



**AHŞAP ESASLI AKUSTİK KOMPOZİT PANELLERİN BAZI
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Veysel ÖZTÜRK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Veysel ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “AHŞAP ESASLI AKUSTİK KOMPOZİT PANELLERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. H. Özgür İMİRZİ

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. Onur ÜLKER

İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Ana Bilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 12/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Veysel ÖZTÜRK

12/06/2019

AHŞAP ESASLI AKUSTİK KOMPOZİT PANELLERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Veysel ÖZTÜRK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Günümüzde mobilya ve ağaççileri sektörlerinde kullanılan malzemelerin birçoğu ahşap esaslı kompozitlerden üretilmektedir. Bunun en önemli nedeni ahşap esaslı kompozitlerin hafifliği ve kullanım yerinin gerektirdiği yüksek performans özelliklerine sahip olmasıdır. Bu çalışmada orta katmanı dört farklı geometride hazırlanan MDF paneller kullanılmıştır. Panellerin lamine hale getirilmesinde üre formaldehit tutkalı tercih edilmiştir. Hazırlanan panellerin rutubet, yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, ses yayılma hızı, ses rezistansı ve ses geçiş kaybı değerleri araştırılmıştır. Deneyler sırasında yoğunluk için TS EN 323, rutubet için TS EN 322, eğilme direnci için TS EN 310 ve ses geçiş kaybı için TS EN ISO 10534-2 standartları esas alınmıştır. Sonuç olarak yoğunluk değerleri 0,56-0,63 gr/cm³ arasında, rutubet değerleri % 8,53 ile % 9 arasında, eğilme direnci ortalama 26,25 N/mm² ile 27,99 N/mm² arasında ve eğilmede elastikiyet modülü değeri ortalama 2843 N/mm² ile 2936 N/mm² arasında bulunmuştur. Ses geçiş kaybı değerleri malzeme iç katman yapısına göre incelendiğinde en yüksek ses geçiş kaybı 24,19 dB değeri ile daire yapılı panellerden elde edilirken en düşük ses geçiş kaybı 19,57 dB ile üçgen yapılı panellerden elde edilmiştir. Ses geçiş kaybı değerleri frekans bazında incelendiğinde ise en düşük ses geçiş kaybı 7,117 dB ile 160 Hz frekansta elde edilirken, en yüksek ses geçiş kaybı ise 52,520 dB ile 6300 Hz frekansta elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 120401

Anahtar Kelimeler : Akustik, ahşap esaslı levha, mekanik özellikler, ahşap esaslı kompozit panel, ses geçiş (iletim) kaybı, eğilme direnci, elastikiyet modülü

Sayfa Adedi : 53

Danışman : Doç. Dr. H. Özgür İMİRZİ

SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WOOD-BASED ACOUSTIC
COMPOSITE PANELS

(M. Sc. Thesis)

Veysel ÖZTÜRK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

Nowadays, most of the materials used in furniture and woodworking sectors are produced from wood-based composites. The most important reason for this is the lightness of wood-based composites and the high performance properties required by the place of use. In this study, MDF panels prepared in four different geometries were used. Urea formaldehyde glue was preferred for laminating the panels. Moisture, density, bending resistance, modulus of elasticity, sound propagation speed, sound resistance and loss of sound transmission values of the prepared panels were investigated. TS EN 323 for density, TS EN 322 for moisture, TS EN 310 for bending strength and TS EN ISO 10534-2 standards for noise loss are taken as the basis. As a result, density values are between 0,56-0,63 gr/cm³, moisture values are between 8,53 % and 9 %, bending strength is between 26,25 N/mm² and 27,99 N/mm² and flexural modulus of elasticity The mean value was found to be between 2843 N/mm² and 2936 N/mm². When the sound transition loss values were examined according to the material inner layer structure, the highest sound transition loss was obtained from the panels with circular with a value of 24,19 dB, while the lowest sound transition loss was obtained from triangular panels with 19,57 dB. When the sound transition loss values were examined on the basis of frequency, the lowest sound transition loss was obtained at 7,117 dB and 160 Hz frequency, while the highest sound transition loss was obtained at a frequency of 52,520 dB and 6300 Hz.

Science Code : 120401

Key Words : Acoustic, wood based panel, mechanical properties, wood based composite panel, loss of transmission, bending resistance, modulus of elasticity

Page Number : 53

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. H. Özgür İMİRZİ

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sırasında maddi ve manevi desteklerini grdüğüm herkese, danışman hocam Do. Dr. H. Özgür İMİRZİ' ye, fikirlerinden faydalandığım hocam Do. Dr. Nihat DÖNGEL' e, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eőim Arő. Gör. Yasemin ÖZTÜRK' e teőekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Ahşap Esaslı Levhalar	3
2.2. Tutkal	4
2.3. Ağacın Akustik Özellikleri	6
2.4. Ses	6
2.4.1. Ses geçiş kaybı	7
2.4.2. Ses yutma katsayısı	7
2.4.3. Ses frekansı	8
2.4.4. Ses yayılma hızı	8
2.4.5. Ses rezistansı	8
2.5. Akustik	8
2.6. Gürültü	9
2.7. CNC Ahşap İşleme Makineleri	10
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	11

4. MALZEME VE YÖNTEM.....	17
4.1.Malzeme	17
4.1.1.Ahşap esaslı levhalar.....	17
4.1.2. Tutkal	17
4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	17
4.3. Yöntem.....	24
4.3.1. Yoğunluk.....	24
4.3.2. Rutubet	24
4.3.3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü.....	25
4.3.4. Ses yayılma hızı	27
4.3.5. Ses rezistansı	27
4.3.6. Ses geçiş kaybı	27
4.3.7. Verilerin değerlendirilmesi	30
5. BULGULAR	31
5.1. Yoğunluk.....	31
5.2. Rutubet	31
5.3. Eğilme Direnci	32
5.4. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	33
5.5. Ses Yayılma Hızı.....	35
5.6. Ses Rezistansı.....	37
5.7. Ses Geçiş Kaybı	39
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	53

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sesin varlığından söz edilebilmesi için bulunması gereken öğeler ve koşullar	7
Çizelge 2.2. Gürültünün sınıflandırılması.....	10
Çizelge 4.1. CNC makinesinin işleme parametreleri.....	17
Çizelge 5.1. Ahşap kompozit panellerin ortalama yoğunluk değerleri.....	31
Çizelge 5.2. Ahşap kompozit panellerin ortalama rutubet değerleri	31
Çizelge 5.3. Ahşap kompozit panellerin eğilme direnci değerleri.....	32
Çizelge 5.4. Malzeme çeşidinin eğilme direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	33
Çizelge 5.5. Malzeme çeşidine ilişkin Duncan testi	33
Çizelge 5.6. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri	34
Çizelge 5.7. Malzeme çeşidinin elastikiyet modülü etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	35
Çizelge 5.8. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri	35
Çizelge 5.9. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı değerleri	35
Çizelge 5.10. Malzeme çeşidinin ses yayılma hızına ilişkin varyans analizi sonuçları	36
Çizelge 5.11. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı Duncan testi	36
Çizelge 5.12. Ahşap kompozit panellerin ses rezistansı değerleri.....	37
Çizelge 5.13. Malzeme çeşidinin rezistans hızına ilişkin varyans analizi sonuçları	38
Çizelge 5.14. Ahşap kompozit panellerin ses rezistansı Duncan testi.....	38
Çizelge 5.15. Deney örneklerine ait ses geçiş kayıpları değerleri	39
Çizelge 5.16. Frekans düzeyi, malzeme çeşidi ikili etkileşiminin varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 5.17. Malzeme iç katman yapısına göre Duncan testi	40
Çizelge 5.18. Frekans değerlerine göre Duncan testi	41

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.19. Malzeme çeşidi, frekans düzeyi ikili etkileşiminin Duncan testi	42



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ahşap esaslı levha tablosu.....	3
Şekil 2.2. Lif levha üretim aşamaları.....	4
Şekil 4.1. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test düzeneği ve ölçüleri	26
Şekil 4.2. Empedans tüpü ölçüm yöntemi	27
Şekil 4.3. Ses geçiş kaybı ölçüm yöntemi	28
Şekil 5.1. Ahşap kompozit panellerin eğilme direnci değerlerine ait grafik	32
Şekil 5.2. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerlerine ait grafik.....	34
Şekil 5.3. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı değerlerine ait grafik	37
Şekil 5.4. Ahşap kompozit panellerin ses rezistansı değerlerine ait grafik	38
Şekil 5.5. Ahşap kompozit panellerin ses geçiş kaybı değerlerine ait grafik	40
Şekil 5.6. Ahşap kompozit panellerin ses rezistansı değerlerine ait grafik	41
Şekil 5.7. İç katman yapılarına göre frekans-ses geçiş kaybı değerlerine ait grafik.....	43

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Deney numunesinin makinede işlenmesi	18
Resim 4.2. SCM tech z1 CNC ahşap işleme makinesi.....	18
Resim 4.3. Üçgen yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü.....	19
Resim 4.4. Altıgen yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü	19
Resim 4.5. Bakla desen yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü	19
Resim 4.6. Daire yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü	19
Resim 4.7. Üçgen yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü	20
Resim 4.8. Altıgen yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü.....	20
Resim 4.9. Bakla desen yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü.....	21
Resim 4.10. Daire yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü.....	21
Resim 4.11. Üçgen yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi	21
Resim 4.12. Üçgen yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi	22
Resim 4.13. Altıgen yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi.....	22
Resim 4.14. Altıgen yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi.....	22
Resim 4.15. Bakla desen yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi	22
Resim 4.16. Bakla desen yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi	23
Resim 4.17. Daire yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi	23
Resim 4.18. Daire yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi	23
Resim 4.19. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testinin yapılışı.....	26
Resim 4.20. 28 mm test numunesinin montajı.....	28
Resim 4.21. 100 mm test numunesinin montajı	29
Resim 4.22. Üçgen yapılı lamine panel teknik ölçüleri	29
Resim 4.23. Altıgen yapılı lamine panel teknik ölçüleri.....	30
Resim 4.24. Bakla desen yapılı lamine panel teknik ölçüleri	30

Resim

Sayfa

Resim 4.25. Daire yapılı lamine panel teknik ölçüleri..... 30



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

α	Ses yutma katsayısı
TL	Transmission loss
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASTM	American Society for Testing and Materials
CNC	Bilgisayarlı nümerik kontrol
db	Desibel
dBA	Ölçüm cihazının A filtresi kalibrasyonu sonrası birimi
HD	High Definition (Yüksek Netlik)
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
MDF	Orta yoğunluklu liflevha
pH	Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesinin ölçümü
PVC	Polivinil klorür
PWTR	Atık Lastik Kauçuklu Kontrplak
TS EN	Türk Standardları Euro norm
TSE	Türk Standardları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Son yıllarda ağaç işleri endüstrisinde hafif yapılı ahşap esaslı malzemeler ve endüstri ürünü malzemeler ile üretilen ahşap esaslı akustik panellerin kullanımı büyük bir ilgi görmektedir. Akustik paneller, tiyatro, konser ve sinema salonları, otel lobileri, camiler, kiliseler, uçak ve otobüs terminalleri, tren ve metro istasyonları, metro ve tren vagonları, yat ve gemi salonları, müzik kayıt stüdyoları, eğlence merkezleri, disko, oteller, barlar, gece kulüpleri, büyük restoranlar, lokantalar, kütüphaneler, dersaneler, kongre merkezleri, düğün salonları, büyük alışveriş merkezleri, otel toplantı salonları, idari binalar, açık ofisler, spor salonları, kapalı yüzme havuzları, atış poligonları, çok amaçlı salonlar, telsiz odaları, radyo odaları, ses kayıt stüdyoları, üniversite amfileri, mahkeme ve duruşma salonları gibi mekanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde kullanılan gelişmiş mobilya teknolojileri ile geleneksel sistemlere alternatif olarak akustik mobilya panelleri üretilmektedir. Paneller gelişen teknoloji sayesinde farklı hammaddeler ile de üretilmektedir. Daha hafif levhalar kullanmak suretiyle maliyet, depolama ve üretim açısından da önemli avantajlar kazanılabilir (Öztürk ve İmirzi, 2017).

Kalabalıklaşan nüfus, teknolojinin hızlı gelişimi insanlara her ne kadar olumlu imkânlar sunsa da bazen bu imkânlar başka olumsuzlukları doğurabilmektedir. Bina kat sayılarının artması, HD kalitede ses sistemlerinin hayatımıza girmesi, daha az alanda daha fazla insanın birlikte yaşaması gibi durumların artması ile günlük hayatımızda gürültü ve ses önemli bir yere sahip olmaya başlamıştır. İstenmeyen ses olarak ifade edilen gürültü insanların psikolojik sağlıkları açısından önemli bir yere sahiptir. Gürültünün insanların çalışma verimlerine etkisi de oldukça yüksektir. Bu sebeple hemen hemen her sektör de gürültünün azaltılması için çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların odağında her ne kadar gürültü olsa da kulağa hoş gelen seslerin daha da güzel duyulması için de çalışmalar yapılmaktadır.

Muslu' nun Özgüven' den aktardığına göre gürültünün insan sağlığına zarar verecek düzeyde olmasa bile, rahatsız edici özelliğinden dolayı ortadan kaldırılması gerekmektedir. Gürültünün verdiği zararı engellemek için gürültünün yaratıldığı ortamın özelliğine, çevredeki kişilerin gürültülü ortamda bulunma sürelerine ve ortamın koşullarına göre değişik standartlar belirtilmiş ve insan sağlığını korumak için birçok ülke bu standartları kanun ya

da yönetmeliklerle uyulması zorunlu bir hale getirmiştir. Bu ülkelerde sadece endüstriyel gürültü değil çevresel gürültüde kontrol altına alınmaktadır (Muslu, 2013).

Ses yalıtımı için genellikle mineral yünler, polietilen, kauçuk tanecikler, ahşap yonga, Poliüretan kullanılmaktadır. Bu malzemeler sadece ses yalıtımı değil aynı zamanda ısı yalıtımı da sağlamaktadır (Ersoy, 2007).

Ağaç malzeme dekorasyonda önemli bir malzeme olmasının yanında akustik özelliklerinden dolayı hem konser mekânları gibi sesin önemli olduğu mekânlarda hem de konferans salonları gibi konuşma yapılan mekânlarda sıkça kullanılmaktadır (Muslu, 2013).

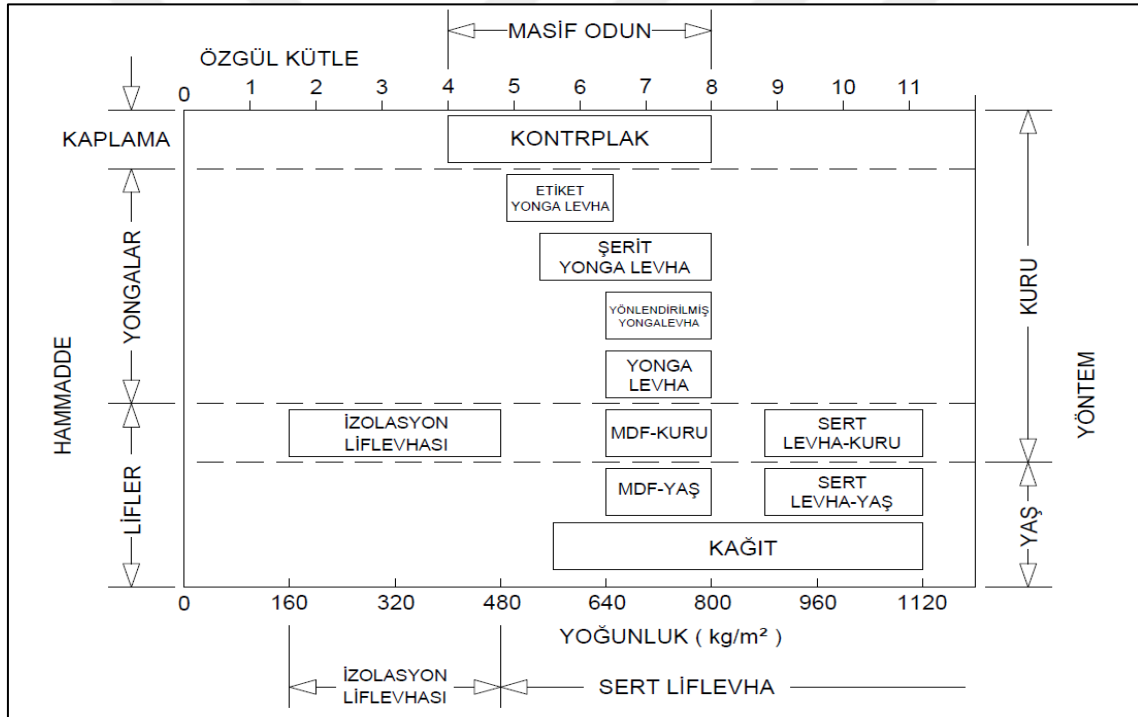
Orman kaynaklarının azalmaya başlamasıyla beraber masif ahşap kullanımının ahşap esaslı levha kullanımına kaymaya başlamasıyla beraber bu levhalar akustik özelliklerin iyileştirilmesi için de kullanılmaya başlanmıştır. Araştırmacılar bu levhaların geometrik yapılarını değiştirmek, farklı katkı malzemeleri eklemek, farklı formda ara katmanlar eklemek suretiyle levhaların akustik değerlerini ölçen çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların temel hedefi kullanım yerine göre daha kaliteli akustik etkiler veren malzemeyi bulabilmektir.

Bu çalışma ahşap-akustik ortak paydasındaki diğer çalışmalara katkı sağlamak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada iç katmanında değişik geometrik şekiller bulunan, lamine edilmiş MDF panellerin yoğunluk, eğilme, eğilmede elastikiyet ve ses geçiş kayıpları ölçülerek geometrik şekillerin akustik özelliklere etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

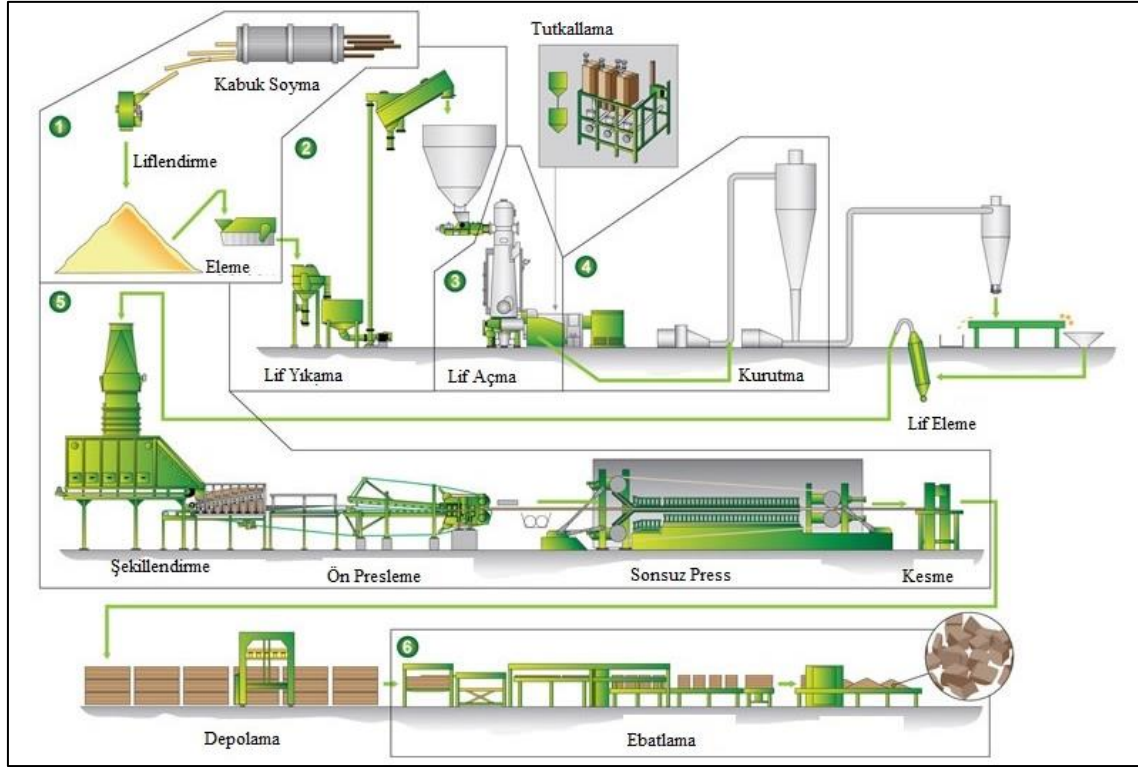
2.1. Ahşap Esaslı Levhalar

Ahşap esaslı levhalar en genel tanımıyla mühendislik malzemeleridir. Birer kompozit olan bu malzemeler masif ahşap malzemelerin yerini büyük ölçüde almışlardır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi orman varlığının azalmaya başlaması ve istenilen ebatlarda tek parça masif malzeme bulunmasının zorluğudur. Ahşap esaslı levhalar kullanıcıya yekpare şekilde ürün üretme kolaylığı veren ebatlarda üretilebilmektedir ve işlenmesi oldukça kolaydır (İstek ve diğerleri, 2015). Ahşap esaslı levhaların sınıflandırılması Şekil 2.1’ de verilmiştir.



Şekil 2.1. Ahşap esaslı levha tablosu (Eroğlu ve Usta, 2000)

Lif levha endüstrisinin başlangıcı M.Ö. 6. yy’ da Japonya’ da küçük evlerin duvarlarında kullanılan ağır kâğıtların kullanılması olarak kabul edilmektedir. Daha sonraları ise İngiltere’ de kartonların yapıştırılmasıyla elde edilen levhalar çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Lif levhanın endüstriyel olarak gelişmesi ise 1900’ lü yıllarda başlamaktadır. 1901 yılından sonra Amerika’ da izolasyon amacıyla binalarda kullanılmaya başlamıştır (Eroğlu ve Usta, 2000). Lif levha üretim aşamaları Şekil 2.2’ de verilmiştir.



Şekil 2.2. Lif levha üretim aşamaları (<http://www.woodforce.com>)

Lif levhanın bir ürünü olan MDF ise diğer levha ürünlerine alternatif olarak 1960' lı yılların ikinci yarısından sonra Amerika ve sonrasında da Almanya, İngiltere ve Fransa gibi ülkelerde üretimine başlanmıştır. İlk MDF fabrikası ise 1965 yılında Amerika'da kurulmuştur (İstek ve diğerleri, 2015).

2.2. Tutkal

Ağaç işlerinde yoğunlukla kullanılan sentetik reçineler 1930 yılının başında piyasaya sürülmüştür. Sıcak presleme yöntemiyle kullanılan bu yapıştırıcılar suya karşı dayanıklı ve odun zararlılarına karşı malzemeyi koruyucuyu etkiye sahip olduğundan üretilen ahşap esaslı levhaya dayanıklılık kazandırmaktadır (Huş, 1962).

Kolloidal çözeltiler halinde bulunan bu tutkallar ile yapışma, çözeltinin su kaybetmesi, soğuması veya içerisindeki kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi ile oluşur. Bu sırada çözelti geçici pelteleşir ve zaman içerisinde katılaşır (Kalaycıoğlu, 2003).

Ahşap esaslı levhaların üretilmesinde üre formaldehit, fenol formaldehit, resorsin-formaldehit, polivinilasetat ve melamin formaldehit tutkalları yaygın olarak kullanılır. Bunlar dışında kalan diğer tutkallar ise pahalı olması, işlem süresini uzatması gibi sebeplerle tercih edilmemektedir (Kalaycıoğlu, 2003).

Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehitin reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Tutkalı kullanıma hazırlama sırasında sertleştirici ilavesi yapılmaktadır. Üre formaldehit tutkalının yapışma etkisini; sertleştiricinin tipi, konsantrasyonu ve sıcaklığı etkilemektedir. Tutkalın 5 °C' den 110 °C' ye kadar geniş bir kullanım alanı mevcuttur (Huş, 1962).

Ucuz olması, levha üretim teknolojisine uygun olması, sıcak presleme sırasında çabuk sertleşmesi gibi avantajları yanında dış hava şartlarına uygun olmaması ve zamanla ham levhalardan formaldehit ayrışmasına neden olması gibi dezavantajlara sahip olan üre formaldehit tutkalı, ahşap esaslı levha üretiminde en fazla kullanılan tutkaldır. Üre-formaldehit, termosetting bir polimerdir ve asidik ortamda sertleşir (Yeşil, 2008).

Sertleşmiş olan üre bileşeni zehirli değildir ancak açığa çıkan ve serbest halde olan formaldehit oldukça reaktif özelliindedir. İnsan vücudundaki proteinlerle birleşerek zehirli bir etki yapmaktadır (Hanetho, 2001).

Formaldehit mol oranı yüksek olan ÜF tutkallarında serbest formaldehit miktarı da daha fazladır. Dolayısıyla hem presleme sırasında hem de üretimden sonra bu levhalardaki formaldehit emisyonu miktarı fazla olmaktadır (Anonim).

Üre formaldehit tutkalının kullanım amaçlarına göre ayarlanması gereken bazı özellikleri vardır. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Viskozite
- Soğuk uygulanabilirlik
- Mol oranı
- Reaktivite
- pH
- Depolanabilirlik ve ilave maddelerle uyumluluk (Anonim).

2.3. Ağacın Akustik Özellikleri

Ahşap malzemenin akustik bakımdan en önemli karakteristiği ağırlığının az oluşuna karşılık içerisinde ses yayılma hızının yüksek olmasıdır. Ağaç malzeme de ses hem yayılma hem de boğulma meydana getirebilmektedir. Bu sebeple ağaç malzeme diğer malzemelerden daha üstün bir özellik göstermektedir. Bunun sonucunda da hem müzik aletleri yapımında kullanılır hem de konser ve tiyatro salonlarının akustik özelliklerini sağlamak üzere duvar kaplaması olarak kullanılmaktadır. Yapılar içerisinde, salonlarda ağaç malzemedeki yapılan yüzey kaplama malzemesinin ses dalgalarını düzenleyici, sesi absorbe edici, duvarlarda ses yansımaları ile meydana gelen kötü ses yankılarını önleyici etkisi önemlidir. Çıplak ve düzgün yüzeyli duvarlara sahip salonlarda ses dalgalarının yansımaları nedeniyle ses yankıları meydana gelmektedir. Yankılanmayı önlemek için duvarların sesi emen kumaş, keçe, talaş veya lif levhalar, kontraplak ve masif tahtalarla kaplanması ile mümkün olmaktadır. Böylece bir kısım ses dalgaları absorbe edilerek yutulmaktadır. Ağaç malzemenin ses absorpsiyonu ağacın yapısına, özgül ağırlığına, yüzeyinin düzenli düzensiz ya da pürüzlü olup olmamasına, rutubet miktarı gibi pek çok etkene bağlı olarak değişir. Odun yapısı düzensizleştikçe, özgül ağırlık arttıkça, yüzey pürüzlülüğü, rutubet ve ısı arttıkça ses absorpsiyon miktarı da artmaktadır. Hava boşluğu oranı yüksek, gözenekli ve yüzeyleri pürüzlü olan lif levhalar ses absorpsiyonu sağlamaktadır (Berkel, 1970).

2.4. Ses

Ses, fiziksel olarak bir basınç altında elastik bir ortamdaki parçacıkların yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Titreşim olarak belirtilen bu olayın insan kulağında yarattığı etkiler insanın sesi algılaması olarak görülebilir. Bir enerji olarak açıklanan ses, ortamın özgül ağırlığına, esnekliğine ve koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Sesin bir noktadan ötekine iletimi için elastik bir ortamın varlığı gereklidir (Erol, 2006).

Ses dalgalarının etkisi altında malzemeler ve yapı elemanları belirli davranışlar sergilerler. Ses kaynağından çıkıp hava içerisinde yayılan dalgalar yüzeyle karşılaştıklarında yansır, emilir ve yayılmaya devam ederler (Sey, 1970).

Sesin varlığından söz edebilmek için bulunması gereken öğeler ve koşullar vardır. Bunlar işlevini gören bir kulak ve beyin diğer bir deyişle alıcı sistem ve onları uyurabilecek özellikte

etkenlerin bir yerlerde oluşması yani ses kaynağı ve bu etkenlerin oluştukları yerden kulağa kadar ve kulağı uyarmaya yetecek bir şiddette iletilmesi gerekir (Zeren, 1997).

Sesin varlığından söz edebilmek için bulunması gereken öğeler ve koşullar Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sesin varlığından söz edilebilmesi için bulunması gereken öğeler ve koşullar (Zeren, 1997)

Ses Kaynağı	İletici Ortam	Alıcı
Kulağı uyarabilecek nitelikte etkenler	Etkenleri kesintisiz ve yeterli şiddette ileten ortam veya ortamlar	Etkenleri değerlendirecek nitelikte kulak ve beyin

2.4.1. Ses geçiş kaybı

Ses geçiş kaybı, sesin bir duvar, bir döşeme, bir pencere yani herhangi bir bölmeyi geçerken uğradığı kayıp olarak tanımlanmaktadır. Bu kayıp, diğer bir ifadeyle azalma, logaritmasal bir büyüklük olarak, dB cinsinden verilir ve doğrudan doğruya dB cinsinden bir azalmayı gösterir (Sirel, 2000).

Örnek bir hesaplama yapmak gerekirse bir duvarın ses geçiş kaybı 50 dB ise, bu duvarın bir yanındaki 80 dB düzeyindeki ses, öte yana $80 - 50 = 30$ dB, bir yanındaki ses 90 dB ise, öte yana $90 - 50 = 40$ dB düzeyinde geçer.

Ses geçiş kaybı değerlerinin yüksek olması geçirimsizliğin yüksek olduğunu, düşük olması ise geçirimsizliğin düşük olduğunu gösterir (Açık ve Tutuş, 2016).

2.4.2. Ses yutma katsayısı

Yutma katsayısı bir yüzeyden yansımayan ses enerjisi oranıdır (Sirel, 2000). Vidinlimen' in Özgüven' den aktardığı tanıma göre α ile gösterilen ses yutma katsayısı, 0 ile 1 arasında değerler alabilir. $\alpha = 0$ tümüyle yansıtıcı yüzeyleri; $\alpha = 1$ ise, ses enerjisinin tümünü yutan yüzeyleri gösterir. Bir yüzeyin ses yutma katsayısı, malzemenin özelliklerine, kalınlığına ve frekansa bağlı olarak değişir. Bir yüzeyin alanıyla o yüzeyin ses yutma katsayısının

çarpılmasıyla elde edilen değere yüzeyin ses yutumu adı verilir ve birimi Sabin' dir (Vidinlimen, 2010).

2.4.3. Ses frekansı

Titreşim yapan bir nesnenin, ürettiği basınç azlığı ve çokluğu dizileri, ses dalgasını oluşturur. Ses dalgası gibi, devirsel bir olayın frekansı, bu olayın saniyede kaç kes yinelendiğini gösteren sayı, yani saniyedeki devir sayısına frekans denir. Frekans birimi "Hertz" Hz' dir. Frekansın yükselmesiyle birlikte ses inceler ve saniyede ki titreşim sayısı artar (Karabiber, 1991).

2.4.4. Ses yayılma hızı

Sesin bir saniyede aldığı yola sesin yayılma hızı denir. Ses dalgalarının odun içerisinde yayılma hızı ağaç türüne, odun yapısına, rutubet miktarına, ısı derecesine, özgül ağırlığa ve dalgaların frekansına göre değişmektedir. Yapısı yeknesak olan cisimler ses dalgalarını her yönde eşit olarak yayarlar. Anizotrop ve yeknesak olmayan yapıya sahip odunda ise ses yayılma hızları farklılıklar göstermektedir. Örneğin % 5-7 rutubete sahip bir odunda sesin yayılma hızı liflere paralel yönde liflere dik yönden daha fazladır. Odunda rutubet miktarı arttıkça ve yapısı yeknesaklıktan uzaklaştıkça sesin yayılma hızı azalmaktadır (Berkel, 1970).

2.4.5. Ses rezistansı

Ses rezistansı, bir cismin içerisinde ses dalgalarının yayılmasına karşı gösterilen dirençtir. Odunda bu direnç önemli ölçüde özgül ağırlığa bağlıdır. Liflere paralel yöndeki direnç liflere dik yöndeki dirençten daha fazladır (Örs ve Keskin, 2008).

2.5. Akustik

Akustik, sesi inceleyen bilim dalıdır. Sesin neden olduğu gürültü kirliliğini önleme, sesin yayılma sınırlarını belirlemek akustik bilimini ilgilendiren konudur. Sesin cisimlere çarpıp geri dönmesi sonucu oluşan yankı, akustiğin bozulmasına neden olur. Özellikle duvar, tavan, yer zemini gibi düz ve geniş yüzeyler yankıya neden olurlar. Bu gibi durumları önlemek için

yüzeyle ses emme özelliği olan perdeler, kumaş kaplamalar, halılar, sünger kaplamalar, girintili-çıkıntılı sıva, köpük kaplama, vb. teknikleri uygulanmaktadır. Sinema salonlarında duvarların ses emen kalın kumaşlarla kaplı olması, tavanın ses emen malzemelerle kaplanması yankıyı önleyip, iyi bir akustik sağlamak için yapılmaktadır (<http://www.bilgimanya.com/akustik-nedir/>, 2018).

2.6. Gürültü

Kulağı uyaran etkenler, her zaman, yinelenen bir hareket sonucu oluşmaktadır. Hareket ne kadar karışıkça, o hareketin sonucu olarak oluşan uyarıcı etkenler ve bu etkenlerin uyarısıyla algılanan sesler de o kadar karışık olur. Bu karışık seslere gürültü denilmektedir (Zeren, 1997).

Akustikte gürültü, ansiklopedik tanım olarak dinlenmekte olan seslere karışan istenmeyen herhangi bir ses olarak tanımlanır. Sesbilimde yapılan tanımıyla ise gürültü periyodik olmayan frekanslardan oluşan ses birimlerinin oluşturduğu tayfidır. Bir başka deyişle gürültü insan ve toplum üzerinde olumsuz etki yapan ve istenmeyen seslere denilmektedir. Belirgin bir yapısı olmayan, içerdiği öğelerle kişiyi bedensel veya psikolojik olarak etkileyebilen ses düzeni olarak da tanımlanabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Gürültüyü kontrol etmek için gürültü kaynağını daha sessiz hale getirmek ve ya fiziksel ortamlardaki taşımını engellemek gerekmektedir. Örneğin düşük hızda dönen büyük bir pervane, yüksek hızda dönen küçük bir pervaneden daha az gürültü çıkarmaktadır (Ersoy, 2007).

Sesin gürültü olarak kabul edilip edilmemesi ses basınç düzeyine, frekansına, süresine, zamanlamasına, ses kaynağının nitelik ve niceliğine bağlıdır (Erol, 2006).

Gürültünün insan üzerindeki etkileri incelenirken 3 önemli etmen dikkate alınır (Yılmaz Demirkale, 2007). Bunlar;

1. Can sıkması
2. İletişimi engellemesi
3. Devamlı duyma bozukluğu riski.

Gürültüyü Çizelge 2.2' de olduğu gibi sınıflandırmak mümkündür.

Çizelge 2.2. Gürültünün sınıflandırılması (Yılmaz Demirkale, 2007).

30-65 dBA	I. Derecedeki Gürültüler	Konforsuzluk Rahatsızlık Sıkılma duygusu Kızgınlık Konsantrasyon ve uyku bozukluğu
65-90 dBA	II. Derecedeki Gürültüler (Fizyolojik Gürültü)	Kalp atışının değişimi Solunum hızlanması Beyindeki basıncın azalması
90-120 dBA	III. Derecedeki Gürültü (Fizyolojik Gürültü)	Baş ağrısı
120-140 dBA	IV. Derecedeki Gürültü	İç kulakta bozukluk
140 > dBA	V. Derecedeki Gürültü	Kulak zarının patlaması

2.7. CNC Ahşap İşleme Makineleri

Uzun yıllardır, üretimde temel yöntemlerde çok fazla köklü değişiklikler yapılmamış olmasına rağmen, sürekli bir gelişim kaydedilmiştir. Ancak teknolojik gelişmelerle birlikte özellikle de bilgisayarlardaki gelişmelere bağlı olarak üretim de bilgisayar destekli nümerik kontrol sistemine geçilmiştir. Bu sisteme kısaca CNC denilmektedir (Gibbs, 1994).

Geleneksel makinelerde parça ile ilgili tüm işlemler işçi tarafından ve ya onun kontrolünde yapılırken CNC makinelerde işlemlerin büyük bir kısmı bilgisayarlı sistemler tarafından yapılmaktadır. Ahşap işleme makinelerinin geleneksel makinelere göre bir çok avantajı bulunmaktadır. Yüksek kaliteli parçaların üretilebilmesi, karmaşık parçaların, yüksek doğruluk seviyesi ile işlenebilmesi ve daha az ve basit bağlama tertibatlarına ihtiyaç duyulması CNC ahşap işleme makinelerinin avantajlarından bazılarıdır (Burdurlu ve Baykan, 1998).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Empedans tüpleri ile ilgili çalışma yapan Bolt 1947 yılında yayınladığı makalesinde akustik empedansın ölçümünde yeni bir yaklaşım geliştirdiğinden bahsetmiştir. Buna göre bir deliğin empedansını delikli açık alan kısmına karşılık gelen basit bir değere dönüştürmüştür. Bu değerlerin yer aldığı bir tablo oluşturmuştur. Çalışmasında kullandığı materyal olan perfore panellerin kaplı olmayan kısımlarındaki yanı arkasındaki materyalin akustik empedansının bilinmesi durumunda perfore edilmiş yüzeyin ses emme katsayısını tablolara bakarak bulunabileceğini söylemiştir (Bolt, 1947).

Diaz ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada kamış panellerinin ses absorpsiyonu araştırılmış ve kamış panellerin en iyi absorpsiyonu yüksek ve orta frekanslarda sağladığını görmüşlerdir (Díaz, Jiménez, Navacerrada ve Pedrero, 2010).

Francesco ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada 5 katmanlı kavak kontrplaklar üretmiş ve plakaların üzerine 3 ve 5 mm çapında delikler açmışlardır. Levhaları 40 mm kalınlıktaki çıtalar ile çerçevelemişlerdir. Sonuçta yapılan panellerin, düşük frekans aralığındaki sesleri emmek için uygun olduğunu görmüşlerdir. Deney sonucu elde edilen veriler, yemek odasında yapılan testlerle de doğrulanmıştır. Panelli odanın yankılanma süresi, onlar olmadan ki süreden önemli ölçüde daha düşük çıkmıştır (Negro, Cremonini ve Disafa, 2016).

Yapılan bir başka çalışma da Ahmed Adnan Saygun Sanat Merkezi (AASSM) “küçük salonu” akustik bakımdan incelenmiş ve mevcut ahşap akustik panellerin ses absorpsiyonunda etkinliği analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ahşap akustik panel uygulaması yapılmış salonun ahşap akustik panel uygulaması yapılmamış salona göre sesi absorbe etme yeteneğinde önemli bir fark sağlandığı görülmüştür (Işıktaş ve Ay, 2016).

Smardzewski ve diğerleri 17 farklı ahşap esaslı levha ile bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda hafif sandviç panellerin yapı malzemesi olarak çok cazip olmasına rağmen düşük gözeneklilik ve yüksek spesifik empedansından dolayı, ses emilimi için kullanımının yapısal olarak uygunluğunun kısıtlı olduğu belirlenmiştir. 125 ve 500 Hz arasındaki frekanslar için en yüksek ses emici özellikler, düşük yoğunluklu ve yüksek gözeneklilik yüzey katmanlarına sahip ahşap esaslı malzemeler göstermektedir. Kâğıt temelli petek panelleri, 1 kHz’ den 2

kHz' ye kadar değişen frekanslarla sesi daha iyi absorbe ederken, 4 kHz frekansı için, yüzey malzemelerindeki büyük düzensizliklere sahip paneller en uygun akustik özellikleri sergilemektedir. Kullanılan Attenborough hesaplama modeli sadece 2 kHz frekans ve petek veya tüp panelleri için deneysel verilere benzer ses emme katsayıları sağlar (Smardzewski ve diğerleri, 2015).

Smardzewski ve diğerlerinin yapmış olduğu bir başka çalışmada yüksek yoğunluktaki ağaçlarda spesifik empedansın da yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırma sonucunda 2 kHz' deki en yüksek ses emme katsayısının meşe, dişbudak, sapelli ve çam da meydana geldiğini kanıtlanmıştır (Smardzewski ve diğerleri, 2014).

Yapılan bir çalışmada pirinç ve saman-ahşap parçacıklarından oluşturulan ahşap kompozit levhaların ses emme katsayıları, ahşap yapılarda yalıtım malzemesi ve yalıtım levhalarının yerini alma olasılığını araştırmak için empedans tüpü yöntemi ile ölçümler yapılmış ve sonuç olarak bu levhaların ses yalıtımı için uygun olduğu görülmüştür (Yang, Kim ve Kim, 2003).

Plywood/waste tire rubber (PWTR) kompozitlerinin akustik özelliklerinin analizi ile ilgili bir çalışmada panellerin literatürde bildirilen ticari kontrplaklardan daha iyi ses geçirmez etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca aynı çalışma da panel hazırlama esnasında kayın katmanların artırılmasının akustik özellikleri geliştirdiği görülmektedir (Ghofrani, Ashori, Rezvani ve Ghamsari, 2016).

Hızlı gelişen ağaç türleri kullanılarak üretilen yonga levhalar ile yapılan bir çalışmada, elde edilen düşük ve orta yoğunluklu yonga levhaların düşük ve yüksek frekans aralığında iyi birer ses emici oldukları görüldü. Düşük yoğunluklu yonga levha ($0,5 \text{ gr/cm}^3$) düşük frekansta orta yoğunluklu yonga levha ($0,8 \text{ gr/cm}^3$), yüksek frekansta daha iyi ses emme özelliği göstermiştir (Karlınasari, Hermawan, Maddu, Martiandi ve Hadi, 2012).

Döngel' in ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin (parke) teknik özelliklerini incelediği doktora tezinde kayın masif parkenin ses yayılma hızı en yüksek çıkarken, yonga levha laminat parkenin ses yayılma hızı en düşük çıkmıştır (Döngel, 2005).

Muslu yaptığı çalışma da ahşap esaslı duvar kaplama malzemelerinin ses geçiş kayıplarını belirlemiş ve yonga levhanın gözenekli yapısının ve lif levhanın yoğunluğunun fazla

oluşunun ve çift kompenantlı verniğin termoset yapısının geçiş kaybını artırıcı etkide bulunabileceğini belirtmiştir (Muslu, 2013).

Kaya ve Dalgar yaptıkları araştırmada ses yalıtımı açısından doğal liflerin akustik özelliklerini incelemiş ve doğal liflerle yapılan ölçümler sonucunda gözenekli malzemelerin ses yalıtımında gösterdiği performansa benzer olarak iyi bir ses yalıtımı özelliğine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Liflerin kalınlığı arttıkça düşük frekans aralığında ses yalıtım değeri artmıştır. Yapı akustiği açısından önemli olan 6 oktav olup bu frekanslar; 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz' dir. Özellikle 1000 Hz ve üstü frekanslarda darbe titreşimlerinin engellenebildiği kalınlık arttıkça bu özelliğin arttığı gözlenmiştir. Çevreye duyarlı yaklaşımların artmasıyla beraber doğal liflerden elde edilen malzemelerin kullanım sıklığının artacağını öngörmüşlerdir (Kaya ve Dalgar, 2017).

Endüstriyel çay yaprakları atıklarının ses emme özelliklerinin araştırıldığı bir çalışma da Ersoy ve Küçük bu yaprakların pamuklu kumaş tabakası ile kullanılması durumunda ses emme özelliklerinin arttığı sonucuna ulaşmışlardır. 10 mm kalınlığında numuneler için atık çay yaprakları, polyester ve polipropilen esaslı dokuma olmayan elyaf malzemeyle karşılaştırıldığında daha iyi bir ses emme özelliği göstermektedir (Ersoy ve Küçük, 2009).

Kapok liflerinin ses emme özelliklerinin araştırıldığı bir çalışma da bu liflerin içi boş yapısı nedeniyle iyi bir akustik sönümlenme performansına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Xiang, Wang, Liu, Zhao ve Xu, 2013).

Ersoy yaptığı çalışma sonucunda 20 mm kalınlığındaki çay-yaprak-fiber atıkları ile yine aynı kalınlıktaki sıkıştırılmış hindistan cevizi plaka karşılaştırılması sonucunda iki malzemenin ses yutum özelliklerinin oldukça yakın olduğu gözlemlenmiş ancak Hindistan cevizinden yapılan plakaların ekstra işlemden geçirilmesi sebebiyle çay-yaprak liflerinin maliyet açısından avantajlı olduğunu bildirmiştir (Ersoy, 2007).

Erol, MDF ve yonga levha gibi ahşap esaslı malzemelerin akustik değerlendirmesini yapmış ve sonuçta frekansın yükselmesiyle yutuculuk değerinin arttığı, alçak frekanslar için kullanım alanında hava boşluğu ya da düşük hava akış direncine sahip ek bir malzemeye ihtiyaç duyulduğu ve malzemenin kullanım şekli ile kalınlığının yutuculuk değerinde etkili olduğu sonucuna varmıştır (Erol, 2006).

Hindistan cevizi lifleri ve geri dönüştürülmüş kauçuk liflerinden üretilen levhaların ses emme özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, % 25 poliüretan ve % 75 malzeme kullanılarak yapılan levhalar ses emme uygulamaları için oldukça kullanışlı olduğu belirtilmiştir (Mahzan ve diğerleri, 2010).

Ayan ısıtılmış ahşap panellerin akustik özelliklerini incelemiş sonuçta ısıtılmış panellerin ısıtılmamış panellerden daha yüksek ses yutma katsayısına sahip olduğunu bulmuştur (Ayan, 2012).

Doğal elyafların ses emme katsayılarını belirlemek için empedans tüpü test yöntemini kullanarak kenaf, Ijuk, hindistan cevizi çekirdeği ve % 2 alkalin işlemden geçen palmye yağı incelenmiştir. Sonuçta doğal elyafların sentetik elyaflara kıyasla iyi bir alternatif ses emici olabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Yahya, Sambu, Latif ve Junaid, 2017).

Ofis alanındaki yankı zamanı ve konuşma iletim indeksi için dolap mobilyalarının yapı malzemeleri türü ile şekli arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan bir çalışmada iç mekânın geometrisi, akustik parametreleri simüle edilerek bir bilgisayar modeline aktarılmıştır. Hesaplamalar Catt-Acoustic' te geometrik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Analizler, bir ofisteki en yüksek akustik konforun delikli tahtadan yapılmış açık bir yapı kullanılarak elde edildiğini göstermiştir. Delikli malzeme uygulaması, klasik lamine yonga kullanımı ile karşılaştırıldığında, daha iyi akustik sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Uzun yankılanma süresi ile karakterize edilen ofis alanlarında, yüksek akustik absorpsiyon ile karakterize edilen malzemelerden üretilen mobilyaların kullanılması, temel iç akustik parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Mobilya tarafından ses emiliminin etkinliği üzerinde etkisi olan önemli faktörlerin inşaat malzemesinin ses emme katsayısı ve kontrollü akustik parametrelere eleman sayısı ile ilgili olduğu sonucuna varılabilir denmiştir (Wojnowska ve Smardzewsk, 2016).

Çok amaçlı salonların iç mimarisinde kullanılan farklı yüzey kaplamalı lif levhaların akustik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada sesin bir mekândan diğer bir mekâna iletimi anlamında yalıtımın önemli olması durumunda MDF levhaların tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir. MDF levhalar da ise melamin reçineli dekor kâğıtlı kaplı olanlar ile yüksek basınç ile kaplanmış laminat MDF levhaların ses geçiş kaybının daha yüksek olduğu

malzemelerin tercih edilmesi belirtilmiştir. Ses geçiş kaybı düşük olan PVC kaplı MDF levhalar ise iç mekân kullanımına uygun bulunmamıştır (Açık ve Tutuş, 2016).

Kaya çalışmasında laboratuvar şartlarında üretilen levhalarda ses yutum katsayılarını incelemiş sonuçta en düşük değeri 100 Hz' de 0,02 ve en yüksek değeri 2000 Hz' de 0,81 olarak ölçmüştür. Ortalama değerler üzerinden genel bir değerlendirme yapılması durumunda üretilen levhaların ses yutum katsayıları aynı yoğunlukta malzemeler içinde gürültü önleme açısından önemli kabul edilmektedir. Alçıpan levhanın (12 mm) ses yutum katsayısı 250 Hz' de 0,10, 2000 Hz' de 0,04, cam yünü (50 mm) malzemenin 250Hz' de 0,45, 2000 Hz' de 0,80, taş yünü malzemenin 250 Hz' de 0,29, 2000 Hz' de 0,91, poliüretan levhanın (50 mm) 250 Hz' de 0,30, 2000 Hz' de 0,79 olduğunda üretilen levhaların ses yutucu özellikli malzeme olduğu ve bu alanda kullanılabilceği saptanmıştır. Levhalarda yapılan ölçümler sonucunda atık kâğıt miktarı arttıkça ses yalıtım özelliği arttığı belirlenmiştir. Doğal atık destekli (atık kâğıt, selüloz), ses yalıtımında fonksiyonel fayda sağlayabilen malzeme üretiminin mümkün olabileceği belirtilmiştir (Kaya, 2015).

Sapsız Meşe ve Sarıçam ağaçlarında, kesiş yönü ve su bazlı vernik türlerinin ses geçiş kaybına etkisinin incelendiği bir çalışmada teğet ve radyal kesitteki boşluklu yapılar arasındaki farkın ses geçiş kaybını etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca küçük molekülü ve doğrusal dizilişli termoplastik yapılu tek bileşenli vernik katmanında ses geçiş kaybı düşüktür. İri molekülü dallanmış polimerik yapıdaki termoset özellikli çift kompenantlı su bazlı vernikte ses geçiş kaybının fazla olduğu belirtilmiştir. Bu bilgiler ışığında çift kompenantlı su bazlı verniğin ses geçiş kaybını olumlu yönde etkilediği söylenmiştir (Muslu ve Sönmez, 2017).

Yapılan bir çalışma da ses yutma katsayısı karakteristiğinin ortam şartlandırılması ile önemli ölçüde değişmediği fakat numune sıcaklığının malzemelerin ses yutma katsayısı karakteristiği üzerinde önemli miktarda değişime sebep olduğu belirlenmiştir (Seçgin, İhtiyaroğlu, Kara ve Ozankan, 2017).



4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Malzeme

4.1.1. Ahşap esaslı levhalar

Çalışmada ahşap esaslı levha olarak 12 mm ve 4 mm kalınlığında MDF plakalar kullanılmıştır. Plakalar TSE' nin TS EN 622-5 sayılı standardına uygun olarak seçilmiştir (TS EN 622-5). Plakalar Ankara' da ahşap esaslı levha satışı yapan firmadan tedarik edilmiştir.

4.1.2. Tutkal

Levhaların üretiminde üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Kullanılan tutkal Kleiberit firmasına ait olan Kleiberit-871 hot press glue adlı tutkaldır. Tutkal üretici firmanın direktiflerine uyularak hazırlanmıştır. Metrekareye 100-150 gr tutkal gelecek şekilde tutkallama işlemi gerçekleştirilmiştir (Kleiberit.com).

4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmanın amacına uygun olarak, 12 ve 4 mm kalınlığındaki MDF paneller 600*600 mm ebatlarında kesilmiş ve 12 mm kalınlığındaki paneller dört farklı geometrik şekilde SCM grubuna ait olan üç eksenli CNC ahşap işleme makinesinde hazırlanmıştır. CNC makinesinin işleme parametreleri Çizelge 4.1' de verilmiştir. Deney numunesinin makinede işlenmesi Resim 4.1' de, kullanılan CNC makinesi Resim 4.2' de, deney numuneleri ise Resim 4.3, Resim 4.4, Resim 4.5 ve Resim 4.6 'da verilmiştir.

Çizelge 4.1. CNC makinesinin işleme parametreleri

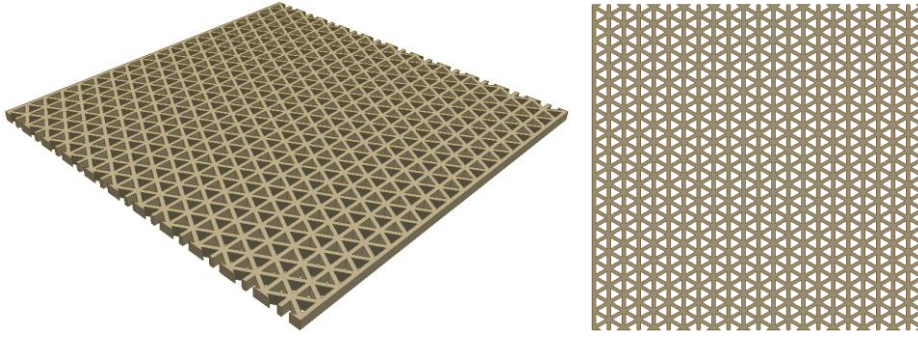
Kesici takım	Parmak freze, matkap ucu
Takım çapı	4 mm, 3 mm
Devir sayısı (dev/dk)	18.000 dev/dk
İlerleme hızı (mm/dk)	9.000 mm/dk



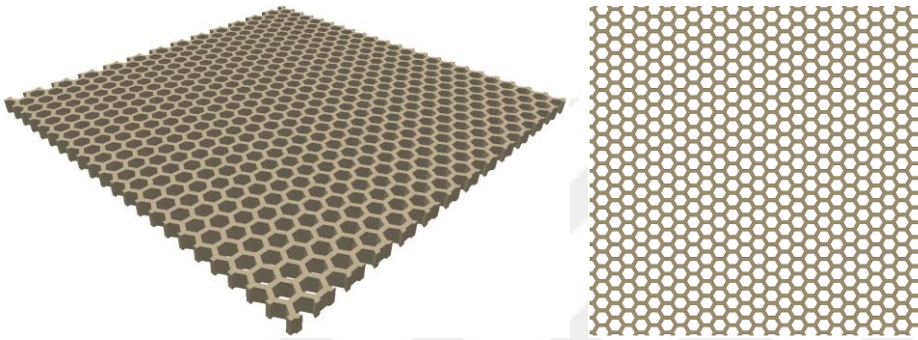
Resim 4.1. Deney numunesinin makinede işlenmesi



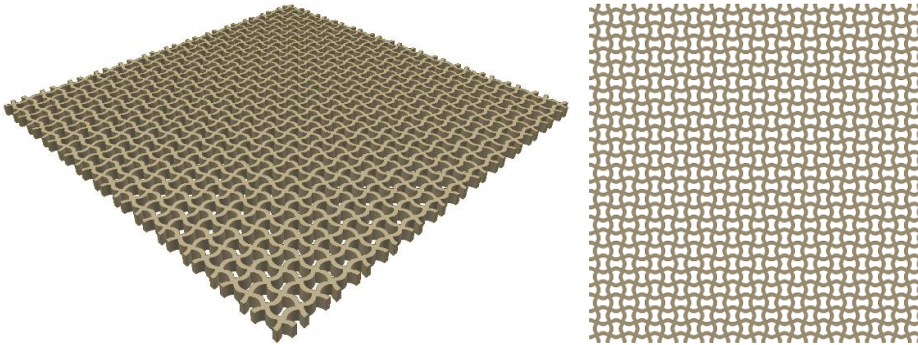
Resim 4.2. SCM tech z1 CNC ahşap işleme makinesi



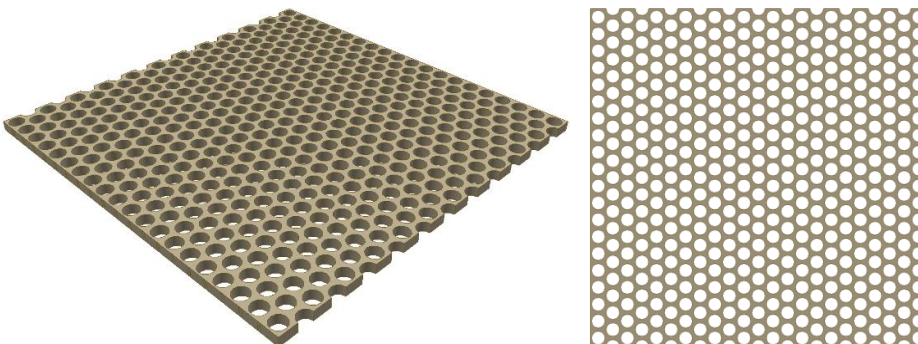
Resim 4.3. Üçgen yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü



Resim 4.4. Altıgen yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü

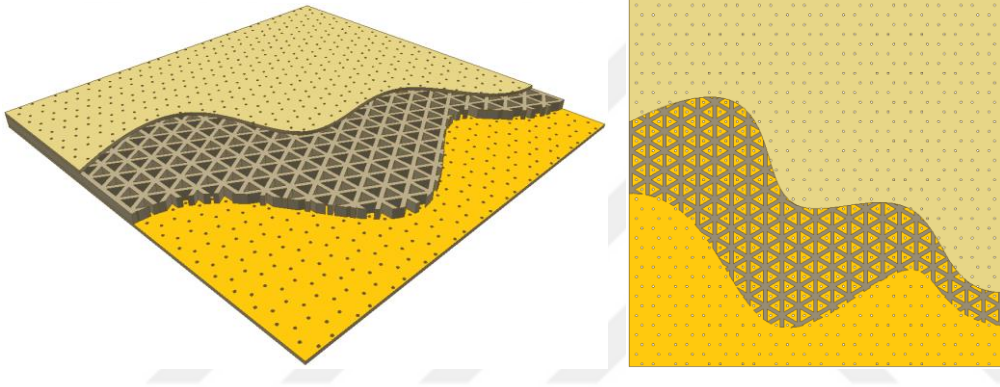


Resim 4.5. Bakla desen yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü

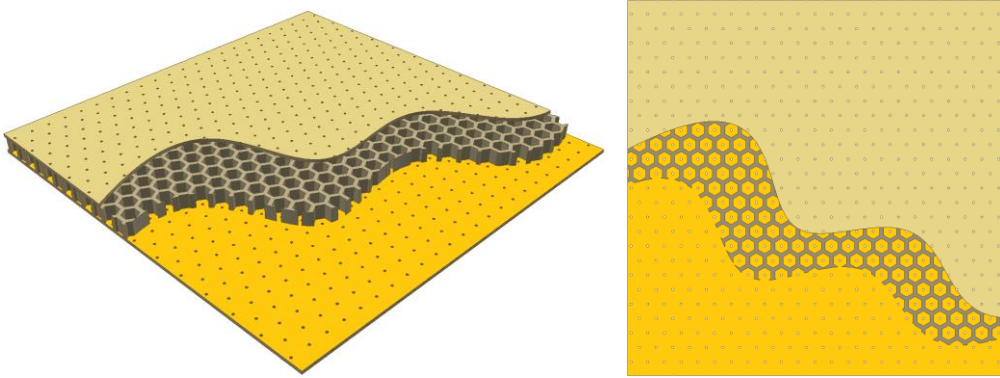


Resim 4.6. Daire yapılı panelin perspektif ve üstten görünüşü

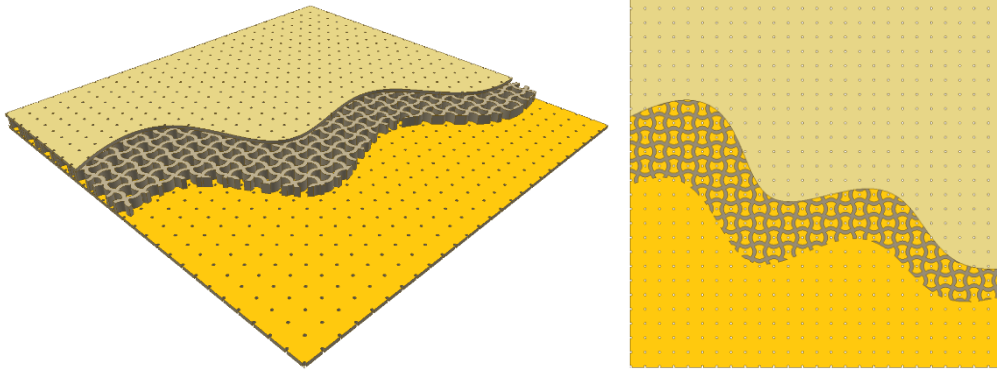
Geometrik şekiller panelde 20 mm çap içerisinde sığacak şekilde referans alınarak işlenmiştir. Şekiller çıkartıldıktan sonra panelin her bir yüzeyinden 1 mm alınmak üzere kalibre zımpara makinesinde zımparalanmış ve panel kalınlığı 10 mm' ye düşürülmüştür. 10 mm kalınlığına düşürülen panelin her iki yüzeyine 4'er mm kalınlığındaki MDF levhaları üre formaldehit tutkalı kullanılarak yeni bir lamine panel elde edilmiştir. Elde edilen panel üzerine bilgisayar yardımı ile daha önce referans alınan noktadan başlamak üzere tüm panele 3 mm çapında delikler açılmıştır. Delik delme işlemi üst tabakadan alt tabakaya kadar yapılmıştır. Delik delme işlemi sonrasında lamine paneller Resim 4.7, Resim 4.8, Resim 4.9 ve Resim 4.10' da verilmiştir.



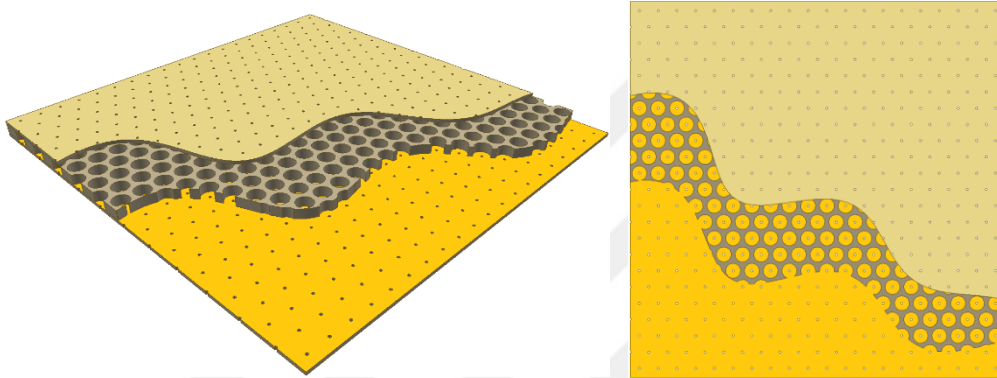
Resim 4.7. Üçgen yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü



Resim 4.8. Altıgen yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü

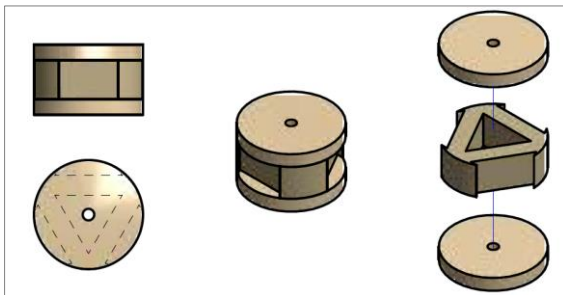


Resim 4.9. Bakla desen yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü

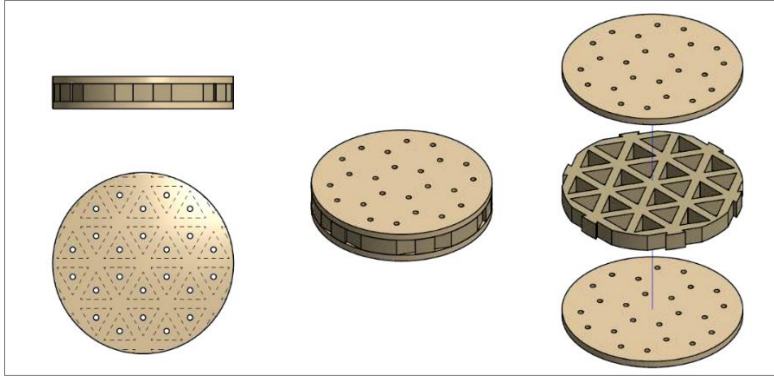


Resim 4.10. Daire yapılı lamine panelin perspektif ve üstten görünüşü

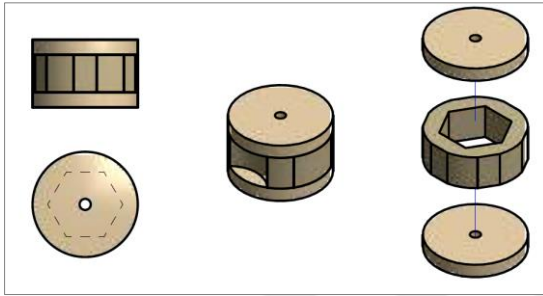
Lamine plakalardan TS EN ISO 10534-2 numaralı standarda uygun olarak 100 mm ve 28 mm çapında deney numuneleri 3' er tane olmak üzere CNC makinesi kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen numuneler Resim 4.11, Resim 4.12, Resim 4.13, Resim 4.14, Resim 4.15, Resim 4.16, Resim 4.17 ve Resim 4.18' de verilmiştir.



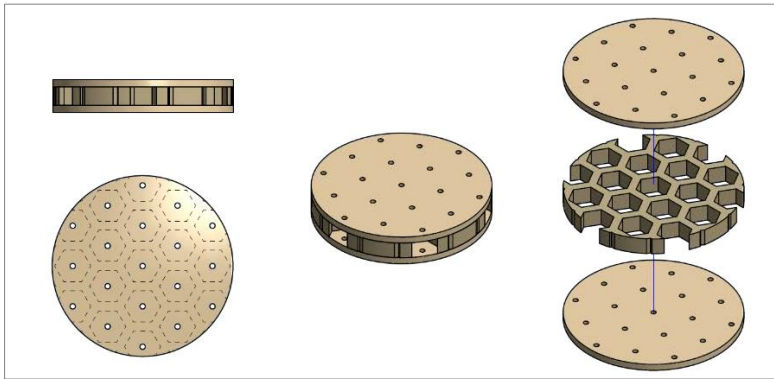
Resim 4.11. Üçgen yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi



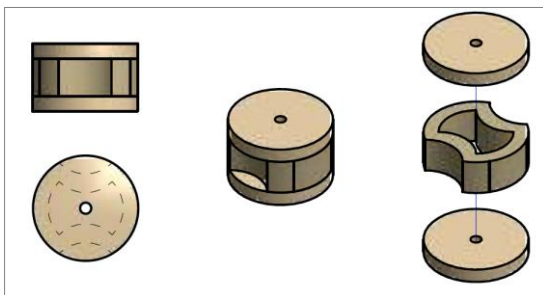
Resim 4.12. Üçgen yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi



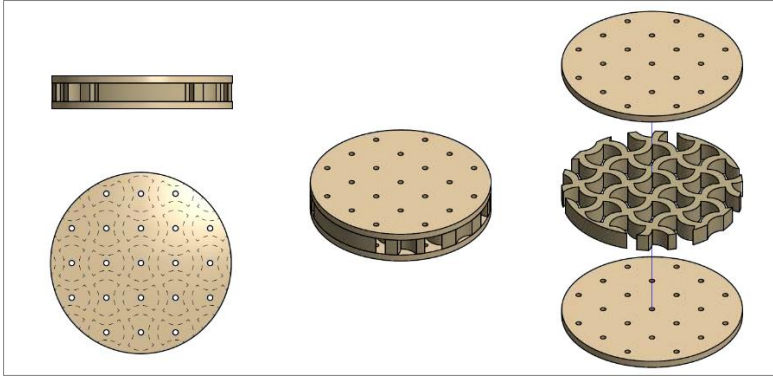
Resim 4.13. Altıgen yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi



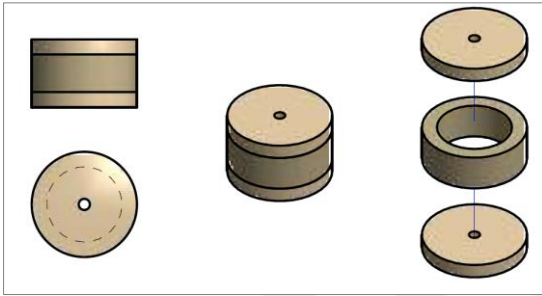
Resim 4.14. Altıgen yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi



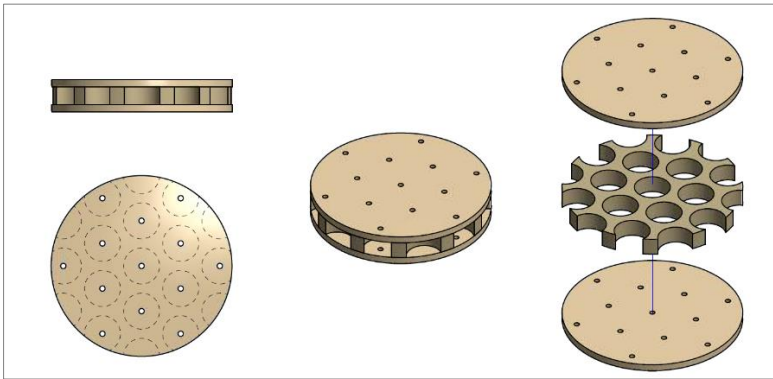
Resim 4.15. Bakla desen yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi



Resim 4.16. Bakla desen yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi



Resim 4.17. Daire yapılı lamine panelin 28 mm test numunesi



Resim 4.18. Daire yapılı lamine panelin 100 mm test numunesi

4.3. Yöntem

4.3.1. Yoğunluk

Panellerin yoğunluk değerleri TS EN 323:1999-04 standardına göre belirlenmiştir (TS EN 323, 1999). Deney parçaları % 65 ±5 nisbi rutubet ve 20 ±2 °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye gelinceye kadar kondisyonlanmıştır. 24 saat ara ile yapılan ölçümler sonucunda yapılan ölçümlerde iki ölçüm arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1' inden fazla olmaması sonucunda yoğunluk belirlenme işlemi yapılmıştır. Kütle ölçüm işlemleri 0,01 gr hassasiyetli tartılar ile yapılmıştır.

Deney parçasının yoğunluğu $d = m/v$ (gr/cm³) formülü ile tespit edilmiştir.

d = Yoğunluk

m = Kütle

v = Hacim

4.3.2. Rutubet

Deney parçalarının rutubet miktarının tayini TS EN 322/Nisan 1999 standardında belirtilen esaslara göre yapılmıştır (TS EN 322, 1999).

Kütlesi minimum 20 gr olan parçalar 103 ±2 °C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlelerinin % 0,1' inden fazla olmaması durumuna gelmesiyle deney parçası değişmez ağırlığa gelmiş kabul edilmektedir.

Her deney parçası etüvden çıkartılarak desikatörde soğutulduktan sonra hızla tartılmıştır ve Eş. 4.1' de ki formül ile deney parçası rutubet miktarı hesaplanmıştır.

$$H = [(m_H - m_0) / m_0] * 100 \quad (4.1)$$

H = Rutubet miktarı (Yüzde olarak)

m_H = Deneş parçasının ilk kütlesi

m_0 = Deneş parçasının kurutmadan sonraki kütlesi

4.3.3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü

Deneş numuneleri, deneşlerden önce ASTM-D 1037-12 standartlarına göre 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir (ASTM-D 1037-12, 2012). Testler Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Teknoloji Laboratuvarında bulunan Instron marka Universal Test Cihazı kullanılarak yapılmıştır. Panel yüzeyine dik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneşlerinde TS EN 310 standardında belirtilen esaslara uyulmuştur (TS EN 310, 1999). Deneşlerde, kuvvet numunelerin tam ortasından uygulanmış ve deneş cihazının yükleme hızı 2 mm/dk. olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci Eş. 4.2' ye göre değerlendirilmiştir.

$$f_m = (3 * F_{max} * L_s) / (2 * b * h^2) \quad (4.2)$$

f_m = Eğilme Dayanımı (N/mm²)

F_{max} = Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L = Deneş numunesi boyu (mm) ($L=20h+50$ mm)

L_s = Mesnet açıklığı (mm) ($L_s=20h$)

b = Numune genişliği (mm)

h = Numune yüksekliği (mm)

Eğilme deneşlerinde, eğilmede elastiklik modülü değerleri de hesaplanmıştır. Bu amaçla TS EN 310 standardında belirtilen esaslara uyulmuştur ve hesaplamalar Eş. 4.3' e göre yapılmıştır.

$$E = (L_s^3) / (4 * b * h^3) * \Delta F / \Delta f \quad (4.3)$$

E = Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²)

ΔF = Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı (N), ($F_2 - F_1$)

F_1 = Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 10' u (N)

F_2 = Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 40' ı (N)

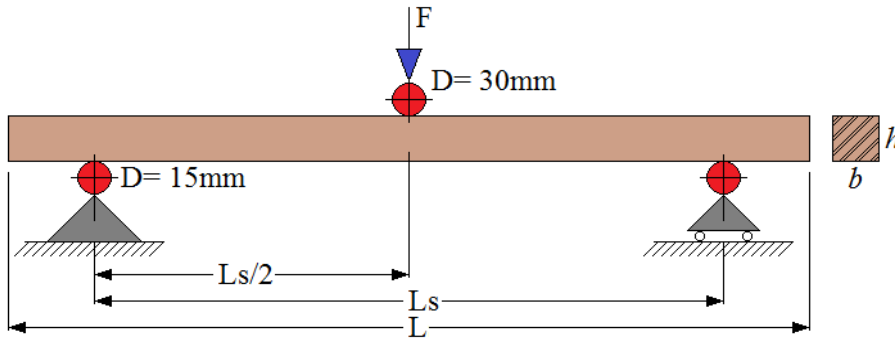
L_s = Dayanakların (destek) arasındaki mesafe (mm)

b = Deneysel parçanın genişliği (mm)

h = Deneysel parçanın kalınlığı veya yüksekliği (mm)

Δf = $(F_2 - F_1)$ kuvvet artışı nedeniyle deneysel parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışı (mm) dir.

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü için kullanılan deneysel düzeneği Şekil 4.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test düzeneği ve ölçüleri (Öztürk ve İmirzi, 2017)



Resim 4.19. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testinin yapılışı

4.3.4. Ses yayılma hızı

Yoğunluğu (δ) ve elastiklik modülü (E) belirlenen malzemelerde ses yayılma hızı (v);

$$v = \sqrt{E/\delta} \quad (4.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (Örs ve Keskin, 2008).

4.3.5. Ses rezistansı

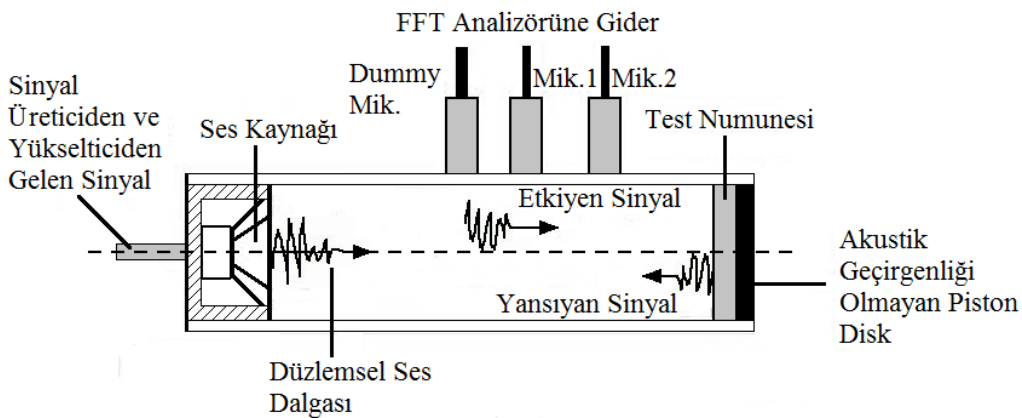
Yoğunluğu (δ) ve elastiklik modülü (E) belirlenen malzemelerde ses yayılma hızı (w);

$$w = \sqrt{E \cdot \delta} \quad (4.5)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (Örs ve Keskin, 2008).

4.3.6. Ses geçiş kaybı

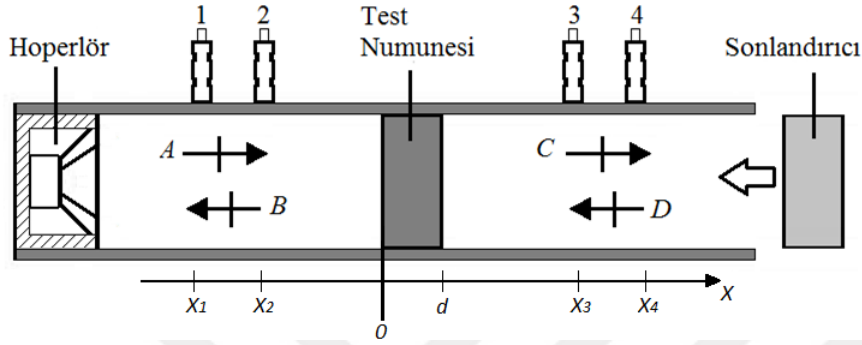
Empedans tüpü ölçüm yöntemi testte kullanılan numunelerin kolay üretilebilmesi, numune boylarının küçük olması ve test sürelerinin kısa olması sebebiyle kullanışlı sistemlerden birisidir (Gelen, 2016). Empedans tüpü ölçüm yöntemi Şekil 4.2' de verilmiştir.



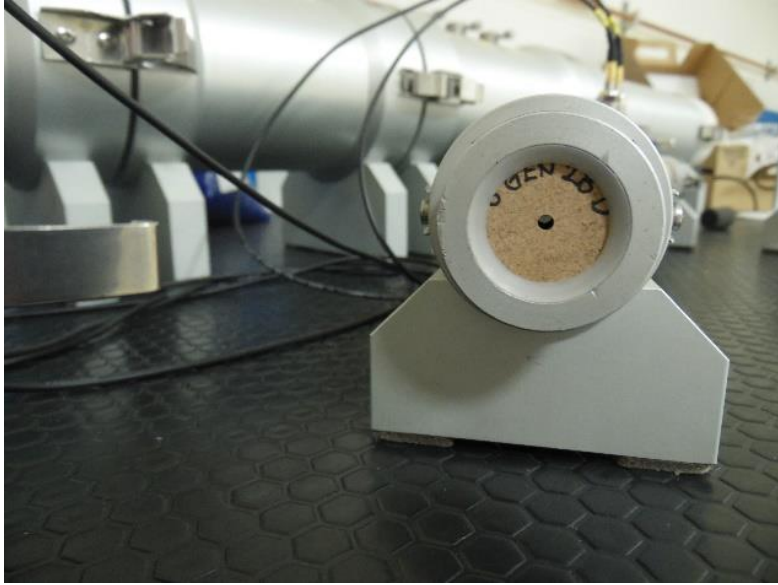
Şekil 4.2. Empedans tüpü ölçüm yöntemi (Kimura ve diğerleri, 2014)

Empedans tüpünde ek aparatlar kullanılarak İngilizce karşılığı “Transmission Loss (TL)” olan ses geçiş kaybı ölçümleri yapılabilmektedir. Şekil 4.3’ de şematik olarak gösterilen test düzeneğinde test numunesi tüplerin arasına konularak iki farklı ortam oluşturulmaktadır.

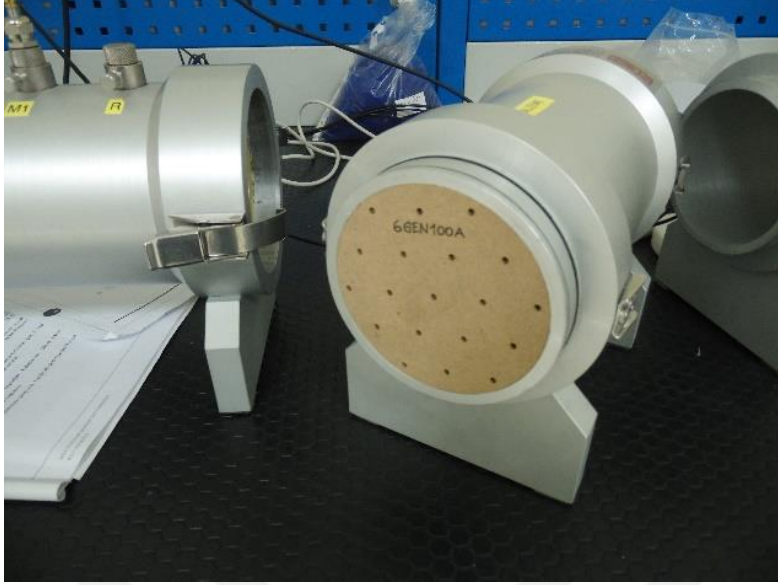
İkinci ölçüm ortamının sonuna sonlandırıcı konularak ve tüpün ucu açık şekilde iki kez test yapılarak ikinci ölçüm ortamındaki yansıyan ses dalgasının denklemden kaldırılmış olur. Şekil 4.3’ de C olarak ifade edilen ve etkiyen dalganın tamamen sönümlenmesini sağlayan bu yolla denklemde D ile gösterilen yansıyan dalganın sıfır değerini almasını sağlayan bir alettir (Gelen, 2016). Ses geçiş kaybı ölçüm yöntemi Şekil 4.3’ de verilmiştir.



Şekil 4.3. Ses geçiş kaybı ölçüm yöntemi (Kimura ve diğerleri, 2014)



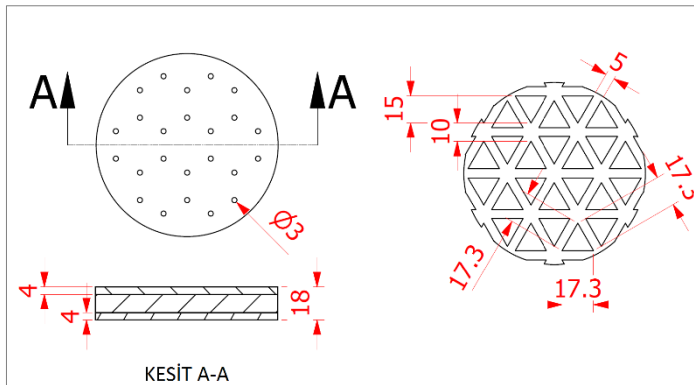
Resim 4.20. 28 mm test numunesinin montajı



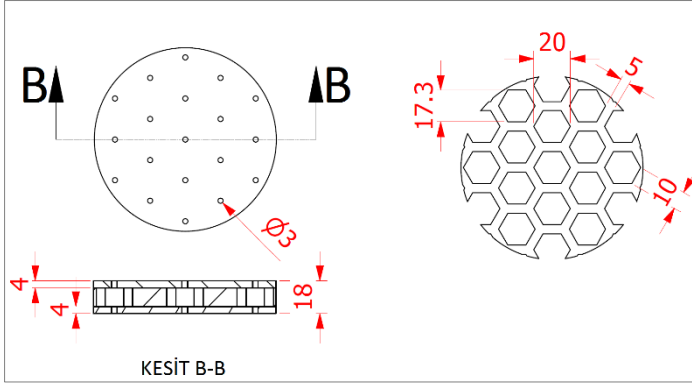
Resim 4.21. 100 mm test numunesinin montajı

Ses geçiş kayıplarının hesaplanması işlemi TSE Tuzla Yerleşkesi' nde bulunan Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Kurumda yapılan deneyler empendans yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Test numunelerinin montajı Resim 4.20 ve Resim 4.21' de verilmiştir.

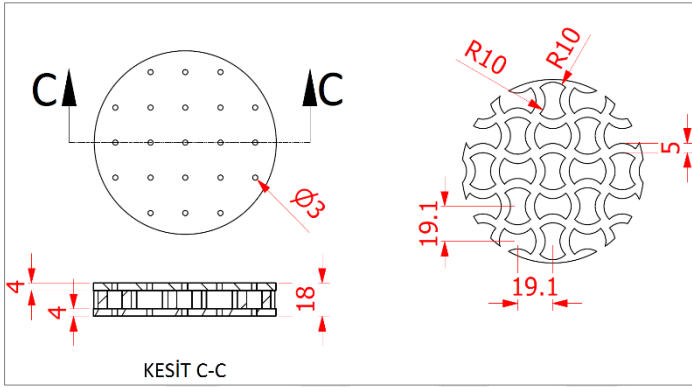
Deneye tabi tutulan ahşap esaslı numunelerin 4 mm kalınlığındaki MDF dış yüzeylerinin her iki tarafı delikli yapıda olup; iç kısımlarındaki 10 mm kalınlığındaki MDF paneller dört farklı geometrik yapıda tasarlanmıştır. Geometrik yapıların teknik ölçüleri Resim 4.22, Resim 4.23, Resim 4.24 ve Resim 4.25' de verilmiştir.



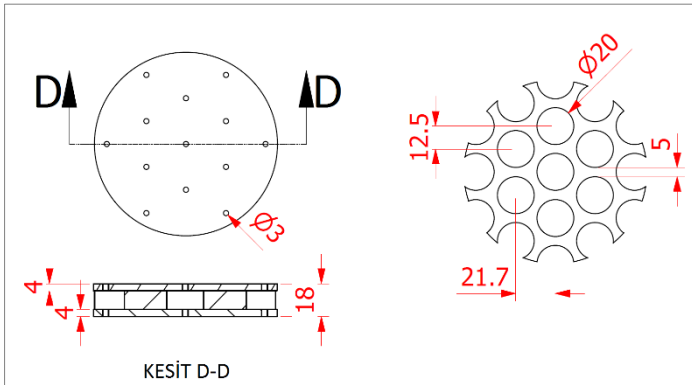
Resim 4.22. Üçgen yapılı lamine panel teknik ölçüleri



Resim 4.23. Altıgen yapılı lamine panel teknik ölçüleri



Resim 4.24. Bakla desen yapılı lamine panel teknik ölçüleri



Resim 4.25. Daire yapılı lamine panel teknik ölçüleri

4.3.7. Verilerin değerlendirilmesi

Deneylerde kullanılan numunelerin ses geçiş kayıpları empedans tüpü düzeneği ile ölçüldükten sonra MSTAT-C istatistik programı ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Ses geçiş kaybının ölçümünde geometrik şekillerin test sonuçlarına göre karşılaştırılması yapılmıştır.

5. BULGULAR

5.1. Yoğunluk

Deney örneklerinin yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 5.1' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ahşap kompozit panellerin ortalama yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubetli Yoğunluk (gr/cm ³)
	X _{ort}
MDF-Kontrol grubu	0,74
Üçgen yapılı panel	0,63
Altıgen yapılı panel	0,57
Bakla desen yapılı panel	0,60
Daire yapılı panel	0,56

Yoğunluk; ahşap esaslı malzemelerin birçok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerini etkilemektedir. Uygulamada genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan malzemeler tercih edilmektedir. Deneye tabi tutulan malzemelerin değerleri 0,5-0,7 gr/cm³ aralıklarındadır.

5.2. Rutubet

Deney örneklerinin rutubet değerlerine ilişkin istatistik değeri Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Ahşap kompozit panellerin ortalama rutubet değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubet Miktarı (%)
	X _{ort}
MDF-Kontrol grubu	7,58
Üçgen yapılı panel	8,53
Altıgen yapılı panel	9,00
Bakla desen yapılı panel	8,72
Daire yapılı panel	8,87

Rutubet değerlerine bakıldığında kontrol grubu değerlerine en yakın değer % 8,53 ile üçgen yapıli panellerde olduğu görülmektedir. Bunu sırası ile bakla desen yapıli paneller, daire yapıli paneller ve altıgen yapıli paneller takip etmiştir.

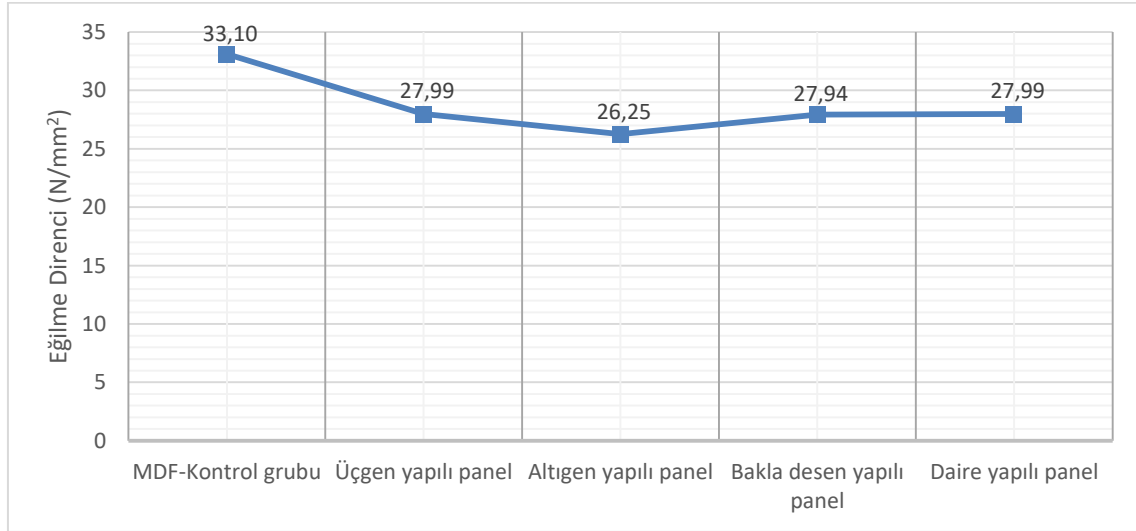
5.3. Eğilme Direnci

Deney örneklerinin eğilme direnci değerleri Çizelge 5.3' de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Ahşap kompozit panellerin eğilme direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Eğilme direnci (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
MDF-Kontrol grubu	32,44	32,44	33,10	1,21
Üçgen yapıli panel	27,67	28,57	27,99	1,33
Altıgen yapıli panel	23,84	29,22	26,25	7,72
Bakla desen yapıli panel	23,84	29,92	27,94	8,72
Daire yapıli panel	26,98	28,60	27,99	2,23

Ahşap kompozit panellerin eğilme direnci değerlerine ait grafik Şekil 5.1' de verilmiştir.



Şekil 5.1. Ahşap kompozit panellerin eğilme direnci değerlerine ait grafik

Ahşap esaslı kompozit malzeme çeşidinin, eğilme direnci değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Çizelge 5.4' de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Malzeme çeşidinin eğilme direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0.05$
Tekerrür	4	7,013	1,753	0,7802	
Malzeme	4	134,831	33,708	14,9996	0,0000*
Hata	16	35,956	2,247		
Toplam	24	177,800			

* $p < 0,05$

Buna göre; ahşap kompozit malzeme çeşitlerinin eğilme direnci değerlerine etkisi 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ahşap kompozit malzeme türlerinin, eğilme direnci etkilerine ait ortalamaları LSD değeri $1,957 \text{ N/mm}^2$ için karşılaştırılması Çizelge 5.5' de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Malzeme çeşidine ilişkin Duncan testi

Malzeme Çeşidi	\bar{x}	HG
MDF-Kontrol grubu	33,10	A
Üçgen yapılı panel	27,99	B
Altıgen yapılı panel	26,25	B
Bakla desen yapılı panel	27,94	B
Daire yapılı panel	27,99	B

LSD = $1,957 \text{ N/mm}^2$

Eğilme direnci deney sonuçlarına göre ahşap esaslı kompozit malzemelerde MDF $33,10 \text{ N/mm}^2$ dir. Kontrol grubuna en uzak panel olan altıgen yapılı panelde ise $26,25 \text{ N/mm}^2$, kontrol grubuna en yakın olan üçgen ve daire yapılı panellerde ise $27,99 \text{ N/mm}^2$ dir.

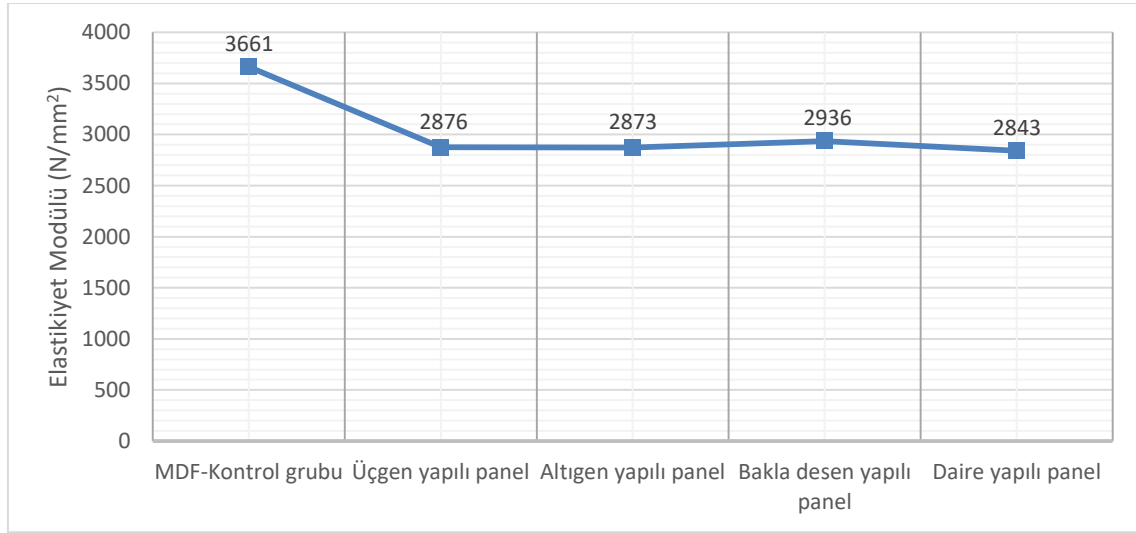
5.4. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri Çizelge 5.6' da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri

Malzeme Çeşidi	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
MDF-Kontrol grubu	3572	3768	3661	2,66
Üçgen yapılı panel	2852	2956	2876	1,56
Altıgen yapılı panel	2615	2963	2873	5,06
Bakla desen yapılı panel	2823	2986	2936	2,19
Daire yapılı panel	2821	2865	2843	0,62

Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerlerine ait grafik Şekil 5.2' de verilmiştir.



Şekil 5.2. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerlerine ait grafik

Elastikiyet modülü panelin elastik bölgesindeki direncini ifade etmekte olup, eğilme direncini etkileyen faktörler elastikiyet modülünü de paralel şekilde etkilemektedir. Elastikiyet modülü arttıkça panelin elastik bölgesindeki direnci de yüksek olmaktadır. Eğilmeye elastikiyet modülü değerleri de eğilme direncinde olduğu gibi en yüksek MDF malzemede yaklaşık 3600 N/mm² tespit edilmiş bunu sırasıyla üçgen yapılı paneller, bakla desen yapılı paneller, daire yapılı paneller ve altıgen yapılı paneller izlemiştir. Elastikiyet modülündeki azalma kontrol grubuna en yakın olan bakla desen yapılı panellerde % 19,80 iken kontrol grubuna en uzak olan daire yapılı panellerde % 22,34 olmuştur.

Kesit yapılarına göre, elastiklik modülü değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Çizelge 5.7' de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Malzeme çeşidinin elastikiyet modülü etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0,05$
Tekerrür	4	26332,960	6583,240	0,8614	
Malzeme	4	2454709,360	613677,340	80,2999	0,0000*
Hata	16	122277,040	7642,315		
Toplam	24	2603319,360			

* $p < 0,05$

Buna göre; ahşap kompozit malzeme çeşitlerinin elastikiyet modülü değerlerine etkisi 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ahşap kompozit malzeme türlerinin, elastikiyet modülü değerlerine ait ortalamaları LSD değeri 114,1 N/mm² için karşılaştırılması Çizelge 5.8' de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Ahşap kompozit panellerin elastikiyet modülü değerleri

Malzeme Çeşidi	\bar{x}	HG
MDF-Kontrol grubu	3661	A
Üçgen yapılı panel	2876	B
Altıgen yapılı panel	2873	B
Bakla desen yapılı panel	2936	B
Daire yapılı panel	2843	B

LSD = 114,1 N/mm²

5.5. Ses Yayılma Hızı

Deney örneklerinde ses yayılma hızı değerleri Çizelge 5.9' da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı değerleri (m/sn)

Malzeme Çeşidi	Ses Yayılma Hızı (m/sn)	
	\bar{x}	v (%)
MDF-Kontrol grubu	2230	1,31
Üçgen yapılı panel	2132	2,38
Altıgen yapılı panel	2247	3,10
Bakla desen yapılı panel	2214	0,65
Daire yapılı panel	2245	0,38

\bar{x} : Aritmetik ortalama v: Varyans

Buna göre, malzeme iç katman yapısına göre ses yayılma hızı değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır.

Ses yayılma hızına, malzeme iç katman yapısının etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.10' da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Malzeme çeşidinin ses yayılma hızına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali p < 0,05
Tekerrür	3	9393,640	3131,213	2,3039	
Malzeme	4	35735,290	8933,822	6,5735	0,0048*
Hata	12	16308,783	1359,065		
Toplam	19	61437,714			

*p<0,05

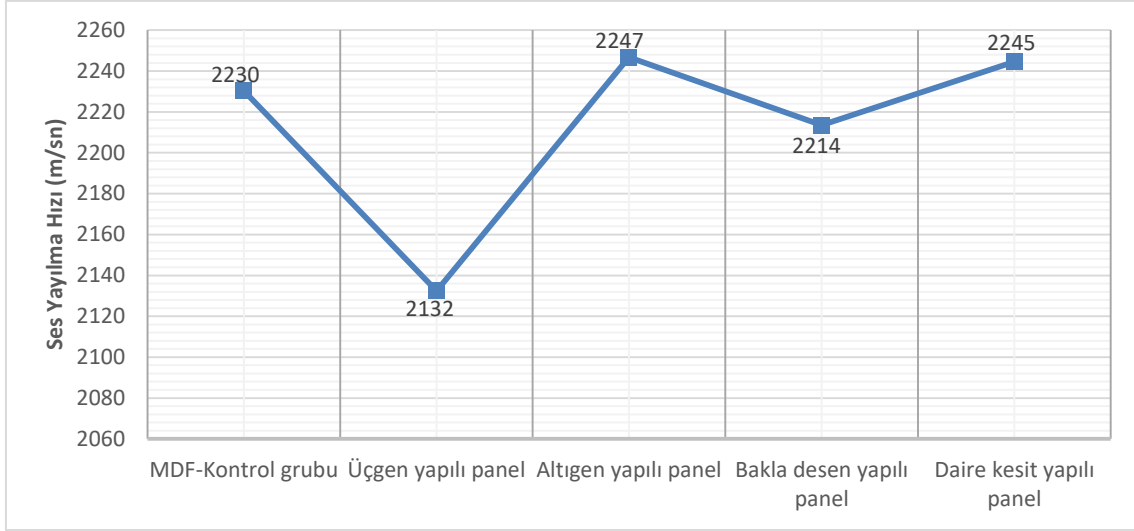
Ses yayılma hızına, iç katman yapısının etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,05). Malzeme iç katman yapısı düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.11' de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı Duncan değerleri

Malzeme Çeşidi	\bar{x}	HG
MDF-Kontrol grubu	2230	A
Üçgen yapılı panel	2132	B
Altıgen yapılı panel	2247	A
Bakla desen yapılı panel	2214	A
Daire yapılı panel	2245	A

LSD = 54,56 m/sn

Ses yayılma hızı en yüksek altıgen yapılı panellerde bulunmuşken en düşük ise üçgen yapılı panellerden elde edilmiştir. Ses yayılma hızının kontrol grubu ile kıyaslanması sonucunda bunlara ait grafik Şekil 5.3' de verilmiştir.



Şekil 5.3. Ahşap kompozit panellerin ses yayılma hızı değerlerine ait grafik

5.6. Ses Rezistansı

Deney örneklerinde ses rezistansı değerleri çizelge 5.12’ de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Ahşap kompozit panellerin ses rezistansı değerleri (dyn.sn/cm^3)

Malzeme Çeşidi	Ses Rezistansı (dyn.sn/cm^3)	
	\bar{x}	v (%)
MDF-Kontrol grubu	165437	1,03
Üçgen yapılı panel	135154	1,34
Altıgen yapılı panel	127262	2,83
Bakla desen yapılı panel	132358	2,00
Daire yapılı panel	126681	0,74

\bar{x} : Aritmetik ortalama v: Varyans

Buna göre, malzeme iç katman yapısına göre ses rezistansı değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır.

Ses rezistansına, malzeme iç katman yapısının etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.13’ de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Malzeme çeşidinin rezistans hızına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0,05$
Tekerrür	3	8423298,171	2807766,057	0,4641	
Malzeme	4	4136861100,606	1034215275,152	170,9556	0,0000*
Hata	12	72595339,005	6049611,584		
Toplam	19	4217879737,783			

* $p < 0,05$

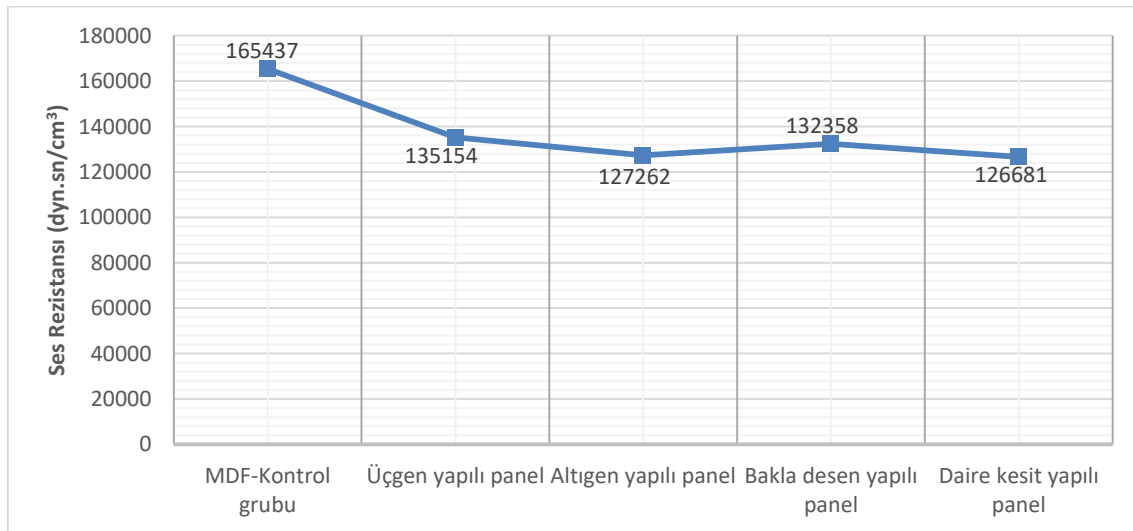
Ses rezistansına, iç katman yapısının etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Malzeme iç katman yapısı düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.14' de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Ahşap kompozit panellerin ses rezistansı Duncan testi

Malzeme Çeşidi	\bar{x}	HG
MDF-Kontrol grubu	165437,039	A
Üçgen yapılı panel	135154,129	B
Altıgen yapılı panel	127261,672	C
Bakla desen yapılı panel	132358,486	B
Daire yapılı panel	126681,066	C

LSD = 3640 dyn.sn/cm³

Ses rezistansı en yüksek üçgen yapılı panellerde bulunmuşken en düşük ise daire yapılı panellerden elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.4' de verilmiştir.



Şekil 5.4. Ahşap kompozit panellerin ses rezistansı değerlerine ait grafik

5.7. Ses Geçiş Kaybı

Deney örneklerine ait ses geçiş kayıpları ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.15' de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Deney örneklerine ait ses geçiş kayıpları değerleri

Frekans	Üçgen Yapılı Panel				Altıgen Yapılı Panel				Bakla Desen Yapılı Panel				Daire Yapılı Panel			
	Min.	Mak.	Ort.	v (%)	Min.	Mak.	Ort.	v (%)	Min.	Mak.	Ort.	v (%)	Min.	Mak.	Ort.	v (%)
160	6,89	8,20	7,51	8,74	2,65	8,15	4,73	62,96	3,03	7,04	5,11	39,26	9,91	13,06	11,13	15,16
200	7,01	7,10	7,07	0,70	4,91	8,81	7,01	28,05	4,80	8,28	7,04	27,67	10,19	11,24	10,57	5,47
250	7,32	9,10	8,21	10,86	6,02	8,74	7,31	18,65	7,23	8,51	7,90	8,15	10,60	11,51	11,05	4,13
315	6,08	6,35	6,26	2,46	7,57	9,47	8,31	12,33	6,53	8,79	7,43	16,10	10,82	13,57	11,80	12,99
400	7,21	8,20	7,76	6,52	5,08	10,82	8,06	35,70	8,47	9,58	9,00	6,21	11,14	13,33	12,24	8,93
500	9,01	10,10	9,47	5,96	11,56	12,69	11,97	5,22	10,62	11,55	11,19	4,43	14,46	15,31	14,88	2,86
630	10,14	11,20	10,58	5,22	11,70	12,84	12,10	5,29	10,84	11,73	11,15	4,49	13,97	15,00	14,62	3,89
800	12,10	13,83	13,04	6,71	13,08	13,47	13,34	1,68	12,01	12,25	12,14	0,99	14,82	15,92	15,50	3,80
1000	14,21	14,70	14,42	1,74	14,23	15,49	14,65	4,93	14,88	15,05	14,94	0,66	14,72	15,29	15,07	2,04
1250	16,30	17,46	16,70	3,92	9,23	9,51	9,35	1,55	9,95	10,29	10,07	1,88	12,26	12,74	12,57	2,15
1600	17,96	19,51	18,62	4,29	12,46	12,71	12,55	1,08	17,48	17,68	17,60	0,58	16,43	17,61	16,94	3,59
2000	14,86	15,60	15,20	2,47	29,62	30,37	29,98	1,25	22,93	23,41	23,11	1,15	28,16	28,85	28,55	1,23
2500	15,78	17,44	16,49	5,20	37,83	38,52	38,27	1,01	33,42	33,77	33,60	0,51	35,87	37,48	36,84	2,32
3150	27,86	30,03	28,63	4,24	38,53	40,59	39,24	2,98	35,21	35,47	35,38	0,41	41,26	44,16	42,69	3,40
4000	34,50	38,84	36,32	6,20	41,47	45,87	43,93	5,11	41,18	43,18	41,98	2,52	43,05	46,52	44,93	3,90
5000	36,45	41,20	39,06	6,17	38,93	44,61	42,47	7,27	39,64	44,27	42,48	5,86	37,47	42,76	40,83	7,15
6300	47,89	53,21	51,18	5,62	47,36	57,54	52,07	9,86	45,59	58,83	52,15	12,70	43,27	49,92	46,69	7,14
8000	44,25	48,34	45,75	4,93	47,17	57,90	52,02	10,46	44,65	57,84	51,49	12,84	47,04	51,19	48,67	4,55

Buna göre, malzeme iç katman yapısına göre ses geçiş kaybı değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır.

Ses geçiş kaybına, malzeme çeşidi ve frekans düzeyinin etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.16' da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Frekans düzeyi, malzeme çeşidi ikili etkileşiminin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0,05$
Malzeme (A)	3	599,966	199,989	52,8163	0,0000*
Frekans (B)	17	48329,260	2842,898	750,799	0,0000*
AB	51	1811,842	35,526	9,3824	0,0000*
Hata	144	545,255	3,786		
Toplam	215	51286,323			

* $p < 0,05$

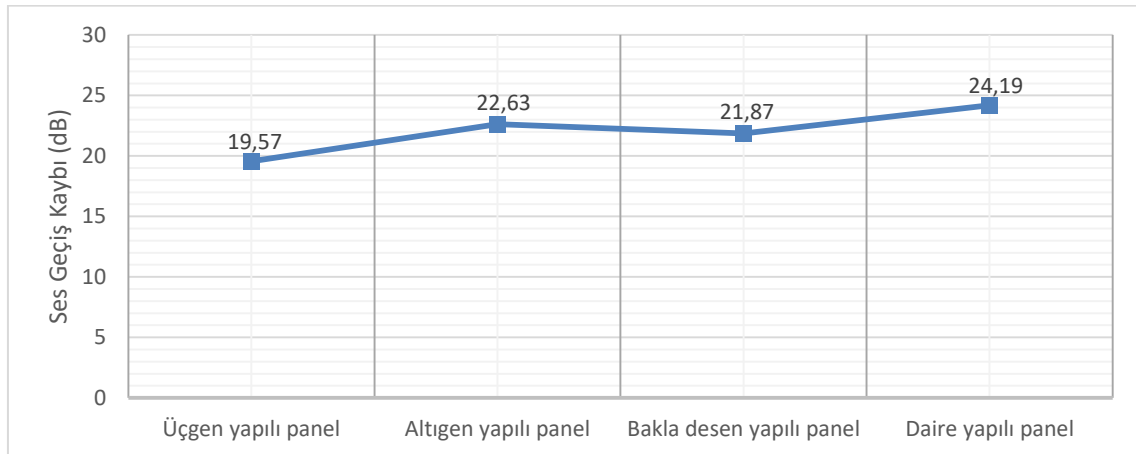
Ses geçiş kaybına, malzeme iç katman yapısı, ses frekansı ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Malzeme iç katman yapısı düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.17’ de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Malzeme iç katman yapısına göre Duncan testi

Malzeme Çeşidi	\bar{x}	HG
Üçgen yapılı panel	19,57	D
Altıgen yapılı panel	22,63	B
Bakla desen yapılı panel	21,87	C
Daire yapılı panel	24,19	A

LSD = 0,7381 dB

Malzeme iç katman yapısına göre en yüksek ses geçiş kaybı 24,19 dB ile daire yapılı panellerden elde edilmiş iken, en düşük ses geçiş kaybı 19,57 dB ile üçgen yapılı panellerden elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.5’ de verilmiştir.



Şekil 5.5. Malzeme iç katman yapısına göre ses geçiş kaybı değerlerine ait grafik

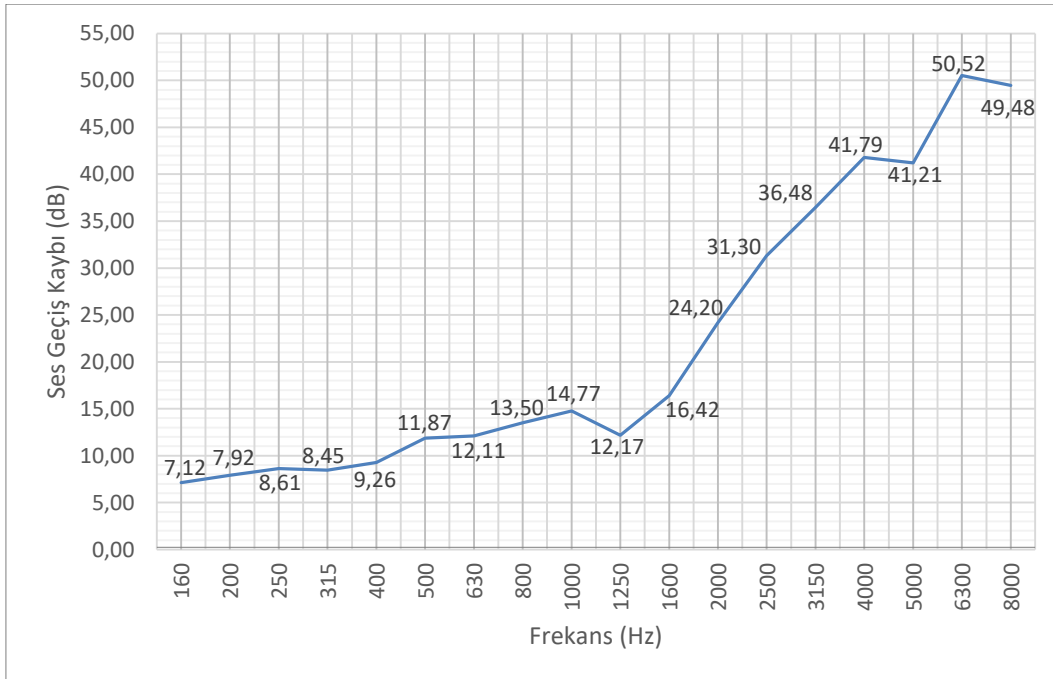
Frekans düzeyinde yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.18' de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Frekans değerlerine göre Duncan testi

Frekans (Hz)	\bar{x}	HG
160	7,117	K
200	7,919	JK
250	8,613	JK
315	8,446	JK
400	9,261	J
500	11,870	I
630	12,110	HI
800	13,500	GH
1000	14,770	G
1250	12,170	HI
1600	16,420	F
2000	24,200	E
2500	31,300	D
3150	36,480	C
4000	41,790	B
5000	41,210	B
6300	50,520	A
8000	49,480	A

LSD = 1,566 dB

Frekans değerlerine göre ses geçiş kayıpları incelendiğinde, en düşük ses geçiş kaybı 7,117 dB ile 160 Hz frekansta elde edilmişken, en yüksek ses geçiş kaybı 50,520 dB ile 6300 Hz frekansta elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.6' da verilmiştir.



Şekil 5.6. Frekans değerlerine göre ses geçiş kaybı değerlerine ait grafik

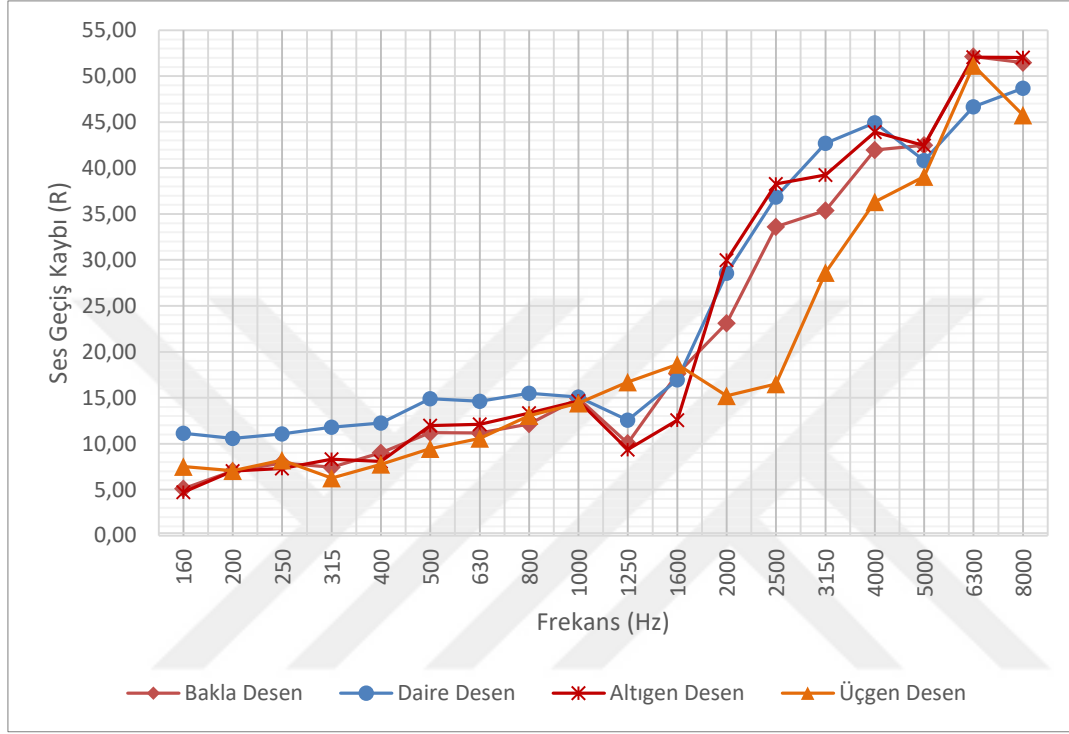
Malzeme çeşidi, ses frekansı düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.19' da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Malzeme çeşidi, frekans düzeyi ikili etkileşiminin Duncan testi

Frekans (Hz)	Altıgen		Daire		Bakla		Üçgen	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
160	4,727	a	11,13	VWXY Ze	5,107	a	7,507	fbcd
200	7,007	bcda	10,57	VWXY Zef	7,037	bcda	7,067	bcda
250	7,307	bcda	11,05	VWXY Ze	7,890	fbcd	8,207	efbcd
315	8,300	efbc	11,80	UVWX YZ	7,427	bcda	6,260	cda
400	8,053	efbcd	12,24	STUV WXY	8,993	Zefbc	7,757	fbcd
500	11,960	TUVW XYZ	14,88	PQRST U	11,18	VWXY Ze	9,470	XYZefb
630	12,090	STUV WXYZ	14,62	PQRST U	11,15	VWXY Ze	10,58	VWXYZ ef
800	13,330	RSTUV	15,49	PQR	12,14	STUV WXY	13,04	RSTUV W
1000	14,650	PQRST U	15,06	PQRST	14,93	PQRST	14,42	QRSTU
1250	9,350	YZefbc	12,56	RSTUV WX	10,06	WXYZ efb	16,70	OPQ
1600	12,540	RSTUV WX	16,94	OPQ	17,59	OP	18,62	O
2000	29,97	M	28,55	M	23,10	N	15,20	PQRS
2500	38,27	IJK	36,83	JK	33,59	L	16,49	OPQ
3150	39,23	HIJ	42,68	EFG	35,37	KL	28,63	M
4000	43,93	DEFG	44,92	DEF	41,97	FGH	36,32	JKL
5000	42,47	B	40,83	GHI	42,48	FG	39,06	HIJ
6300	52,07	A	46,68	CD	52,15	A	51,18	AB
8000	52,02	A	48,67	BC	51,48	AB	45,75	CDE

LSD = 3,13 dB

Kompozit iç katman yapısına göre ses geçiş kaybı en yüksek daire yapılı panellerde elde edilmiş, bunu sırasıyla altıgen yapılı paneller, bakla desen yapılı paneller ve üçgen yapılı paneller takip etmiştir. İç katman yapılarına göre frekans-ses geçiş kaybına ait grafik Şekil 5.7' de verilmiştir.



Şekil 5.7. İç katman yapılarına göre frekans-ses geçiş kaybı değerlerine ait grafik



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, geometrik yapıları farklı olan iç katmanlara sahip lamine edilmiş MDF paneller kullanılmış ve bu panellerin ses geçiş kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca panellerin kullanım yerinde maruz kalabileceği eğilme direnci değerleri de belirlenmiştir.

Yoğunluk değeri: Ahşap esaslı malzemelerin yoğunluk değeri birçok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerine etki etmektedir. Uygulamada kullanılacak malzemelerin düşük yoğunlukta ancak yüksek direnç özelliklerine sahip olması beklenmektedir. Deney örneklerinin yoğunluk değerleri incelendiğinde değerler standartlarda belirtilen değerler ile uyum sağlamaktadır. En yüksek yoğunluk değeri $0,74 \text{ gr/cm}^3$ ile MDF' de elde edilmişken en düşük yoğunluk değeri $0,56 \text{ gr/cm}^3$ ile daire yapılı panellerde elde edilmiştir. Bakla desen yapılı panellerin kontrol grubu yoğunluğuna yakınlığı % 15 iken altıgen yapılı panellerin yoğunluk değerleri % 22' dir. Bu değerler standartların öngördüğü değerlere uyum sağlamaktadır.

Rutubet: Ahşap kompozit panellerin rutubet değerleri incelendiğinde en yüksek rutubet değeri % 9 ile altıgen yapılı panellerde görülürken en düşük rutubet değeri % 7,58 ile MDF grubunda görülmektedir. İç mekân için kullanım değerinin % 8-12 arasında olmasının uygun olduğu düşünüldüğünde üretilen panellerin standartlara uygun olduğu görülmektedir. Üçgen yapılı panellerin kontrol grubuna göre değişikliği % 12 iken, son sırada yer alan altıgen yapılı panellerin değişiklik miktarı % 19' dur.

Eğilme direnci: En yüksek eğilme direnci değeri ortalama $33,10 \text{ N/mm}^2$ ile MDF grubunda görülmüşken, en düşük ise ortalama $26,25 \text{ N/mm}^2$ ile altıgen yapılı panellerde görülmektedir. Eğilme direnci altıgen yapılı panellerde yaklaşık % 20 düşmüştür. Bunun sebebi boşluklu yapının artması olabilir. Kontrol grubu ile kıyaslandığında en düşük eğilme direncine sahip olan altıgen yapılı panellerde % 20,69 azalma görülürken, kontrol grubuna en yakın olan üçgen yapılı panellerde ki azalma % 14,44 olarak belirlenmiştir.

Eğilmede elastikiyet modülü: Elastikiyet modülü arttıkça panelin elastik bölgedeki direnci de yüksek olmaktadır. Elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde ortalama olarak en yüksek elastikiyet modülü değeri 3661 N/mm^2 MDF grubunda tespit edilmişken, en düşük değer 2873 N/mm^2 ile altıgen yapılı panellerde belirlenmiştir. Eğilmede elastikiyet

modülünde de eğilme direncine paralel olarak yaklaşık % 20' lik bir düşüş meydana gelmiştir.

Ses yayılma hızı: Ses yayılma hızı en yüksek 2247 m/sn ile altıgen yapılı panellerde bulunmuşken en düşük ise 2132 m/sn ile üçgen yapılı panellerden elde edilmiştir. Ses yayılma hızının kontrol grubu ile kıyaslanması sonucundan altıgen yapılı panellerde % 0,76 artış görülürken, üçgen yapılı panellerde % 4,39 azalış görülmüştür.

Ses rezistansı: Ses rezistansı en yüksek kontrol grubu olan MDF' de ($165437 \text{ dyn.sn/cm}^3$) bulunmuştur. Bunu sırasıyla $135154 \text{ dyn.sn/cm}^3$ ile üçgen yapılı, 132358 ile bakla desen yapılı paneller ve $127261 \text{ dyn.sn/cm}^3$ değeri ile altıgen yapılı paneller takip etmiştir. En düşük ses rezistansı değeri ise $126681 \text{ dyn.sn/cm}^3$ ile daire yapılı panellerden elde edilmiştir. Ses rezistansı değerleri kontrol grubu ile kıyaslandığında üçgen yapılı panellerde % 18,30, daire yapılı panellerde % 23,42 azalış olduğu görülmüştür.

Ses geçiş kaybı: Frekans bazında lamine panel iç katman yapılarına göre ses geçiş kaybı değerleri incelendiğinde en yüksek ses geçiş kaybı değeri 160-800 dB arasında daire yapılı panellerden elde edilmiştir. En düşük değerler ise 160 dB frekansta altıgen yapılı panellerde, 400-630 dB arasındaki frekanslarda üçgen yapılı panellerde ve 800 dB' de ise bakla desen yapılı panellerden elde edilmiştir. 1250 ve 1600 dB frekanslarında ise en yüksek değer üçgen yapılı panellerden elde edilirken en düşük değer altıgen yapılı panellerden elde edilmiştir.

2000 ve 2500 dB frekanslarında en yüksek ses geçiş kaybı değeri altıgen yapılı panellerden ve en düşük değer ise üçgen yapılı panellerden elde edilmiştir. 3150 ve 4000 dB frekanslarına bakıldığında en yüksek değer daire yapılı panellerde görülmüş en düşük değer ise üçgen yapılı panellerde görülmüştür. 5000 ile 8000 arası değerler incelendiğinde en düşük ses frekans değerine sahip paneller üçgen yapılı paneller iken en yüksek ses geçiş kaybına ait paneller ise 5000 ve 6300 dB' de bakla yapılı paneller iken 8000 dB' de altıgen yapılı panellerdir.

Ses frekansı malzeme çeşidi ikili karşılaştırması incelendiğinde 160- 1000 dB frekans aralığında en yüksek değer daire yapılı panellerden elde edilmiştir. 1250-1600 dB frekanslarında en yüksek üçgen yapılı panellerden, 2000-2500 dB frekanslarında en yüksek altıgen yapılı panellerden elde edilirken, 3150 frekansında en yüksek daire yapılı panellerden

elde edilmiştir. 4000 dB frekans da en yüksek değer daire yapılı panellerden elde edilirken, 5000-6300 dB aralığında bakla desen yapılı panellerden elde edilmiştir. 8000 dB' de ise daire yapılı paneller en yüksek değeri vermiştir.

Sonuç olarak; daire yapılı panel örneklerinin altıgen yapılı panel örneklerine göre iyi sonuç vermesinin nedeni geometrik yapısından kaynaklanmaktadır. Buda gösteriyor ki geometri yapısının büyümesi, ses geçiş kaybı değerlerinin olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca boşluklu yapı, malzemenin daha hafif olmasını sağlamakta ve buda kullanım yeri açısından önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Hazırlanan kompozit paneller hafif oldukları için dolap kapakları, oda kapıları, bölme duvarlar, duvar ve tavan panelleri gibi yerlerde rahatlıkla kullanılabilir.





KAYNAKLAR

- ASTM-D 1037-12, (2012). *Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials*, ASTM, 6.
- Anonim. (2013). *Tabakalı ağaç malzeme ders notları*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 121.
- Ayan, S. (2012). *Isıl işlemlenmiş ahşap lamine panellerin akustik özelliklerinin belirlenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 101.
- Berkel, A. (1970). *Ağaç malzeme teknolojisi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, 412-420.
- Bolt, R. H. (1947). On the design of perforated facings for acoustic materials. *Acoustical Society of America*, 917-921.
- Burdurlu, E., Baykan, İ. (1998). *Ağaççıklarında kesme teorisi ve endüstriyel mobilya üretimi makineleri*. Ankara: Bizim Büro Basımevi, 68-69.
- Díaz, C., Jiménez, M., Navacerrada, M. Á., and Pedrero, A. (2010). Acoustic properties of reed panels. *Materiales de Construcción*, 305(62), 55-66.
- Döngel, N. (2005). *Ahşap ve ahşap esaslı döşeme kaplama malzemelerinin (parke) teknik özellikleri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 61.
- Eroğlu, H., Usta, M. (2000). *Liflevha Üretim Teknolojisi*, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, 5.
- Erol, H. B. (2006). *İç mekan malzeme kullanımında akustik performans kriterleri*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4.
- Ersoy, S. (2007). *Endüstriyel Çay-Yaprak-Fiber Atıklarının Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 50.
- Ersoy, S., and Küçük, H. (2009). Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties. *Applied Acoustics* (70), 215-220.
- Frihart, C. (2005). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. New York: CRC Press, 293.
- Gelen, M. (2016). *Otomotiv endüstrisinde kullanılan akustik malzemeler ve malzeme özelliklerinin akustik parametrelere etkisinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9-10.
- Ghofrani, M., Ashori, A., Rezvani, M. H., and Ghamsari, F. A. (2016). Acoustical properties of plywood/waste tire rubber composite panels. *Measurement*, 94, 382-387.

Gibbs, D. *CNC ile işlemeye giriş* (çev. G. Ediz). Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları No: 2732. (Eserin orijinali 1991’de yayımlandı), 1.

Hanetho, P. (2001). Effect of diffusion barriers on formaldehyde emissions from particleboard. *ACS Publications*, 16, 202–208.

Huş, S. (1962). Ağaç malzeme tutkalları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B12(2), 1-11.

Işıктаş, K., ve Ay, N. (2016). Ahşap akustik panellerin sesi absorbe etme yeteneği ile iç ve dış ortamlardaki ses yalıtımının iyileştirilmesi. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 5(1), 16-21.

İnternet: Açık, Cebrail; Tutuş, Ahmet. Çok Amaçlı Salon İç Mimarisinde Kullanılan Farklı Yüzey Kaplamalı Lif Levhaların Akustik Özelliklerinin İncelenmesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Feds.a.ebscohost.com%2Feds%2Fpdfviewer%2Fpdfviewer%3Fvid%3D0%26sid%3D45612d8a-d05c-4a54-b2ca-4d5dcaa8f016%2540sdc-v-sessmgr01&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 25.02.2019.

İnternet: <http://www.bilgimanya.com/akustik-nedir/>. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bilgimanya.com%2Fakustik-nedir%2F&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 25.02.2019.

İnternet: Sey, Yıldız. Akustik Kriterler Açısından Malzeme Özellikleri. Mimarlık. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mimarlikdergisi.com%2Findex.cfm%3Fsayfa%3Dmimarlik%26DergiSayi%3D131&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 25.02.2019.

İnternet: Sirel, Şazi. Yapı Akustiğinde 30 Terim 30 Tanım. Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.yfu.com%2Fkitapciklar%2Fyapi_fiziginde_30_terim_30_tanim.pdf&date=2019-02-25, Son Erişim Tarihi: 25.02.2019.

İnternet: Wojnowska, Marlena; Smardzewsk, Jerzy. The Impact of Construction and Forms of Furniture on the Acoustic Properties of Offices. <http://ifc2016.mu.edu.tr>. 2019-02-25. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fifc2016.mu.edu.tr%2FBelgeler%2F18%2F18%2FIInd%2520INTERNATIONAL%2520FURNITURE%2520CONGRESS%2520PROCEEDINGS.pdf&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 25.02.2019.

İnternet: Yahya, Musli Nizam ; Sambu, Mathan ; Latif, Hanif Abdul ; Junaid, Thuwaibah Mohd. A study of Acoustics Performance on Natural Fibre Composite. <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fiopscience.iop.org%2Farticle%2F10.1088%2F1757-899X%2F226%2F1%2F012013%2Fpdf&date=2019-02-25>, Son Erişim Tarihi: 25.02.2019.

İnternet: https://www.kleiberit.com/fileadmin/Content/Documents/EN/Articles/2017/Produktuebersicht_GB_US.pdf

URL:https://www.kleiberit.com/fileadmin/Content/Documents/EN/Articles/2017/Produktuebersicht_GB_US.pdf&date=2019-05-13" Son Erişim Tarihi: 13.05.2019.

İstek, A., Muğla, K., Yazıcı, H. (2015). Mobilya üretiminde kullanılan ticari MDF levhaların özellikleri. *Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi*, Özel sayı-1 (UMK-2015), 333-343.

Kalaycıoğlu, H. (2003). *Odun levha ürünleri ders notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, (69), 2-11.

Karabiber, Z. (1991). *Mimari akustikle ilgili başlıca tanım, terim, formül ve büyüklükler*, İstanbul: Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 7.

Karlinasari, L., Hermawan, D., Maddu, A., Martiandi, B., and Hadi, Y. (2012). Development of particleboard from tropical fast-growing species for acoustic panel. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(1), 64-69.

Kaya, A. İ. (2015). *Atık kâğıtlardan geri kazanılmış liflerden kompozit malzeme üretim olanaklarının araştırılması*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 212.

Kaya, A. İ., ve Dalgıç, T. (2017). Ses yalıtımı açısından doğal liflerin akustik özellikleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı*, 1, 25-37.

Kimura, M., Kunio, J., Schuhmacher, A., Ryu, Y. (2014, Kasım). *A new high-frequency impedance tube for measuring sound absorption coefficient and sound transmission loss*. Paper presented at the Inter.noise 2014, Melbourne, Australia.

Mahzan, S., Zaidi, A. A., Arsat, N., Hatta, M., Ghazali, M. I., & Mohideen, S. R. (2010). Study on sound absorption properties of coconut coir fibre reinforced composite with added recycled rubber. *International Journal of Integrated Engineering (Issue on Mechanical, Materials and Manufacturing Engineering)*, 29-34.

Muslu, M. S. (2013). *Ahşap Esaslı Duvar Kaplama Malzemelerinin Ses Geçiş Kayıplarının Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 106.

Muslu, M. S., ve Sönmez, A. (2017). İç Dekorasyonda Kullanılan Sapsız Meşe ve Sarıçam Ağaçlarında Kesiş Yönü ve Su Bazlı Vernik Türünün Ses Geçiş Kaybına Etkisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 338-341.

Negro, F., Cremonini, C., and Disafa, R. Z. (2016). Development of framed poplar plywood for acoustic improvement. *Wood research*, 61(1), 121-128.

Örs, Y., Keskin, H. (2008). *Ağaç malzeme teknolojisi*, Ankara: Gazi Kitabevi, 72-73

- Öztürk, V., İmirzi, H. Ö. (2017, Mayıs). *Ahşap esaslı akustik kompozit panellerin teknolojik özelliklerinin araştırılması*. Uluslararası Tarım, Ormancılık, Gıda Bilimleri ve Teknolojileri konferansında sunuldu, Kapadokya.
- Seçgin, A., İhtiyaroğlu, Y., Kara, M., ve Ozankan, A. (2017, 5-7 Temmuz). *Akustik yalıtım malzemelerinin ses yutma katsayılarının farklı sıcaklık koşulları altındaki değişiminin deneysel olarak incelenmesi*. 18. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumunda sunuldu, Trabzon.
- Smardzewski, J., Kamisinski, T., Dziurka, D., Mirski, R., Majewski, A., Flanch, A., and Pilch, A. (2015). Sound absorption of wood-based materials. *Holzforchung*, 4(69), 431-439.
- Smardzewski, J., Batko, W., Kamisinski, T., Flach, A., Pilch, A., Dziurka, D., and Majewski, A. (2014). Experimental study of wood acoustic absorption characteristics. *De gruyter*, 68(4), 467-476.
- TS EN 310, (1999). *Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini*, Türk Standartları Enstitüsü Ankara, 7.
- TS EN 322, (1999). *Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-2
- TS EN 323, (1999). *Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 6.
- TS EN 622-5, (2008). *Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 5: Kuru işlemlenmiş levhalar (mdf) için gerekler*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 4.
- Vidinlimen, G. T. (2010). *Otomotiv endüstrisinde kullanılan gözenekli malzemelerin akustik özellikleri ve analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 50.
- Xiang, H-f., Wang, D., Liu, H-c., Zhao, N., and Xu, J. (2013). Investigation on sound absorption properties of kapok fibers. *Chinese Journal of Polymer Science*, 31(3), 521-529.
- Yang, H-s., Kim, D-j., and Kim, H-j. (2003). Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology*, 86(2003), 117-121.
- Yeşil, H. (2008). *Kontrplaklarda tutkal karışımına ilave edilen boraksın mekanik özelliklere ve formaldehit emisyonuna etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 48.
- Yılmaz Demirkale, S. (2007). *Çevre ve Yapı Akustiği*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayını, 191,200-201.
- Zeren, A. (1997). *Müzik fiziği*, İstanbul: Pan Yayıncılık, 11.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZTÜRK, Veysel
 Uyuşu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 28.06.1981, Kartal
 Medeni hali : Evli
 e-mail : vyslozturk@hotmail.com
 Telefon : +(90) 535 294 9391



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi / Orman Endüstri Mühendisliği	2004
Lise	Maltepe Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2006	Diker Ahşap	Şantiye Şefi
2006-2009	Merih Asansör	Ar-Ge Mühendisi
2010-2016	Yener-San	Ürün Geliştirme Müdürü

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Öztürk, V., İmirzi, H. Ö. (2017, Mayıs). *Ahşap esaslı akustik kompozit panellerin teknolojik özelliklerinin araştırılması*. Uluslararası Tarım, Ormancılık, Gıda Bilimleri ve Teknolojileri konferansında sunuldu, Kapadokya.

Öztürk, V. (2008, 12 Mart) *Veysel Öztürk ile Autodesk Inventor ile Sayısal Modelleme Hakkında röportaj*. Merih Asansör, Ankara.

Hobiler

Tasarım, tiyatro, müzik ve spor



GAZİ GELECEKTİR..