellik kazandırılan duvar kumaşı sadece duvara karşı adhezyon özelliğe sahip değildir. Bu kumaş her yüzeye karşı adhezyon özelliğe sahiptir. Kumaş istenilen yüzeye yapıştırıldıktan sonra çıkartılmak istendiğinde

rahatlıkla çıkartılabilmekte ve tekrar istenilen yüzeye yapıştırılabilmektedir. Bu işlem sonunda kumaşın adhezyon özelliğinde değişim görülmemektedir.

Farklı sıcaklıklarda bulunan ortamlarda sıcaklığı yüksek olan ortamdan sıcaklığı düşük olan ortama ısı geçişini önlemek için gözenekli, hacimli ve düşük yoğunluklu malzemelerin kullanımı ısı transferini azaltıcı yönde etki göstermektedir. Ayrıca gözenekli materyallerin ses absorblama kapasiteleri de yüksektir.

Çalışmada kullanılacak elyaf türü yapılan literatür araştırması sonucunda seçilmiştir. PP ve PET elyafın ses ve ısı izolasyonu özellikleri yüksek olması ayrıca maliyetlerinin az olması nedeniyle çalışmada bu materyaller kullanılmıştır. Farklı sıcaklıklarda bulunan ortamlarda sıcaklığı yüksek olan ortamdan sıcaklığı düşük olan ortama ısı geçişlerini önlemek için gözenekli, hacimli ve düşük yoğunluklu malzemelerin kullanımı yaygındır. Ayrıca ses izolasyonu uygulamalarında izolasyon amaçlı kullanılan materyalin içinde bulunan mikro gözenek miktarı artışı materyalin izolasyon özelliğini artırmaktadır. Bu amaçla çalışmada tekstüre iplikler, içi boş elyaf ve dokusuz yüzey kullanılmıştır. Dokusuz yüzeyde kullanılan elyaf kanallı PET olarak seçilmiş, lifte bulunan kanalların yapının pürüzlülüğünü artıracığı, sonuç olarak ses dalgalarının temasta bulunduğu yüzey ile ses dalgaları arasında sürtünmelerin artacağı düşünülmüştür. Sürtünme miktarı artışı ile kayıp ısı enerjisine dönüşen ses enerjisi miktarı artmaktadır. Kanallı PET elyaftan elde edilen dokusuz yüzeyin ses ve ısı izolasyonu kapasitesini artırmak amacıyla dokusuz yüzey iki ayrı özellikte PP atkı ipliğinden bezayağı konstrüksiyonuna göre dokunmuş kumaş ile birleştirilmiştir. Bu kumaşlardan birisi tekstüre PP atkı iplikten diğeri içi boş PP elyaftan elde edilmiş tekstüre atkı iplikten dokunmuştur. Bezayağı deseninin tercih edilme nedeni bu yapının basit dokunabiliyor olması ve temel dokuma yapıları içinde en pürüzlü yapıya sahip olmasından dolayıdır. Yüzeyin pürüzlülüğünün artışı ile doğru orantılı olarak katmanlı yapının ses ve ısı izolasyonunun artacağı düşünülmüştür. Dokusuz yüzey kumaş iki farklı kumaş ile ayrı ayrı birleştirilerek iki ayrı iki katmanlı yapı elde edilmiştir. PET dokusuz yüzeyin ve PP kumaşın birleştirilmesi PU bazlı bağlayıcı ile sağlanmıştır. PU'nun katmanlı yüzeylerin ses ve ısı izolasyonunu artırıcı yönde olumlu etki gösterdiği düşünülmektedir. Katmanlı yapının ses ve ısı izolasyonu özelliklerini geliştirmek amacıyla yapıya farklı boyutta ve farklı konsantrasyonda ponza taşı tozu aktarılmıştır.

Ponza taşı kullanılmasının nedeni ponza taşının mikron boyutta gözeneklerin ve yapısında bulunan silisyum dioksit, kalsiyum oksit, demir oksit ve alüminyum oksitin ses ve ısı izolasyonunu artırıcı yönde etki göstereceği düşüncesidir. Katmanlı yapılarda kullanılan içi boş liflerin, ponza taşı partikül boyutunun ve konsantrasyonun katmanlı yapıların ses, ısı ve hava geçirgenliğine etkisi araştırılmıştır.

Katmanlı yapıların hava geçirgenliği üzerine kullanılan üst kumaşın özelliklerinin etkisi incelendiğinde, içi boş PP elyaftan elde edilen tekstüre atkı iplik ile dokunmuş kumaşın üst kumaş olarak kullanıldığı çift katmanlı yapının hava geçirgenlik değeri daha yüksek çıkmıştır. İçi boş PP liflerin ortasında bulunan boş kanal şeklinde hava tabakasının hava geçirgenliğini artırdığı düşünülmektedir. Katmanlı yapının hava geçirgenliği üzerine kullanılan ponza taşı miktarının etkisi incelendiğinde, kullanılan ponza taşı miktarının artışı ile birlikte hava geçirgenliğinin düştüğü görülmüştür. Bu sonuca mikron boyuttaki ponza taşı partiküllerinin makro boyuttaki gözenekleri kapatmasının neden olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak katmanlı yapıdaki makro boyutta gözenekler mikro boyutta gözeneklere dönüşmüş ve katmanlı yapıların hava geçirgenliği düşmüştür. Katmanlı yapıların hava geçirgenliği üzerine ponza taşının partikül boyutunun etkisi incelendiğinde, ponza taşının partikül boyutunun azalması ile katmanlı yapıların hava geçirgenlikleri artmıştır. Ponza taşının boyutunun azalmasıyla birlikte, mikron boyuttaki partikülün makro boyuttaki gözeneği kapatma oranının düştüğü ve böylelikle hava geçirgenliğinin arttığı düşünülmektedir.

Katmanlı yapıların ses izolasyonu özelliği empedans tüpü ile ses absorpsiyon katsayılarının tayin edilmesi sonucu incelenmiştir. Ölçümler sonucunda insan kulağının en hassas olduğu 3000 Hz frekanstaki sesin %58-29 oranında absorblandığı görülmüştür. Katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayıları kullanılan üst kumaş, kullanılan ponza taşı tozu miktarı ve ponza taşı tozu partikül boyutu açısından incelenmiştir. İçi boş PP elyaftan oluşan üst kumaşın kullanıldığı numunelerin ses absorpsiyon katsayısı klasik PP elyaftan oluşan üst kumaşın kullanıldığı numunelerin ses absorpsiyon katsayısından daha yüksek değerlerde olduğu sonucu elde edilmiştir. İçi boş PP elyafta bulunan kanal şeklinde hava tabakasının, numunelerin içinde bulunan hava miktarını artırdığı düşünülmektedir. Katmanlı yapılarda bulunan hava miktarının artması ile katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısının arttığı düşünülmektedir.

Ayrıca içi boş PP elyaf üst kumaştan oluşan katmanlı yapının kalınlığı ihmal edilecek kadar üst kumaş olarak klasik PP elyaftan oluşan katmanlı yapının kalınlığından fazladır (0,1 mm). Kalınlık farkının katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayılarını artırmış olabileceği de düşünülmektedir. Katmanlı yapılarda ponza taşı konsantrasyonu artışı ile birlikte katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerinin arttığı görülmüştür. Ponza taşı konsantrasyonunun artışı ile birlikte numunelerin mikro boyuttaki gözenekliliği ve birim alandaki silisyum dioksit, alüminyum oksit, demir oksit ve kalsiyum oksit miktarı artmıştır. Bu artışların katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısında artışa neden olduğu düşünülmektedir. Ponza taşı partikül boyutunun katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı üzerine etkisi incelendiğinde, partikül boyutunun azalması ile birlikte katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısının arttığı görülmüştür. Ponza taşı partikül boyutunun azalması ile birlikte birim alanda bulunan ponza taşı partikül sayısı artmış ve sonuç olarak pürüzlülük artmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün artışının numunelerin ses absorpsiyon katsayısının artmasına neden olduğu düşünülmektedir. 100-6300 Hz frekans aralığında yapılan empedans tüpü ölçüm sonuçları 100-2000 frekans aralığında düşük değerlerdedir. Bu frekans aralığında ses dalgalarının boyunun uzun genliğinin küçük olması, katmanlı yapıların ses absorblama kapasitesini düşürdüğü düşünülmektedir. Tüm numunelerin ses absorblama katsayıları 3150-4000 Hz arasında maksimum değerine ulaşmıştır. Ses dalgalarının dalga boyu ve genliğinin bu frekans aralığında ses absorpsiyon mekanizması için en uygun seviyede olduğu düşünülmektedir. 3150-4000 Hz arasında ses dalgaları ve katmanlı yapılar arasında maksimum sürtünmelerin meydana geldiği düşünülmektedir.

Katmanlı yapıların ısı izolasyonu özellikleri ısı iletim katsayısının tayin edilmesi olarak incelenmiştir. Aynı şartlarda bulunan ve aynı kalınlıkta olan iki malzemenin ısı iletim özellikleri incelenirken ısı iletim katsayısı düşük olan materyalin daha az ısı enerji ileteceği bilinmektedir. Bir malzemenin ısıyı daha az iletmesi o malzemenin ısı izolasyon özelliğinin daha iyi olması anlamına gelmektedir. Katmanlı yapıların ısı iletim katsayıları üzerine kullanılan üst kumaşın özelliklerinin etkisi incelendiğinde, içi boş PP elyaftan tekstüre atkı iplik ile dokunan kumaşın yoğunluğunun klasik PP tekstüre atkı iplikten oluşan kumaşın yoğunluğundan daha yüksektir. Bu yoğunluk farkı nedeniyle içi boş PP elyaftan tekstüre atkı iplik ile dokunan kumaşın kullanıldığı katmanlı yapının ısı iletim katsayısının daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Katmanlı

yapıların ısı iletim katsayısı değeri üzerine kullanılan ponza taşı tozu miktarının etkisi incelendiğinde, ponza taşı tozu miktarı artışı ile katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerinin düştüğü görülmüştür. Bunun nedeni olarak ponza taşının mikron boyutta gözeneklere sahip olması ve yapısında bulunan silisyum dioksit, alüminyum oksit, demir oksit ve kalsiyum oksitin neden olduğu düşünülmektedir. Ponza taşı tozu miktarı artışı ile katmanlı yapıda bulunan mikron boyuttaki gözenek miktarı ve silisyum dioksit, kalsiyum oksit, demir oksit ve alüminyum oksit miktarı artmış sonuç olarak katmanlı yapının ısı iletim katsayısı değeri düşmüş ve yapının ısı izolasyon özelliği iyileşmiştir. Katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değeri üzerine kullanılan ponza taşı tozunun partikül boyutunun etkisi incelendiğinde, ponza taşı boyutunun azalmasıyla birlikte, katmanlı yapının ısı iletim katsayısı değerinin düştüğü görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak katmanlı yapının birim alanındaki ponza taşı partikül sayısının artışı olduğu düşünülmektedir. Birim alandaki ponza taşı partikül sayısının artması ile birlikte yüzeyin pürüzlülüğünün artmasının numunelerin ısı iletim katsayısının azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 150 µm boyutunda ponza taşı tozu kullanılan numunelerin hava geçirgenliği 250 µm boyutunda ponza taşı kullanılan numunelerin hava geçirgenliğinden daha fazladır. Hava geçirgenliğinin artışı numune içinde bulunan hava miktarının artmasına neden olduğu ve sonuç olarak numunelerin ısı iletim katsayılarının azaldığı düşünülmektedir. Katmanlı yapılardan ısı iletim katsayısı en küçük olan numunenin ısı izolasyon özelliğinin en iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Ses ve ısı izolasyonu uygulamalarında izolasyon sağlayan malzemenin mikron boyuttaki gözenek miktarı artışı izolasyonu artırıcı yönde rol oynadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca ses absorpsiyon ve ısı iletim katsayısı ölçüm sonuçlarından yapıda bulunan silisyum dioksit, kalsiyum oksit, demir oksit ve alüminyum oksit miktarındaki artışın materyalin ses ve ısı absorblama özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür. Elde edilen katmanlı yapının ses absorblama katsayısı değeri daha önce ses izolasyonu amaçlı kullanımı araştırılmış olan diğer malzemelerle kıyaslandığında daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni olarak katmanlı yapıların kalınlığının önceki çalışmalarda kullanılan materyallerin kalınlıklarından daha az olması olduğu düşünülmektedir. Katmanlı yapıların ses absorpsiyon katsayısı değerlerini artırmak için;

- Katmanlı yapıda üst kumaşların çözgü ipliklerinin de tekstüre iplik olması,

- Katmanlı yapıda alt kumaş olarak kullanılan kanallı PET elyafta kanal sayısının artırılması,
- Katmanlı yapıların kalınlıklarının artırılması,
- Farklı katmanların birleştirmesi amacıyla kullanılan PU bazlı kaplama maddesinin miktarının artırılması,
- Katmanlı yapı içinde bulunan ponza taşı tozu miktarının artırılması,
- Katmanlı yapı içinde bulunan ponza taşı tozu partikül boyutunun azaltılması,
- Katmanlı yapının duvara adhezyonunu sağlayan poliakrilik ester bazlı kaplama maddesinin miktarının artırılması,
- Katmanlı yapının nano boyutta elyaf ile kaplanarak yüzey alanının artırılması, işlemleri yapılabilir.

Katmanlı yapıların ısı iletim katsayısı değerini azaltmak için;

- Katmanlı yapıların kalınlıklarını azaltmak aynı zamanda daha hacimli yapı elde etmek,
- Katmanlı yapının üst kumaşlarında çözgü ipliklerinin de tekstüre iplik kullanılması,
- Katmanlı yapıyı birleştiren PU bazlı kaplama maddesinin miktarının artırılması,
- Kullanılan ponza taşı miktarının artırılması,
- Kullanılan ponza taşı boyutunun azaltılması,
- Ponza taşı ile birlikte silisyum dioksit miktarı daha yüksek olan farklı bir malzeme kullanılması,

işlemleri yapılabilir.

Bu çalışma ile duvara iç cepheden uygulanabilecek ve adhezyon özelliğe sahip, termal ve akustik izolasyona sahip ve portatif olan bir duvar kumaşı tasarımı amaçlanmıştır. Üretilmek istenen bu duvar kumaşı hem estetik hem de fonksiyonel işlev görerek kişilerin belli periyotlarla değişiklik yapabilecekleri bir tekstil malzemesi sunmaktadır. Elde edilen kumaşla ısı kayıplarının minimuma indirilmesi ve insan kulağının duyabileceği frekanslardaki seslerin erişimini azaltması amaçlanmaktadır. Ses

absorbsiyon katsayısı ve ısı iletim katsayısı ölçüm sonuçları üretilen duvar kumaşının istenilen bu özellikleri karşıladığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

Abdelfattah, A.M., Ghalia E.I., Eman R.M. 2011. Using Nonwoven Hollow Fibers To Improve Cars Interior Acoustic Properties, *Life Science Journal*,8(1):344-351

Abdou,A., Budaiwi, I.2013. The Variation of Thermal Conductivity of fibrous Insulation Materials Under Different Levels of Moisture Content, *Construction and Building Materials*, 43:533–544

Asdrubali, F.2011, Green and Sustainable Materials For Noise Control In Buildings

Barron, R.F.2003. Industrial Noise Control and Acoustics, USA, 33-34

Bo, Z., Tianning, C.2009. Calculation Of Sound Absorption Characteristics Of Porous Sintered Fiber Metal, *Apply Acoustics*, 70:337-346

Brigasa, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A.2013.Textile Waste As An Alternative Thermal Insulation Building Material Solution, *Construction and Building Materials*, 38:155–160

Carvalho, R., Rana, S., Fanguero, R., Soutinho, F.2012.Noise Reduction Performance Of Thermobonded Nonwovens, 12th World Textile Conference AUTEX, June 13th to 15th 2012, Croatia, Zadar

Chen, H.L, Cluver, B.2010. Assessment of Poplar Seed Hair Fibers as a Potential Bulk Textile Thermal Insulation Material, *Clothing & Textiles Research Journal*, 28(4): 255-262

Crocker, M.J.2007. Hanbook Of Noise and Vibration Control, Canada, 30-50

Cuiyun, D., Guang, C., Xinbang, X., Peisheng, L.2012. Sound Absorption Characteristics Of A High-Temperatures Intereng Porous Ceramic Material, *Applied Acoustic*, 73:865-871

Demirkale, S. 2007. Çevre ve Yapı Akustiği, İstanbul, 45-60

Erol, H. 1998. Endüstriyel Akustik ve Gürültü. İTÜ, 1-14, İstanbul

Erol, H.B.2006.İç Mekânda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri. *Yüksek Lisans Tezi*, MSGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul

Ersoy, S., Küçük, H.2009.Investigation Of Industrial Tea-Leaf-Fibre Waste Material For Its Sound Absorption Properties, *Applied Acoustics*, 70:215-220

Fatima, S., Mohanty, A.R.2011. Acoustical and Fire-Retardant Properties Of Jute Composite Materials, *Applied Acoustics*,72:108–114

Frydrych, I., Dziworska, G., Bilska, J.2002. Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres, *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, 10(4):40-44

Guler Z., Kut D.2011. Preparation and Application of Microcapsules For Thermal Regulating Polyester Curtain Fabric, *Uludag University Journal of The Faculty of Engineering and Architecture*,16(1):105-115

Huda,S., Yang, Y.2008. Composites From Ground Chicken Quill and Polypropylene, *Composites Science and Technology*, 68:790–798

Huda,S., Yang, Y.2009. A Novel Approach Of Manufacturing Light-Weight Composites With Polypropylene Web And Mechanically Split Cornhusk, *Industrial Crops and Products*, 30:17–23

Lin,C.M., Chang, C.W.2008. Production of Thermal Insulation Composites Containing Bamboo Charcoal, *Textile Research Journal*, 78(7):555–560

Jiang, S. Xu, Y., Zhang, H., White, C.B., Yan, X.2012.Seven-Hole Hollow Polyester fibers As Reinforcement In Sound Absorption Chlorinated Polyethylene Composites, *Applied Acoustics*, 73:243-247

Jiejun, W., Chenggong, L., Dianbin, W., Manchang, G.2003. Damping and Sound Absorption Properties Of Particle Reinforced Al Matrix Composite Foams, *Composites Science and Technology*, 63:569–574

Karaoğlu, B. 2009.Fizik ve Mühendislikte Matematik Yöntemler, Ankara, Türkiye, 276-277.

Krishnaraj, K., Thanikaivelan, P., Singaraj, P., Kumar, Jagadeeswaran, R., Chandrasekaran, B.2012.Thermal Insulation Studies On Leather Clothing: Relevance To Structure –Property Relationship, *Ageic*,63(3):52-61

Lanoye, R. 2007. Assessment Of The Absorption Performance Of Sound Absorbing Materials, Katholieke Universiteit Leuven, Thesis of Phd, Leuven, Belgium

Liang, J.Z., Jiang, X.H.2012. Soundproofing Effect Of Polypropylene/Inorganic Particle Composites, *Composites: Part B*, 43:1995–1998

Lin, J.H., Lin, C.C., Chen, J.M., Chuang, Y., Hsu, Y.H., Lou, C.W.2011.Processing Technique and Sound Absorption Property of Three-Dimensional Recycled Polypropylene Nonwoven Composites, *Advanced Materials Research*, 26(60), 287-290

Lin, J.H., Lin,C.M., Huang, C.C., Lin, C.C., Hsieh, C.T., Liao,Y.C.2012.Evaluation Of The Manufacture Of Sound Absorbent Sandwich Plank Made Of PET/TPU Honeycomb Grid/PU Foam, *Journal of Composite Materials*, 45(13): 1355–1362

Lou, C.W., Lin, J.H., Su, K.H. 2005. Recycling Polyester and Polypropylene Nonwoven Selvages to Produce Functional Sound Absorption Composites, *Textile Research Journal*, 75(5): 390 –394

Luamkanchanaphan, T., Chotikaprakhan, S., Jarusombati,S.2012.A Study of Physical, Mechanical and Thermal Properties for Thermal Insulation from Narrow-leaved Cattail Fibers, *APCBEE Procedia*, 1:46 – 52

Matusiak, M., Sikorski, K.2011.Influence Of The Structure Of Woven Fabrics On Their Thermal Insulation Properties. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(5):46-53

Markiewicz, E., Paukszta,D., Borysiak, S.2012.Acoustic and Dielectric Properties of Polypropylene-Lignocellulosic Materials Composites, *Journal of Composite Materials*, 0(0);1-10

Muehleisen, R.T. 2005. Measurement Of The Acoustic Properties Of Acoustic Absorbers, Illinois Institute of Technology

Onaran, K. 2006. Malzeme Bilimi, İstanbul, Türkiye, 70-90

Panyakaew, S., Fotios, S.2011. New Thermal Insulation Boards Made from Coconut Husk and Bagasse, *Energy and Buildings*, 43:1732–1739

Parikh, D.V., Calamari, T.A., Sawhney, A.P.S., Blanchard, E.J., Screen, F.J.2002. Thermoformable Automotive Composites Containing Kenaf and Other Cellulosic Fibers, *Textile Research Journal*, 72 (8):668-672

Reddy, N., Yang, Y.2010. Light-Weight Polypropylene Composites Reinforced with Whole Chicken Feathers, *Journal of Applied Polymer Science*, 116:3668–3675

Saleh, S.S.2011. Performance of Needle-Punching Lining Nonwoven Fabrics and Their Thermal Insulation Properties, *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, 1(12):3513-3524

Sagartzazu, X., Hervella, L., Pagalday, J.M.2003. Review In Sound Absorbing Materials

Sanz, R.M., Nadal-Gisbert, A.V., Crespo-Amorós, J.E., Parres-García, F.2012. A Novel Sound Absorber With Recycled Fibers Coming From End Of Life Tires (Elts), *Applied Acoustics*, 73:402–408

Seddeq, H.S.2009. Factors Influencing Acoustic Performance of Sound Absorptive Materials, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 4610-4617

Seddeq, H.S., Aly, N.M., Marwa, A., Elshakankery, M.H.2012. Investigation On Sound Absorption Properties For Recycled Fibrous Materials, *Journal of Industrial Textiles*, 0(00):1-18

Serway, R.A., Beichner, R.J. 2008. Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Çeviri Edütörü Çolakoğlu, K., Ankara, Türkiye, 1-18.

Stankovic, S.B., Popovic, D., Poparic, G.B.2008. Thermal Properties of Textile Fabrics Made of Natural and Regenerated Cellulose Fibers, *Polymer Testing*, 27:41-48

Suhanek, M., Jambroši, K., Horvat, M., Suhanek, M.2008. A Comparison Of Two Methods For Measuring The Sound Absorption Coefficient Using Impedance Tubes. *50th International Symposium*, 10-12 September, Zadar, Elmar

Sukontasukkul, P.2009. Use Of Crumb Rubber To Improve Thermal and Sound Properties Of Pre-Cast Concrete Panel, *Construction and Building Materials*, 23:1084–1092

Suvari, F., Ulcay, Y., Maze, B., Pourdeyhimi, B.2012. Acoustical Absorptive Properties Of Spunbonded Nonwovens Made From Islands-In-The-Sea Bicomponent Filaments, *The Journal of The Textile Institute*, 104(4):438-445

Stanciu, M. D., Curtu, I., Cosereanu C., Lica, D., Nastac, S. 2012. Research Regarding Acoustical Properties Of Recycled Composites, Industrial Engineering, 8th International Daaam Baltic Conference, 19-21 April 2012, Estonia, Tallinn

Takahashi, Y., Otsuru, T., Tomiku, R.2005. In Situ Measurements Of Surface Impedance And Absorption Coefficients Of Porous Materials Using Two Microphones And Ambient Noise, *Applied Acoustics*, 66:845–865

Thilagavathi, G., Pradeep, E., Kannaian, T., Sasikala, L.2010.Development of Natural Fiber Nonwovens for Application As Car Interiors, *Journal of Industrial Textiles*,39:267-275

Umur, H. 2009. Akışkanlar Mekaniği, Türkiye, Bursa

Ver, I.L., Beranek, L.L. 2006. Noise and Vibration Control Engineering, USA, 25-80

Voronina, N.1997. An Empirical Model For Rigid Frame Porous Materials With High Porosity, *Applied Acoustics*, 51(2):181-198

Watanabe, K., Minemura, Y., Nemoto, K., Sugawara, H.1999.Development Of High-Performance All-Polyester Sound-Absorbing Materials, *JSAE Review*, 20:357-362

Xiang, H., Zhang, L., Wanga, Z., Yu, X., Long, Y., Zhang, X., Zhao, N., Xu, J.2011. Multifunctional Polymethylsilsesquioxane (PMSQ) Surfaces Prepared By Electrospinning At The Sol–Gel Transition: Superhydrophobicity, Excellent Solvent Resistance, Thermal Stability And Enhanced Sound Absorption Property, *Journal of Colloid and Interface Science*, 359:296–303

Yang, H.S., Kim, D.J., Kim, H.J.2003. Rice Straw–Wood Particle Composite For Sound Absorbing Wooden Construction Materials, *Bioresource Technology*, 86:117–121

Yang, T.L., Chiang, D.M., Chen, R.2001. Development Of A Novel Porous Laminated Composite Material For High Sound Absorption, *Textile Research Journal*, 7:675-698

Yılmaz, N.D.2009. Acoustic Properties of Biodegradable Nonwovens, *Doktora Tezi*, NCSU, Textile Tecnology Management, Raleigh, North Carolina.

Zhao, J., Wangb, X-M., Chang, J.M., Yao, Y., Cui, Q.2010.Sound Insulation Property Of Wood–Waste Tire Rubber Composite, *Composites Science and Technology*, 70:2033–2038

Zhou, , Zheng,, Li, H., Lu.2010. An Environment-Friendly Thermal Insulation Material from Cotton Stalk Fibers, *Energy and Buildings*,47(7):1070–1074

Zhu, Q., Li, Y.2003. Effects Of Pore Size Distribution And Fiber Diameter On The Coupled Heat And Liquid Moisture Transfer In Porous Textiles, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 46:5099–5111

Zou, Y., Huda, S., Yang, Y. 2010. Lightweight Composites From Long Wheat Straw and Polypropylene Web, *Bioresource Technology*, 101:2026–2033

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Şeyda CANBOLAT
Doğum Yeri ve Tarihi	: Kayseri-Bünyan 18.08.1988
Yabancı Dili	: İngilizce
Eğitim Durumu(Kurum ve Yıl)	
Lise	: Orhangazi Öğretmen Eyüp Topçu Anadolu Lisesi
Lisans	: Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,Tekstil Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	: Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl	: İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü
İletişim(e-posta)	: scanbolat@ticaret.edu.tr
Yayımları	: Canbolat,S.,Kut,D.,Dayioglu, H.,Merdan,N.2013.Production of a Wall Fabric Having Thermal Insulation, 14.Ulusal & 1.Uluslararası Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu