

İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN BİRLEŞTİRİCİ ELEMANLARIN
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS

Aydın ONGAN

DİSİPLİNLER ARASI BİYOKOMPOZİT MÜHENDİSLİĞİ ANA
BİLİM DALI

TEMMUZ 2019

İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN BİRLEŞTİRİCİ ELEMANLARIN
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aydın ONGAN
(Y140102003)

Disiplinler Arası Biyokompozit Mühendisliği Ana Bilim Dalı

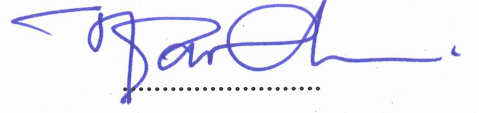
Tez Danışmanı: Prof.Dr. Nihat Sami ÇETİN

TEMMUZ 2019

İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünün Y140102003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi, Aydın ONGAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN BİRLEŞTİRİCİ ELEMANLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :

Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi



Jüri Üyeleri :

Dr.Öğretim Üyesi. Vedat ÇAVUŞ
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi



Dr.Öğretim Üyesi. KorkmazYILDIRIM
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi



Teslim Tarihi : 21.06.2019
Savunma Tarihi : 05.07.2019

Torunum Arden Efe'ye

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans öğrenimim süresince kendisinden aldığım dersler ile beni Biyo-Kompozit alanında çalıştığım konular ile tanıştıran, tez süresince bilgi, yönlendirme ve değerlendirmeleri ile bu tezin ortaya çıkmasında büyük desteği bulunan, danışmanım saygı değer, Hocam Prof. Dr. Nihat S. ÇETİN'e en içten dileklerimiz ile teşekkür ederim. Girmiş olduğum derslerinde farkındalık yaratan değerli hocam Prof. Dr. Nilgöl ÇETİN'e, Deney Örneklerimin hazırlanmasında, bulgularımın düzenlenmesinde ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Ali KASAL ve Arş. Gör. Tolga KUŞKUN'a Tezimin yazımı aşamasında bana yardımcı olan bilgilerini ve çalışmalarını benimle paylaşarak gerekli yönlendirmeleri yapan, Dr.Öğr. Üyesi Vedat ÇAVUŞ'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans'a beni yönlendiren, yaptığım çalışmalarda geri dönüşüm malzemelerinden kompozitlerin üretimine ve somut ürünü elde edinceye kadar desteğini sürekli hissettiğim Öğrt. Mutlu TÜRK'e, Deney parçalarımın hazırlanmasında işletmelerinden yararlandığım değerli çalışma arkadaşlarım Emekli Öğr. Gör. Halil İbrahim TAŞKIN ve Öğr. Gör. Gürsel ÖZAK'a, Platin Orman Ürünleri işletme sahibi Tolga AKSOY'a,

Yaşamım boyunca sürekli beni destekleyen, en iyi şekilde yetiştiren, bugünlere gelmeme vesile olan canım Annem ve Babama, sevgilerini ve desteklerini hep hissettiğim sevgili büyüklerim Teyzem Gülcan ve Eniştem Ahmet GÜVENENLER'e bu yolculukta her daim beni yüreklediren annemiz Necla DEMİRCAN'a, Yaşamım boyunca sevgisi ve desteği ile hep yanımda olan, eşim Gülay ONGAN'a, Yüksek Lisans Eğitimime başladığım yıl Lisans eğitimlerini bitirerek İş hayatına atılan her vesile ile beni gururlandıran oğullarım İlker Güray ve Eray ONGAN'a ve sevgili kızlarım Edalı ve Pınar'a ve son olarak ONGAN Ailesinin yeni üyesi yaşam enerjim torunum Arden Efe'ye teşekkür ederim.

Temmuz 2019

Aydın ONGAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı	1
1.2 Hipotez	1
1.3 Amaç	1
1.4 Kapsam ve Yöntem	2
1.5 Mobilya	2
1.5.1 Mobilya üretiminde kullanılan malzemeler, beklentiler	2
1.5.2 Mobilya birleştirme teknikleri.....	3
1.5.3 Mobilya üretiminde ortaya çıkan atıklar	5
1.6 Kompozit Malzemeler.....	5
1.6.1 Odun plastik kompozitler.....	5
1.6.1.1 Tarihi	8
1.6.1.2 Odun – plastik kompozitlerde üretim prosesi	9
1.6.1.3 Kullanım alanları.....	10
1.6.1.4 Pazarı.....	11
1.6.1.5 Avantaj ve dezavantajları.....	12
1.6.2 Kullanılan hammaddeler	13
1.6.2.1 Polietilen	13
1.6.2.1.1 Polietilenin tarihçesi.....	13
1.6.2.1.2 Polietilenin özellikleri	14
1.6.2.1.3 Polietilen uygulamaları	14
1.6.2.1.4 Polietilenin üretim süreci	14
1.6.2.1.5 Polietilenin geri dönüşümü	14
1.6.2.2 Polipropilen	15
1.6.2.2.1 Polipropilenin tarihçesi	15
1.6.2.2.2 Polipropilenin özellikleri.....	15
1.6.2.2.3 Polipropilen uygulamaları.....	15
1.6.2.2.4 Polipropilenin üretim süreci.....	15
1.6.2.3 Maleik anhidrit	16
1.6.2.3.1 MAPP ve MAPE uyum sağlayıcılar	16
1.7 Odun Unu ve Lifi	17
1.8 Lignoselülozik Esaslı Hammadde Kaynakları	18
1.8.1 Levha ürünleri	19
1.8.1.1 Yonga levha	19
1.8.1.2 Lif levha	22
1.8.2 Levha yüzeyinin kaplanması.....	24

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	25
3. MATERYAL METOT	29
3.1 Materyal	29
3.1.1 Lif levha atıkları	29
3.1.2 Plastik hammaddeler	30
3.1.3 Uyum sağlayıcı ajan	30
3.1.4 Lif levha ve yonga levha	32
3.1.5 Yapıştırıcı malzeme	33
3.1.6 Ticari plastik, doğu kayını ahşap ve odun plastik kompozit kavela	34
3.1.7 Kalıp	36
3.2 Metot	39
3.2.1 Odun plastik kompozit üretimi	39
3.2.2 Fiziksel özelliklerin belirlenmesi	40
3.2.2.1 Rutubet ve yoğunluk	40
3.2.2.2 Yoğunluğun ve rutubet oranının tespit edilmesi	44
3.2.3 L-tipi köşe birleştirmenin üretilmesi	45
3.2.4 Mekanik özelliklerin belirlenmesi	49
3.2.5 Diyagonal basınç direncinin belirlenmesi	49
3.2.6 Diyagonal çekme direncinin belirlenmesi	51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1 Ahşap Esaslı Levhaların Bazı Fiziksel Özellikleri	53
4.1.1 Yoğunluk ve rutubet	53
4.2 Kutu mobilya Kavelalı Birleştirme Elemanlarının Performansı	53
4.2.1 L-tipi köşe elemanlarının diagonal basınç yükü altındaki moment taşıma kapasitesi	54
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
5.1 Sonuç	75
5.2 Öneriler	76
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	84

KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	: American Society For Testing and Materials
PP	: Polipropilen
PE	: Polietilen
MAPP	: Maleik Anhidrit ile muamele (Graft) edilmiş Polipropilen
MAPE	: Maleik Anhidrit ile muamele (Graft) edilmiş Polipetilen
OPK	: Odun Plastik Kompozit
MDF	: Orta Yoğunlukta Lif Levha (Medium Density Fiberboard)
MDFLAM	: Sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı MDF
YYPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
YL	: Yonga Levha (Particleboard)
YLLAM	: Sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı YL
HG	: Homojenlik Grubu
PVAc	: Polyvinil asetat

SEMBOLLER

h	: Parça yüksekliği
b	: Parça kalınlığı (mm)
E	: Elastikiyet modülü (N/mm ²)
F	: Kuvvet (N)
F_{maxe}	: Eğilme deneyinde kırılma anındaki kuvvet (N)
F_{maxç}	: Yüzeye dik çekmede kopma anındaki kuvvet (N)
r	: Rutubet miktarı (%)
m_r	: Rutubetli (Hava kurusu) ağırlık (g)
m₀	: Tam kuru ağırlık (g)
v	: Varyasyon katsayısı (%)
V₀	: Tam kuru hacim (cm ³)
V_r	: Rutubetli (Hava kurusu) hacim (cm ³)
đ₀	: Tam kuru yoğunluk (g/cm ³)
đ_r	: Rutubetli (Hava kurusu) yoğunluk (g/cm ³)
X_{ort}	: Ortalama değer
a_ç	: Deney parçasının uzunluğu
b_ç	: Deney parçasının genişliği
L_ç	: Moment kolu
M_ç – M_b	: Diyagonal çekme ve basınçta taşınan momentler

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 : Uyum sağlayıcıların özellikleri.....	16
Tablo 1.2 : TS 3635'e göre lif levhaların sınıflandırılması.....	23
Tablo 2.1 : Ligno selülozik materyallerin termoplastik maddelere uyumunu sağlayan maddeler.....	25
Tablo 3.1 : Deney örneği levha kalınlık ölçüleri.....	47
Tablo 4.1 : Ligno selülozik Kompozit levhaların ortalama rutubet değeri.....	53
Tablo 4.2 : Levha çeşidine göre çekmede ortalama moment taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması.....	54
Tablo 4.3 : Levha türü, kavela malzemesinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.....	54
Tablo 4.4 : Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.....	55
Tablo 4.5 : Levha türü ve kavela malzemesinin moment taşıma kapasitesine ait varyans analizi	56
Tablo 4.6 : Levha türü, kavela malzemesinin L-Tipi birleştirme elemanlarında basma yükü altındaki moment taşıma kapasitesine.....	57
Tablo 4.7 : Levha türüne göre,basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.....	57
Tablo 4.8 : Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında basma yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.....	58
Tablo 4.9 : Levha türü ve kavela malzemesinin ikili varyasyonunun moment kapasitesi üzerindeki etkilerine ait varyans analizi.....	59
Tablo 4.10 : Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi üçlü varyasyonunun moment taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerine ait varyans analizi.....	60
Tablo 4.11 : Levha türüne göre, çekmede moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.....	61
Tablo 4.12 : Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.....	61
Tablo 4.13 : Güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi	61
Tablo 4.14 : Levha türü, kavela malzemesinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi	62
Tablo 4.15 : Levha türü, güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi	63
Tablo 4.16 : Kavela malzemesi-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi	64
Tablo 4.17 : Levha türü- kavela malzemesi- güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.....	65

Tablo 4.18 : Levha türü- kavela malzemesi- güçlendirme işlemi etkileşiminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.....	66
Tablo 4.19 : Levha türüne göre çekmede moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması	67
Tablo 4.20 Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında basma yükü altındaki moment taşıma kapasitesi	67
Tablo 4.21 : Plastik odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.....	68
Tablo 4.22 : Levha türü- kavela malzemesine göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması	68
Tablo 4.23 : Kavela malzemesi- güçlendirme işlemine göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması	69
Tablo 4.24 : Kavela malzemesi, plastik –odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesioortalamalarının karşılaştırılması	69
Tablo 4.25 : Güçlendirme işlemi, plastik- odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması	70
Tablo 4.26 : Levha türü, güçlendirme işlemi, plastik- odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması	71
Tablo 4.27 : Kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, plastik- odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması	72
Tablo 4.28 : Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, göre basmada plastik- odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması	73

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: OPK üretiminde kullanılan materyaller ile bunlardan elde edilen pelletler.....	6
Şekil 1.2 : Odun plastik kompozit ürünler.....	11
Şekil 1.3 : 2004 yılı Avrupa ülkelerinde OPKürünlerinin piyasadaki dağılım yüzdeleri.....	11
Şekil 1.4 : 2013- 2019 yılları arası hacim/ciro grafiği.....	12
Şekil 1.5 : MAPP Maleik Anhidrit organik bağ yapısı.....	16
Şekil 1.6 : MAPE Maleik Anhidrit organik bağ yapısı.....	16
Şekil 1.7 : Ahşabı meydana getiren bileşenlerin kimyasal yapıları.....	18
Şekil 1.8 : Yonga levha üretim aşamaları.....	20
Şekil 1.9 : Lif Levha üretim prosesi.....	22
Şekil 3.1 : OPK kavela üretiminde kullanılan odun unu.....	29
Şekil 3.2 : OPK kavela üretiminde kullanılan odun unu.....	29
Şekil 3.3 : Yüksek yoğunluklu polietilen.....	30
Şekil 3.4 : Maleik anhidrit graflanmış polietilen MAPE.....	31
Şekil 3.5 : Maleik anhidrit graflanmış polipropilen MAPP.....	31
Şekil 3.6 : L-tipi köşe birleştirme deney örneği.....	32
Şekil 3.7 : L-tipi köşe birleştirme deney örneği.....	32
Şekil 3.8 : Birleştirmelerde kullanılan tutkal.....	33
Şekil 3.9 : Doğu kayını kavela.....	34
Şekil 3.10 : Ticari plastik kavela.....	35
Şekil 3.11 : Sarsak elek.....	35
Şekil 3.12 : Üretimi gerçekleşen OPK kavelalar.....	36
Şekil 3.13 : Üretimde kullanılan kalıp görüntüsü.....	37
Şekil 3.14 : Üretimde kullanılan kalıp görüntüsü.....	37
Şekil 3.15 : Üretimde kullanılan enjeksiyon kalıp makinesi.....	38
Şekil 3.16 : Kullanılan enjeksiyon makinesi gösterge paneli	38
Şekil 3.17 : Sarsak elekten alınan odun unu $\pm 103^{\circ}\text{C}$ de etüvde 24 saat bekletildikten sonra PE ve PP ile karıştırılmıştır.....	39
Şekil 3.18 : Çift vidalı extruder ve kumanda paneli.....	40
Şekil 3.19 : Extruderden elde edilen OPK ve kırımından sonra pelletler.....	40
Şekil 3.20 : Lif levha lam ve yonga levha lam parçaları.....	41
Şekil 3.21 : 10 no'lu Yonga levha lam rutubetli ölçümleri.....	41
Şekil 3.22 : 5 no'lu Lif levha lam rutubetli ölçümleri.....	42
Şekil 3.23 : 72 saat sonra etüvden alınan 5 no'lu parçanın boyut ölçülerindeki değişimler ve ağırlık değerleri.....	43
Şekil 3.24 : 72 saat sonra etüvden alınan 10 no'lu parçanın boyut ölçülerindeki değişimler ve ağırlık değerleri.....	43
Şekil 3.25 : Kurutmada kullanılan etüv sıcaklık değeri.....	44

Şekil 3.26 : Numunelerin kurumaya bırakılması.....	45
Şekil 3.27 : L-tipi köşe birleştirmelerde diyagonal çekme ve diyagonal basınç deney örneğinin kenar ve yüzey parça gösterimi.....	45
Şekil 3.28 : L-tipi köşe birleştirmelerde diyagonal çekme ve diyagonal basınç deney örneği parça ölçülerinin harfle gösterimi.....	46
Şekil 3.29 : L-tipi köşe birleştirmelerde diyagonal çekme ve diyagonal basınç deney örneği parçalarının ölçülendirilmesi.....	46
Şekil 3.30 : Deney örneklerinde birleştirmelerin arakesit yüzeyleri ve kavelaların delik ve eksen mesafeleri (ölçüler mm).....	47
Şekil 3.31 : Deney örneklerinde birleştirmelerin arakesit yüzeyleri ve kavelaların delik ve eksen mesafeleri.....	48
Şekil 3.32 : Arakesit yüzeyinde, kavala kenar ve yüzey parçaya olan mesafeleri....	49
Şekil 3.33 : Diyagonal basınç düzeneği ve yük uygulama biçimi.....	50
Şekil 3.34 : Diyagonal basınç deneylerinde düşey yöndeki yer değiştirme miktarları değerleri.....	51
Şekil 3.35 : Diyagonal çekme deney düzeneğinde yük uygulama biçimi.....	52

ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN BİRLEŞTİRİCİ ELEMENLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, Aydın ilinde mobilya üretimi faaliyeti gösteren işletmelerden alınan atık (MDF, MDF Lam, Sunta, Sunta Lam) tozlarının 80 mesh'lik eleklerde elenmesinden elde edilen odun unu ile polimer olarak atık plastik malzemelerden elde edilen polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) farklı karışım oranlarında karıştırılmış, bağlayıcı ajan olarak maleik anhidrit grafted polietilen (MAPE) ve maleik anhidrit grafted polipropilen (MAPP) kullanılmıştır. Elde edilen karışım ile çift vidalı ekstruder makinesinde 200 °C'de odun-plastik kompozit (OPK) elde edilerek kurutma işleminden sonra elde edilen OPK'lar kırıcıdan geçirilerek peletler üretilmiştir. Üretilen peletlerdeki odun unu oranı %10-50 Aralığında değişmektedir.

Farklı karışım oranlarına sahip peletler, sıcak presleme tekniği ile 175-210 °C sıcaklık aralığında plastik enjeksiyon makinasında kalıplarda preslenerek OPK kavelalar üretilmiştir.

Üretilen kavelaların moment taşıma kapasitelerini doğu kayını, (*Fagus orientalis* L.) ve ticari plastik kavela ile kıyaslamak için, 18 mm kalınlığında ahşap esaslı yonga levha lam (YLL) ve orta yoğunluklu lif levha (MDF Lam) kullanılmıştır.

Üretilen her bir kavela için 5'er adet Çekme ve Basınç testi örnekleri hazırlanmış, L-tipi köşe birleştirme elemanları statik yük altında diagonal basınç ve diagonal çekme deneylerine tabi tutulmuştur.

Levhar L-tipi kutu konstrüksiyon olarak 270 x 132 x 18 mm ve 270 x 150 x 18 mm ölçülerinde hazırlanarak birleştirilmelerinde yapıştırıcı olarak poliüretan tutkalı (Beyaz tutkal, PVAc) kullanılarak tutkalın dağılmaması için birleşme ara yüzeylerine yağlı kâğıt konulmuş, tutkalın sadece delik ve kavelalara teması sağlanmıştır.

2 malzeme çeşidi (Yonga levha lam (YLL) ve Lif levha lam (MDF)), 1 birleştirme tekniği (Kavelalı), 2 tip deney (diagonal çekme, diagonal basınç), 16 farklı kavela, 1 tutkal ve her deney numunesinden 5'er adet olmak üzere (2x1x2x16x1x5= 320 adet L-tipi köşe birleştirme deney numunesi hazırlanmıştır.

Diyagonal Çekme ve basınç deneyleri sonucunda en yüksek mukavemeti doğu kayınından üretilmiş kavela göstermiştir. MAPP ile güçlendirilmiş kavelaların testlerdeki mukavemeti MAPE ile güçlendirilmiş kavelalara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Saf Polietilen ve saf polipropilenden üretilen kavelalar ticari plastik kavelalara benzer sonuçlar vermiştir.

Anahtar kelimeler: Kavela, Odun plastik kompozitler, L tipi köşe birleştirme.

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONNECTING ELEMENTS PRODUCED FROM WOOD PLASTIC COMPOSITES

ABSTRACT

In this study, wood flour obtained by sieving of waste powders (MDF, melamin coated MDF, Chipboard, Melamin coated chipboard) in 80 mesh sieve from the companies operating in furniture production in Aydın and polypropylene obtained from waste plastic materials as polymers and high density polyethylene (HDPE) is mixed in various mix proportions, maleic anhydride grafted polyethylene (MAPE) and maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) were used as binding agents. Wood-plastic composite (OPK) was obtained at 200 degrees in twin screw extruder machine with the above mentioned mixture. After the drying process of the wood-plastic composite (OPK), pellets are produced by passing through the crusher. The proportion of wood flour in the produced pellets varies between 10-50%. OPK dowels were produced by pressing the pellets with different mixing ratios in the molds in the injection molding machine in the temperature range of 175-210 degrees with the help of hot pressing technique. In order to compare the moment bearing capacity of produced dowels with *Fagus orientalis* and commercial plastic dowel, 18 mm thick wood-based melamin coated particle board (YLL) and medium density fiberboard (melamin coated MDF is used).

For each produced dowel, 5 tension and pressure test samples were prepared and L-type corner joint elements is subjected to diagonal pressure and diagonal tension tests under static load.

Boards is prepared as L-type box construction in dimensions of 270 x 132 x 18 mm and 270 x 150 x 18 mm and polyurethane glue (White glue, PVAc) was used as the bonding material. In order to prevent the glue from spreading, greasy paper was placed on the joint interfaces so that the glue contacted only the holes and dowels. 2 material types (melamin coated chipboard (YLL) and melamin coated fiber board (MDF) board), 1 merge technique (with dowel), 2 diagonal tension and diagonal pressure, 16 different dowels, 1 glue and 5 pieces of each test sample (2x1x2x16x1x5 = 320 pieces) L-type corner joint test sample is prepared.

As a result of diagonal tension and pressure tests, dowel produced from *Fagus orientalis* showed the highest strength. The resistance of the dowels strenghten with MAPP gave better results than dowels strenghten with MAPE in the test. The dowels made of pure polyethylene and pure polypropylene gave similar results to commercial plastic dowels.

Key words: Dowel, Wood plastic composites, L type corner joint.

1. GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımı

Bir ürünün ortaya çıkması için seçilen malzeme, üretilen ürünün kullanım ömrünü tamamladıktan sonra ayrıştırılarak tekrar kullanılabilmesi ve üretimi esnasında minimum fire verilerek şekillendirilmesi son derece önemlidir. Son yıllarda bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar önem kazanmakta, kapsamı genişlemekte ve giderek yaygınlaşmaktadır. İhtiyacımızı karşılayacak ürünler için gerekli malzemeler alındıktan sonra, üretim sırasında ve ürüne dönüşürken atık olarak tanımladığımız yüksek miktarlarda fire ve toz malzeme ortaya çıkmaktadır. Mobilya üretiminin gerçekleştirildiği fabrika, işletme ve atölyelerde ya parça şeklinde yada toz halinde atıklar oluşmaktadır. Bu atıkların yakılarak yok edilmesi geri dönüşüme sokulmaması ya da yeterince katma değer sağlamadan çöpe gönderilmesi günümüz gerçekleri ile örtüşmemektedir.

1.2 Hipotez

Mobilya üretiminde ortaya çıkan fire ve tozları bir kaynak olarak değerlendirerek geri dönüşüme almak ve polimer endüstri alanı ile birlikte değerlendirerek, piyasada satılan plastik kavela ve doğu kayını (*Fagus orientalis L.*) kavelalara alternatif olarak farklı karışım oranlarına sahip odun plastik kompozit (OPK) kavelaların daha ucuz ve daha dayanıklı olabileceğini belirlemektir.

1.3 Amaç

Bu çalışmada; kutu konstrüksiyonlu mobilya imalatında kullanılan 18 mm kalınlığındaki melamin kaplı lif levha ve melamin kaplı yonga levha malzemelerin L-tipi kutu konstrüksiyonlu birleştirmelerinde kullanılan plastik ve doğu kayını kavelalar ile ürettiğimiz odun-plastik kompozit kavelaların mukavemet özelliklerinin irdelenmesi olacaktır.

1.4 Kapsam ve Yöntem

Bu çalışmada, kutu tipi mobilya üretiminde yoğun olarak kullanılan ve piyasada tercih edilen 18 mm kalınlığındaki ahşap esaslı levhalardan melamin kaplı lif levha lam ve melamin kaplı yonga levhalam kullanılmıştır. L-Tipi Kutu mobilyaların konstrüksiyonunda kavelalı birleştirme tekniği uygulanmıştır. Kavela olarak plastik, Doğu kayınından yapılan ahşap kavelalar ile farklı karışım oranlarında üretimini gerçekleştirdiğimiz odun plastik kompozit kavelalar polivinilasetat (PVAc) esaslı tutkal ile aralarına yağlı kağıt konularak yapıştırılmıştır. Birleştirme elemanlarının kullanımları esnasında etkisi altında kalabilecekleri yükler diagonal çekme ve diagonal basınç olarak ön görülmüştür. 2 farklı deney, 2 ahşap esaslı levha, 16 farklı kavela malzemesi ve her deney numunesinden 5'er adet olmak üzere (2x2x16x5) 320 adet deney örneği hazırlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Fiziksel Deneyler

Rutubet (TS EN 322)

Yoğunluk (TS 2470)

Kutu Mobilya L-Tipi Köşe Birleştirme Elemanlarının Moment Taşıma Kapasiteleri

- Diagonal basınç

- Diagonal çekme

1.5 Mobilya

Mobilya; insanların günlük yaşamına yönelik kültürel temel gereksinimlerini güvenli ve konforlu bir şekilde; dinlenme, çalışma, yemek yeme, eşyalarını depolama, sergileme, oturma gibi ihtiyaçları karşılayan ağaç malzeme veya türevlerinden oluşturulan estetik ve fonksiyonel görünümlü eşyaların tümü olarak tanımlanır [1].

1.5.1 Mobilya üretiminde kullanılan malzemeler, beklentiler

Mobilyalar, iç ya da dış mekânlarda ahşap, yonga levha, lif levha, kontrplak gibi malzemelerden biri ya da bir kaçının birleştirilmesiyle üretilmektedir. Bir mobilyada aranan unsurlar dayanım, fonksiyonellik, estetik kullanım rahatlığı ve sağlıktır.

Yukarıda açıklanan işlevlerin yerine getirebilmesi için mobilyanın iyi bir şekilde de tasarlanmış olması gerekmektedir [2].

1.5.2 Mobilya birleştirme teknikleri

Mobilyanın mühendislik tasarımını önemli kılan olgu o mobilyayı kullanacaklara güvenilir hizmet verebilmesi ve işlevselliği ile ilgilidir. Bir mobilya sistemindeki birleştirmelerin mühendislik kurallarına uygun ve yapısal olarak tasarlanması analiz edilebilmesi, kendisini oluşturan malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır [3].

Mobilya tasarımında mühendislik olarak ilk yapılması gereken kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesidir. Devam eden süreçte sistemi oluşturan birleştirmeler ve elemanlarda, dış kuvvetlerin etkisiyle gerilmeler oluşur, kullanılan malzemelerin birleşmesi ile oluşan elemanlarında tasarım gerilmeleri ile kıyaslanarak birleştirmelerin güvenilir olup olmadığı belirlenir.

Bir mobilya tasarımı için önem teşkil eden üç faaliyet alanı vardır. Bunlardan ilki fonksiyonel tasarım ki, mobilyanın işlevini ve kendisinden beklentilerini karşılama kabiliyeti olarak ortaya çıkar. İkincisi biçimlendirilebilir olarak da adlandırabileceğimiz tasarımda estetik, bulunduğu kültürde ya da popülaritenin etkisinde, kullanıcının ihtiyaçları da dikkate alınarak mobilyada formatını belirleyen; şeklini, dokusunu, rengini, çizgisinin tasarlanmasını kendisine konu edinen yapısal ve sanatsal bir çalışmadır. Mühendislik tasarımı ise, mobilyada ölçütlerin ergonomik, yapım tekniklerini malzemelerin şekillendirdiği ve üretimin teknoloji ile en uygun biçimde belirlenmesidir [4].

Mobilya üretilirken üç ana konstrüksiyon formatı vardır bunlar; kutu, çerçeve ve kombinedir. Kutu (panel) tipi mobilyaların üretimi için tablalar, çerçeve (iskelet) tipi mobilyalar için masif çerçeveler, kombine konstrüksiyonlu mobilya olarak adlandırdığımız da ise hem kutu (panel) hem de çerçeve (iskelet) tipinin bir arada kullanıldığı mobilyalardır [5].

Günümüzde çerçeve ve kutu tipi mobilya imalatında ahşap esaslı kompozit malzemelerin kullanılmasının altında çeşitli ekonomik ve teknik nedenler vardır. Odun kompozitlerinin masif ağaç malzemeye alternatif olan ekonomik ve teknik anlamda avantajları bulunmaktadır. Üretimde ise masife alternatif olması değişik mukavemet sorunlarına da neden olabilir. Bu nedenlerle Kompozit ahşap

malzemelerin değişik bağlantı elemanları ile tutma dayanımları ve farklı yüklerle karşı mekanik tepkilerinin belirlenmesi gerekmektedir [6].

Kutu konstrüksiyonlu sistemlerde birleştirmelerin test edilmesi aşamasında, genellikle levhalar “L” ve “T” tipi olarak birleştirilir. Bağlantı yerleri tablanın eksenleri doğrultusunda; eğilme ve çekme, yüklerinin etkisi altında kalırken, tabla köşegenleri burulma direncinin etkisindedir. Kutu konstrüksiyon sistemler kullanılırken işte bu bahsedilen dış kuvvetlerin olası etkilerine dayanım göstermelidir. Uygun mobilyayı tasarlamak için mobilya birleştirmelerindeki bağlayıcıların ihtiyaç duyulan mukavemet ve dayanıklılığı karşılayabilmesi, yaklaşık değerlerini önceden tahmin etmeyi gerektirir [5].

Günümüz evlerinde, yer ve duvara monte edilen saklama dolapları ile mutfaklarda banyolarda, ofis vb. mekânlarda panel mobilyalar depolama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Üretilen Mobilya modülleri farklı amaçlarla kullanıldıkları için; kullanım esnasında farklı nitelikte ve büyüklükte yüklerle maruz kalmakta ve buna bağlı olarak değişkenlik göstermektedirler. Bu modüller, bazen hafif yüklerin etkisi altında kalırken, zaman zaman da ağır yüklerin etkisi altında kalabilirler. İşte mobilyaların bu değişken yükler altındaki kararlılığı ve dayanımı; modül elemanlarının birleştirme tekniklerine, üretildikleri malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Kutu tipi mobilya üretiminde sistemin direnci üzerinde tablaların rijitliği belirleyici olurken, çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda belirleyici olan durum çubukların eğilme direncidir [7].

İki mobilya elemanını silindir şeklindeki ahşap çubuklarla ve tutkal yardımıyla birbirine bağlamak için kullanılan gereçler kavela olarak adlandırılır Kavela, ayrıca “L” “T” ve “H” tipi birleştirmelerde kullanılacak ana bağlantı elemanları için kılavuzluk görevi de yapar [5].

Kavelalı birleştirme tekniği yoğun olarak çerçeve ve kutu konstrüksiyon mobilya elemanlarının birbirine bağlantısında kullanılır. İster seri, isterse atölye tipi üretim gerçekleştirilen işletmeler için kavelalı birleştirmeler uygun, aynı zamanda süregelen bir tekniktir. Çünkü maliyeti düşük, basit bir delme işlemi ile birleştirmeler oluşturulmaktadır.

1.5.3 Mobilya üretiminde ortaya çıkan atıklar

Mobilyaların istenilen ürüne uygun olarak üretilmesi, hazır alınan plakaların ya da kerestelerin kesilerek şekil verilmesiyle oluşur. Üretim sırasında talaş, yonga, kıymık, ağaç ve kaplamalar atıkların çoğunluğunu oluşturmaktadır [8].

Atıkların geri dönüşümü konusunda dünyada ve Türkiye'de artan bir bilinç ve atıkların tamamen dönüşümünü sağlama konusunda da teknoloji geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Sınırlı olan doğal kaynakların iyi bir şekilde değerlendirilmesi atık olarak çıkan malzemelerin tekrar değerlendirilmesi ve yeni ürünler oluşturularak ekonomiye kazandırılması önemli bir rol oynamaktadır [9].

1.6 Kompozit Malzemeler

İki farklı malzemenin makro boyutlarda birleşmesiyle yeni oluşan malzeme kompozit malzeme olarak adlandırılır. Birbiri içerisinde çözünemeyen, tek başına kullanımları uygun olmayan malzemeleri, kullanım alanlarına uygun hale getirmek kompozitin üretim amacıdır ve materyale yeni nitelikler katmaktır. (Hafiflik, dayanım, esneklik, maliyet, vb.) [10].

Kompozit malzemeler iki ana bileşenden oluşmaktadır. Ana materyal (Polimerik malzeme, metal ve alaşımları, seramik esaslı materyallerden ve takviye malzeme olarak cam elyafı, lifler v.b. materyallerden oluşmaktadır. Kompozitler dayanımlarını kendisini oluşturan malzemelerden alırlar. Tokluk ve süneklik özelliğini ise matris malzemelerden kazanırlar. Matris malzemenin görevi malzemeleri bir arada tutmaktır. Kompozit malzemenin kullanım alanı göstermiş olduğu mukavemet ve hafiflik özelliğinden dolayı oldukça geniştir.

1.6.1 Odun plastik kompozitler

Odunsu ve yıllık bitkilerden elde edilen lif ya da unların polimerle bir araya getirilerek oluşturulan ve kendini oluşturan malzemelerden daha üstün özellikler gösteren kompozitlere odun plastik kompozitler (OPK) denilmektedir. Son yıllarda odun plastik kompozitlerin diğer kompozitler arasında belirli bir pazar payı edinmeye başlamıştır. Öğütülmüş plastik ve ahşap atıkların belli oranlar ve sıcaklıkta birleştirilmesi sonucu elde edilen odun plastik kompoziti (OPK), plastiğe alternatif olarak endüstride yerini almaya başlamıştır [11].

İki ve ikiden fazla sayıda farklı veya aynı özellikteki malzemenin, bir araya getirilerek üstün niteliklerini ortaya çıkarmak veya yeni bir nitelik ortaya koymak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesiyle oluşan malzemelere kompozit malzemeler denir [12]. Termoplastikler ve odun malzemenin oluşturduğu kompozitler Odun-Plastik Kompozitler olarak tanımlanır. Odun lif ya da un oranını %70 seviyelerine kadar katılabilmektedir [13]. Odun plastik kompozitlerin içeriğinde, odun (akçağaç, çam), odun polimerleri (selüloz, lignin) veya termoplastikler (polipropilen ve polietilen) bulunur [14]. Odun malzemenin yaklaşık olarak 150 °C'nin üzerinde bozunuma uğraması odun plastik kompozit üretiminde kullanılacak plastik malzemenin düşük erime sıcaklığında olmasını gerektirir. Odun plastik kompozit üretiminde selüloz kökenli ürünlerden kenaf, kenevir, keten, buğday samanı ve odun gibi farklı türde materyaller kullanılır. Üretimde kullanılan odun lifi ve unu gibi materyallerin partikül büyüklükleri değişkenlik göstermektedir. Üretimde kullanılan odun lif oranı ve boyutunun odun plastik kompozitlerinin mekanik özellikleri üzerinde önemli etkisi vardır [15]. Odun plastik kompozitlerin özelliklerini kullandıkları odun/lif yapısı, polimerin molekül ağırlığı, katkı maddesi ve uyum sağlayıcı maddeler oluşturur [16]. OPK üretiminde kullanılan lif, odun ve polimer ile bunlardan elde edilen pelletler (Şekil 1.1)'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : OPK üretiminde kullanılan materyaller ile bunlardan elde edilen pelletler [Foto; Ongan, 2019].

Odun plastik kompozitlerin içeriğinde, değişik oranlarda odun unu, polivinil klorür, yüksek yoğunluklu polietilen ve termoplastik polimerler vardır [17]. Bunların dışında, sürtünmeyi azaltmak için kalıp ve eriyik arasında düşük miktarda (%1–5) yağlayıcı maddeler odun plastik kompozit bileşenlerine eklenebilir. Bunlara ek olarak performans artırıcı bileşenler ve çeşitli bağlama ajanları da bazı formülasyonlarda ilave edilebilir [18]. Genelde plastiklerin iki temel tipi vardır bunlar termosetler ve termoplastiklerdir. Termosetler sertleşme, katılaşma esnasında bir iç kimyasal işlemde geçerler. Burada malzeme ısının etkisi ile moleküller birbirine kilitlenir ve sertleşir. Bu işlemde sonra malzemenin yumuşatılmaya çalışılması malzemenin bozulmasına sebebiyet verir. Buna karşın termoplastikler kendi orijinalliklerini bozmaz kolayca eritilirler, soğutulurlar ve tekraradan şekillendirilirler [19]. OPK üretiminde kullanılacak plastik malzemenin miktarı kompozitin fiyatı üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Odun plastik kompozitlerdeki odun malzemeler, çok kısa lifler veya sıkışmış partikül formunda (odun unu) olabilirler. Dolgu malzemesinin odun unu olarak kullanılması, kompozitlerin sertliğini artırırken dayanıklılığını azaltır [20]. Önceki yapılan çalışmalarda odun liflerinin direnç özelliklerinin odun ununa nazaran daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Ancak, işleme ve üretim sırasında beslemede yaşanan sıkıntılardan dolayı odun liflerinin odun plastik kompozit üretiminde kullanımını zaman zaman tercih edilmektedir [21].

OPK üretiminde kullanılan hammaddeler, termoplastik reçineler (yüksek yoğunluklu polietilen, polipropilen polivinil klorür ve polistrien) ve odun unu, odun lifleri diğer doğal lifler gibi dolgu maddeleridir. Odun plastik kompozitlerinin sertlik ve dayanımını arttıran etken dolgu maddesi olarak odun unu ve lifleri ile diğer doğal lifler kullanılmasıdır. Bunun dışında polimerler ana bileşen olarak odun plastik kompozitleri dış etkilere karşın (güneş, hava, su) korur ve karşı kuvvete dayanımını artırır [22].

Kompozit üretiminde; ucuz maliyet, düşük yoğunluk, üretim esnasında aşınmanın az olması, yüksek spesifik direnç, doğada kolayca bozunalabilmesi gibi özellikler lignoselülozik esaslı liflerin kullanılmasını cazip hale getirmiştir [23].

Termosetler, stabilizatörler, yağlayıcı maddeler ve % 2–3 oranında plastifiyanlar OPK üretiminde kullanılan katkı maddeleridir. Yağlayıcı maddeler yüzey düzgünlüğünü sağlamakla beraber, ekstruder içinden karışımın kolay geçmesini aynı

zamanda kolay birleşmelerini sağlar. En sık kullanılan yağlayıcı maddeler; polyester OptiPak 100 (OP100), etilen bisstearamine (EBS) ve çinko stearattır (ZnSt). Tek başlarına kullanılabilen bu yağlayıcı maddeler aynı zamanda (EBS) ve (ZnSt)'nin 2/1 oranında karıştırılarak da kullanılabilir [14].

Polimer malzemenin odun lifi ve unu ile karıştırılması, bazen farklı türde katkı maddesinin kullanımını beraberinde getirebilir. Üretimi gerçekleştirilecek kompozitin mekanik özelliklerini arttırmak ve birbiri içerisinde kolay dağılımını sağlamak için uyum sağlayıcı malzemeler de kullanılmaktadır. Birçok uygulamada polimerlerin içindeki odunsu materyalin mekanik özelliklerini geliştirmek için uyum sağlayıcı gerekmez, fakat diğer kimyasal özellikleri, sıcaklık ve UV stabilitesi, için direnç özelliklerini arttırmak gerekebilir. Bu durumda uyumlaştırıcı olarak maleik anhidrid ile muamele edilmiş polipropilen (MAPP) veya maleik anhidrid ile muamele edilmiş polietilen (MAPE) kullanılır. Estetik görünümü sağlama, UV ışınlarına karşı koruma amacıyla renklendiriciler kullanılır. Odun ve termoplastik malzemelerin tutarlı bir şekilde renklendirilebilmesi için, ekstrüzyondan önce her iki malzemeye ayrı ayrı eklenmesi gerekmektedir [24].

Odun plastik kompozitlerin dünya çapında kullanımını 1980 yılından beri artan bir ivme kazanmıştır. Odun plastik kompozit ürünleri özellikle dış mekânlarda yer döşemesi, çit ve parmaklık olarak uygulanmakta, bu durum sanayinin ve akademik alanın odun plastik kompozitlere olan ilgisini arttırmaktadır.

1.6.1.1 Tarihi

Polimer malzemelerin içerisinde lignoselülozik esaslı materyal kullanarak yeni malzemeler elde edilmesi ve yeni malzemenin maliyetinin düşük olması, mekanik niteliklerini arttırmaya yönelik yapılan çalışmalar, yayınlanan makale, bildiler incelendiğinde 1960-1970 yılına kadar uzanan patentlerin bulunduğunu göstermektedir. 1990 yılında plastik maliyetlerindeki artış ve yenilenebilir malzemelerin üretilmesi gereğini ortaya koymuştur [24].

İlk odun plastik kompozit odun unu ve fenoliklerin karıştırılmasıyla 1907 yılında Leo Beakeland tarafından üretilmiştir. Ticari olarak 1916 yılında Rolls Royce marka araçlarda vites kolu olarak kullanılmıştır. İtalya'da 1920'li yıllarda polipropilen ile odun unu ekstrüzyon yöntemiyle şekillendirilerek ilk odun-termoplastik kompozit otomobil iç paneli üretilmiştir. 1983 yılına gelindiğinde ABD'de benzer amaçlarla

odun plastik kompozitler kullanıldığı görülmektedir [16]. 1997-2005 yılları arasında OPK pazarında ciddi bir artış gözlemlenmektedir. 1997 yılında %2 olan pazar payı 2005 yılında %18'e çıkmıştır. Günümüzde dünyanın birçok yerinde bu ürünlerin birçok üreticisi vardır [25].

1.6.1.2 Odun – plastik kompozitlerde üretim prosesi

Kalitesi yüksek bir odun plastik kompozit malzeme elde etmek için erime sıcaklığı, materyallerin kendi arasında uyumlu bir birliktelik kurmasının yanısıra hammadde seçimininde de çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Kompozit malzemelerin üretiminde ahşap tozu ya dolgu malzemesi ya da nihai üründe mekanik özelliklerde güçlendirici özellikler meydana getirirler. Kompozit üretiminde polimerin kullanım miktarlarını azaltmak ahşap materyalin ahşap plastik kompozit malzeme üretiminde kullanılmasının sebeplerinden bir diğeridir. Odun plastik kompozit malzeme üretiminde kullanılan ağaç malzeme, ahşap tozu ve ağaç lifleri şeklinde iki şekilde kullanım alanı bulmaktadır [24].

Odun plastik kompozitlerin üretimsel proseslerinde kullanm alanı bulan diğer ana malzeme ise polimer matrisleridir. Plastiklerin ısıyla tepkimelerine bağlı olarak iki şekilde literatürde yer bulmaktadırlar. Bunlar termosetler ve termoplastiklerdir. OPK malzemelerin üretiminde en yoğun kullanılan polimer polietilendir [26].

Polimerler morfolojik yapılarına göre iki şekilde adlandırılırlar. Bunlar, amorf yapıya sahip polimerler ve kristal yapıya sahip polimerlerdir. Kristal termoplastikler yüksek erime sıcaklığına sahipken, amorf termoplastikler ise yalnızca yumuşatılabilirler. Fakat belirli bir seviyede erime noktasına sahip plastik malzemeler gibi davranış gösterirler. Plastik malzemelerin hepsi odun plastik kompozit malzeme üretimde kullanılamazlar. Kullanılabilecek plastik malzemeler şunlardır; polivinil klorür, polipropilen, polistrien, yüksek yoğunluklu polietilen, alçak yoğunluklu polietilendir. Yukarıda bahsi geçen tüm bu plastik malzemelerin erime veya termal bozunma şekli odunun termal bozunma sıcaklığından (210 °C) daha düşüktür [27].

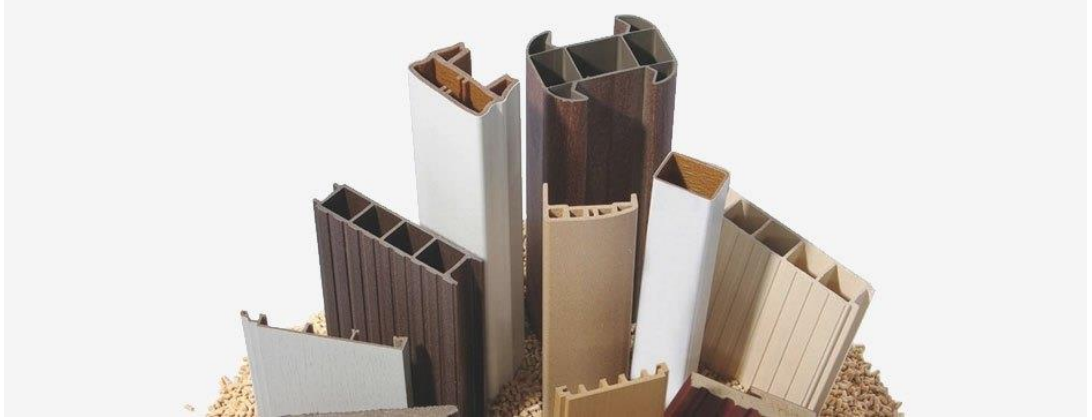
Odun plastik kompozit üretiminde geri dönüşümle kazanılmış termoplastikler kullanılabilirdiği gibi odun atığı ve ilave katkıları kullanılabilir. Odun plastik kompozit yapısında %30-%60 odun unu ile %70-%40 plastik bulundurulur. Üretimde kullanım alanına göre, stabilizatörler, yağlamayı sağlayıcı maddeler, renklendiriciler, köpük, bazı katkıları, güçlendiriciler ve bağlayıcıları da kullanılır [28]. ABS (Akrilonitril-

bütadien-stiren) ve polistiren gibi diğer polimerler de odun plastik kompozit üretiminde kullanılmaktadır. Üretim metodları odun plastik kompozitlerin iklim ve hava koşullarından etkilenmesine neden olur. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılacak odun lifi veya unu % 0,5–1 aralığında nem oranında olmalıdır.

Bu nedenle işlem den önce bu nem derecesine kadar kurutulmalıdır. Odun plastik kompozit üretiminde sıklıkla profil ekstrüde metodu kullanılmaktadır. Bu yöntemde karışım bir varilde dönel vidaların yardımıyla karıştırılır. Karışım ekstrüzyon makinasının ucundaki kalıptan geçerek şekil alır. Odun plastik kompozitlerin darbelere karşı dayanıksız olması ve yoğunluğunun yüksek olması sebebiyle kereste ve bazı plastıklere göre yapısal uygulamalar için kullanımı sınırlıdır. Sıkıştırarak kalıplama metodu malzeme, ağırlıklı ekstrüde işleme ve işçilik isteyen üretimler açısından en hızlı üretime olanak sağlayan methodur. Sıkıştırma kalıplama yönteminde odun unları ve lif yönü rastgele yönelimli iken ekstrüde yöntemle üretimde odun unları ve lifler beslemenin yapıldığı yöndedir [12].

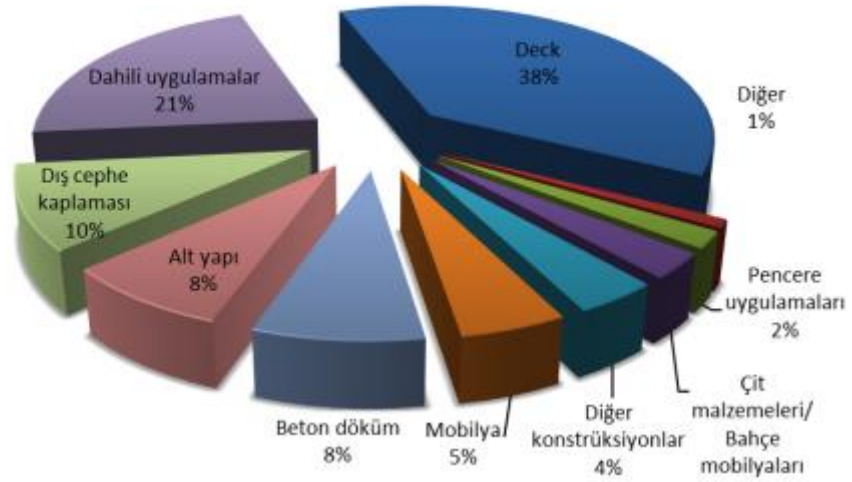
1.6.1.3 Kullanım alanları

OPK'ların kullanım alanları diğer malzemelere göre daha geliştirilmiş direnç özelliklerine sahiptir. OPK'ların kullanım yerleri kullanılan malzemelerin oranına, birbirleriyle olan uyumuna, tasarımına ve kullanılacağı yere göre değişiklik gösterir. 1990'lardan beri odun plastik kompozitler sürekli olarak farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. OPK'lar için en büyük pazar Kuzey Amerika ve Asya'dır. Son zamanlarda doğal lif ve odun plastik kompozit kullanımında Avrupa'da da artış olmuştur. Günümüzde odun plastik kompozitlerin temel kullanım alanları spor aletleri ve çiçek saksıları yapımı, bina ve zemin kaplaması, merdiven korkulukları, balkonlar, kapı ve pencere pervazları gibi dış mekan uygulamalarıdır. Ayrıca inşaatlarda emprenye edilmiş ağaç malzemeye alternatif olarak da kullanılmaktadır. OPK'ların bir diğer kullanım alanları otomotivlerin iç panelleri, yer parkeleri ve dış mekan mobilyadır [21]. Odun plastik kompozit ürünlere örnek Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 : Odun plastik kompozit ürünler [29].

Odun unu veya liflerinden oluşan odun plastik kompozitlerin rutubete karşı dirençleri, sertlik, boyutsal ve ısısal stabilitesi, sünme direnci gibi birçok avantajları kullanım alanlarını arttırmaktadır [30]. 2004 yılı Avrupa ülkelerinde OPK ürünlerinin piyasadaki dağılım yüzdeleri Şekil 1.3'te verilmiştir.



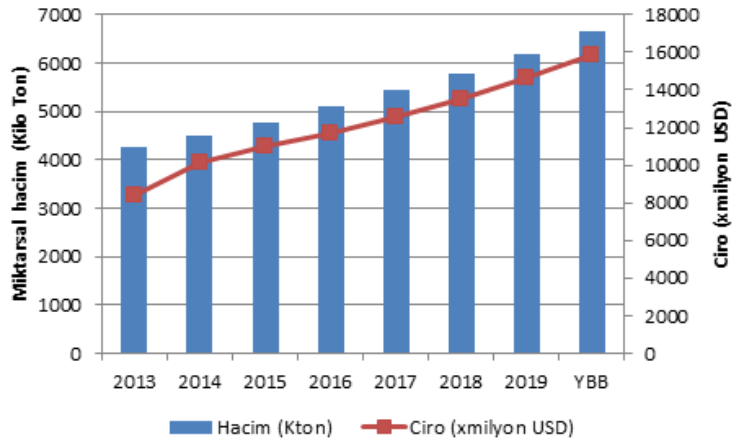
Şekil 1.3 : 2004 yılı Avrupa ülkelerinde OPK ürünlerinin piyasadaki dağılım yüzdeleri [31].

1.6.1.4 Pazarı

Farklı uygulamalarla karşımıza çıkan OPK'ların kullanımını 1990'lardan bu yana sürekli büyüyen bir pazara sahip olmuştur. OPK'lar için en önemli pazarlar Asya, Avrupa ve Amerikadır [21]. Yapılan çalışmalar sonucunda OPK pazarının daha çok kereste sektörü ürünlerine alternatif olarak bir rağbet gördüğüdür. Çatı, yüzey

kaplama ve yer döşemesinde kullanıldığı gibi, yerine göre vinil, beton ve alüminyum gibi malzemelere alternatif olduğu da bir gerçektir [32]. Son on yılda giderek artan bir pazara sahip olan OPK'lar inşaat sektöründe de adından sıkça bahsedileceği düşünülmektedir [33].

Keresteye alternatif olarak OPK'ler orman ürünleri sektöründe büyüyen bir konumdadır. OPK'ler normal masif keresteye nazaran birçok avantaja sahip olmakla birlikte inşaat sektöründeki pazar payıda her geçen gün arttırmaktadır [28].



Şekil 1.4 : 2013- 2019 yılları arası hacim/ciro grafiği [36].

OPK'ların yer döşeme sektörüne girmesi ile 2009 yılı itibarı ile pazardaki payı %25 civarında olduğu tahmin edilmektedir [34]. Bu büyüme dış mekan uygulamalarında yeni odun plastik kompozit ürünlerin oluşmasına neden olmuştur [35]. Yer döşeme piyasasında CCA ile üst yüzey işlemi uygulanmış kerestenin yerine OPK'lerin alması Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Pazar payında büyümesine yol açmıştır [26]. 2010 yılı itibarı ile odun plastik kompozit, plastik kereste, doğal elyaf kompozit uygulamalarında pazar payı 2,3 milyon metrik ton olmuştur. 2013 – 2019 yılları arasındaki dünya kompozit pazarındaki hacim/ciro grafiğini Şekil 1.4'te gösterilmiştir.

1.6.1.5 Avantaj ve dezavantajları

Odun plastik kompozitlerin kullanım alanları orman ürünleri sektöründe hızla gelişmiş ve birçok alanda kullanılmaya başlamıştır. Odun plastik kompozitlerin sektör kullanım alanlarına baktığımızda; dış mekan olarak inşaat işlerinde kapı,

pencere, havalandırma, çatı ve merdiven, bina içerisinde dekoratif profiller ve raf, yer kaplamaları, trabzan, table, otomotiv kapıları ve iç panelleri, karoseri, bardak tutamakları, çit, park-bahçe mobilyası, kamelyaların kolonlarında, yürüyüş parkurlarına çit olarak, çocuk parklarının oluşturulmasında, bank, endüstriyel olarak ambalajlama, palet yapımı, iskele merdivenleri ve uyarı levhalarında kullanıldıkları görülmektedir.

Odun plastik kompozitlerin üretiminde dolgu maddesi olarak odunun dışında farklı odunsu materyallerin de kullanılıyor olması, odun plastik kompozitlerin dayanım ve direnç özelliklerini iyileştirmekte, bu da araştırmacıların dikkatini çekmektedir [37].

Odun plastik kompozitlerin başlıca avantajları: Rutubete karşı direnç gösterirler. Boyutsal stabiliteleri çok yüksektir ve bu nedenle çok çalışmazlar. Atıklardan üretilmesinden dolayı çevreye duyarlıdır. İstenilen boyutta üretilir. Bakımı daha kolaydır. Mantar ve böceklere karşı dirençlidir. Odun plastik kompozitlerin başlıca dezavantajları şunlardır: Üretim kapasiteleri düşüktür. Üretimi esnasındaki enerji giderleri yüksektir. Odunsu materyallere göre yoğunlukları yüksektir [38-40].

1.6.2 Kullanılan hammaddeler

OPK'ların üretiminde plastik ve lignoselülozik liflerin yanı sıra düşük miktarlarda uyum sağlayıcı maddeler, ışık stabilizatörleri, pigmentler, yağlayıcı maddeler, mantarlara karşı koruyucu maddeler ve köpüklendirme ajanları vb. kullanılmaktadır [17].

1.6.2.1 Polietilen

Polietilen, en güçlü kimyasallara karşı çok direnç gösteren bir plastiktir. Polietilen, düşük yoğunluklu olabileceği gibi yüksek yoğunluklu da olabilir [41].

1.6.2.1.1 Polietilenin tarihçesi

Polietilen, tüm dünyada en yaygın kullanılan polimerdir. Yıllık olarak toplamda 90 milyon metrik ton üzerinde bir üretim gerçekleştirilmektedir. 1933 yılında kazara keşfedilen polietilen, sonrasında modern yaşantının vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Ticari olarak serbest radikallerle polimerleştirilen ilk ürün düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) olmuştur. İyileştirilebilen polimer performansı nedeniyle oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. En çok enerji hatlarının

iletiminde, gıda paketlerinin ambalajlarında, elektronik eşyaların yapımında, ev eşyaları üretiminde, endüstriyel depoların oluşturulmasında kullanılmaktadır [41].

1.6.2.1.2 Polietilenin özellikleri

Polietilen kolayca şekil verilebilir ve kalıplanabilir olmasından dolayı ekstrüzyon işlemi uygulanabilir ve kullanılan kalıplarda farklı farklı şekillendirilebilir. Ucuz olması nedeniyle genellikle yapı sektöründe kullanılır. Yağmur oluğu gibi yerlerde kullanılmaya uygundur. Polietilen, boyut kararlılığı olan bir malzemedir. Suyu çok az emer, sert, sağlam ve dayanıklıdır. Gaz geçirgenliği yoktur, bazı kimyasallara karşı oldukça iyi direnç gösterir; bunlar asit, petrol ve gres gibi olanlardır. Şeffaf ve renksiz olabilirler, kalın olan kısımlarında opaklık ve beyazımsılık hakimdir [41].

1.6.2.1.3 Polietilen uygulamaları

Polietilen, yaygın olarak plastik şişelerde, kaplarda, mutfak eşyalarında, aynı zamanda ambalaj ince film ve plakalarında kullanılabilen polimerleşen bir tür etilen reçinesidir [41].

1.6.2.1.4 Polietilenin üretim süreci

Polietilen, ham petrolün katalitik ayırmayla benzine dönüştürülmesi ya da doğal gazın yapısında değişiklik yapılarak elde edilir. Yüksek saflığa sahip olan polietilen, rafineriden doğrudan alınarak, borular vasıtasıyla farklı bir polimerleştirme işlemi için tesise gönderilir. Tesiste sıcaklık, basınç ve katalizör doğru olarak uygulamasıyla, etilendeki monomer çift bağı açılır ve monomerler birbirleri ile birleşerek uzun zincirleri oluşturur.

Polietilenin üretimi "yüksek basınçlı" veya "düşük basınçlı" olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilir. "Yüksek basınçlı" işlem ile düşük yoğunluğa sahip polietilen (LDPE), "düşük basınçlı" proses ile yüksek yoğunluğa sahip (HDPE) elde edilir [41].

1.6.2.1.5 Polietilenin geri dönüşümü

Atık plastiğin yeniden değerlendirmeye alınması öğütülme işleminden sonra kullanılabilir reçine üretilerek geri dönüşümlü polietilen oluşturulur. İşlem görmemiş polietilen ile karıştırılarak ekstrüzyon işleminden sonra film elde edilir ve dönüştürme sürecine sokularak torba, tübaj üretimi içinde kullanılabilir. İki çeşit geri

dönüştürülebilen polietilen vardır. Kullanım sonrası geri dönüştürülmüş polietilen, üretim sonrası geri dönüştürülmüş polietilen [41].

1.6.2.2 Polipropilen

Polipropilen (PP) bir termoplastik polimerdir. Ambalaj işlemi, etiketleme, tekstil sektöründe; halat, termal iç giyim çamaşırı üretiminde, kırtasiyede, plastik parçaların yapımında, laboratuvar ekipmanlarında, otomotiv parçaları vb. birçok uygulamalarda kullanılırlar [41].

1.6.2.2.1 Polipropilenin tarihçesi

Propilen ilk defa Alman kimyager Karl Rehn ve Giulio Natta tarafından 1954 yılında polimerleştirme sürecine alınmış Kristal yapısı izotaktik bir plastikşekline getirilmiştir. Bu keşif sayesinde, 1957 yılından günümüze (İPP) izotaktik Propilen'in büyük ölçekli üretimini Motecatini şirketi gerçekleştirmiştir [41].

1.6.2.2.2 Polipropilenin özellikleri

Polipropilenin genel özellikleri; sağlamlık, opaklık, nemli ve yüksek sıcak ortamlarda göstermiş olduğu boyut kararlılığı ve sertliktir [41].

1.6.2.2.3 Polipropilen uygulamaları

Polipropilen (PP) dirençli bir polimerdir. Solvent, baz ve asitlere karşı oldukça dayanıklıdır. Tekstil sektöründen ambalaj sanayine, laboratuvar ekipmanlarından oyuncak ve kırtasiye sektörüne kadar birçok alanda uygulama imkânına sahiptir [41].

1.6.2.2.4 Polipropilenin üretim süreci

Polipropilen eriyiği ekstrüzyon ve kalıplama yoluyla elde edilebilir. En yaygın uygulanan şekillendirme enjeksiyonlu kalıplama tekniğidir. Örnek olarak bardak, viyal, kapak, ev eşyaları ve akü gibi otomobil parçaları üretimi için kullanılırlar.

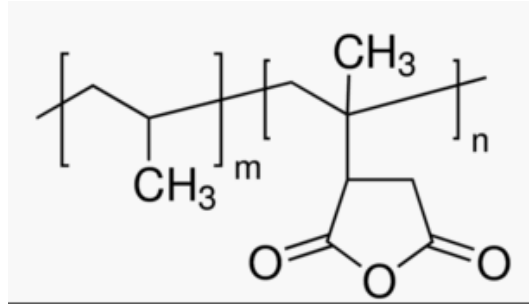
Spesifik moleküler özellikler ve üretimi esnasında kullanılan katkı maddeleriyle polipropilen çok sayıda uygulamada kullanılabilir. Örneğin anti statik katkılar eklenen polipropilen yüzeyler toz ve kire daha dayanıklıdır [41].

1.6.2.3 Maleik anhidrit

Maleik anhidrit beyaz renkli, keskin kokulu nem çekme özelliği olan bir monomerdur. Kaynama noktası 202 °C, erime noktası 52,8°C, molekül ağırlığı 98,06 g/mol'dür. Organik çözücülerden aseton, kloroform, benzen gibi çözücülerle ile çözülebilmektedir. Kopolimerizasyon sistemlerinde tercih edilen monomerlerdir. Üretim en çok ABD'de gerçekleştirilmektedir. Maleik anhidrit ve türevleri reçine üretimi için kullanılmaktadır [42]. Maleik anhidrit, aynı zamanda yüzey kaplama işlemlerinde, yapıştırıcı olarak, tarımda kullanılan kimyasallar için önemli bir monomerdur [43].

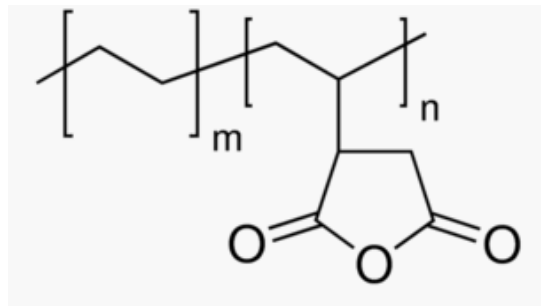
1.6.2.3.1 MAPP ve MAPE uyum sağlayıcılar

Yaygın olarak kullanılan uyum sağlayıcılar, (MAPP) Maleik anhidrit ile muamale edilmiş polipropilenin organik bağ yapısı Şekil 1.5'te gösterilmiştir



Şekil 1.5 : (MAPP) Maleik Anhidrit organik bağ yapısı [44].

Diğer uyum sağlayıcı (MAPE) Maleik anhidrit ile muamele edilmiş Polietilenin organik bağ yapısı Şekil 1.6'da gösterilmiştir.



Şekil 1.6 : (MAPE) Maleik Anhidrit organik bağ yapısı [45].

MAPP veya MAPE'nin içeriğinde bulunan maleik anhidrit asit, baz etkileşiminde olduğu gibi polar karşılıklı bir etki sağlar. Kovalent bağ ile dolgu maddeleri üzerindeki hidroksil gruplarına bağlanabilir [46].

MAPP ve MAPE lignoselülozik-polipropilen ve polietilen sistemleri için verimli aynı zamanda ideal bir uyumlaştırıcı maddedir. Bu çalışmada, uyum sağlayıcı MAPP ve MAPE'ye ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 1.1'de verilmiştir.

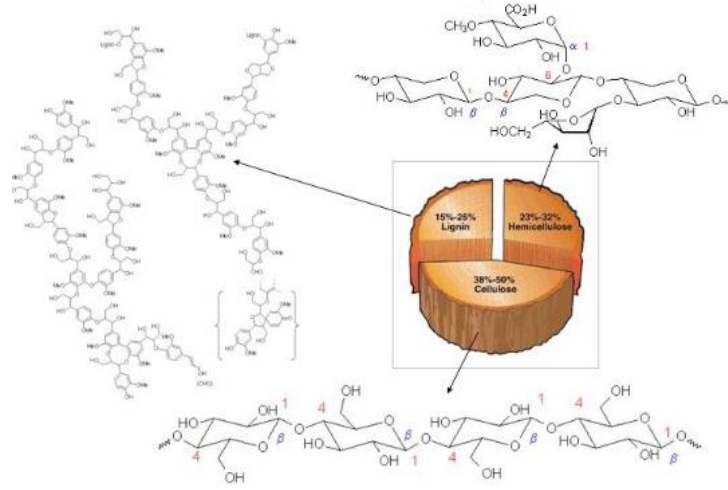
Tablo 1.1 : Uyum sağlayıcıların özellikleri [47].

No	Özellikleri	Bondyram 4108 (MAPE)	Bondyram 1001(MAPP)
1	Renk	Beyaz	Beyaz
2	Erime Noktası	110-130 °C	150-170 °C
3	Koku	Hafif	Hafif
4	20°C'de Yoğunluk	0,85-0,95 g/cm ³	0,85-1 g/cm ³
5	Termal Bozunma	270 °C	270 °C

1.7 Odun Unu ve Lifi

Plastik endüstrisinde kullanılan üretim sıcaklıkları, biyo-kütle materyallerin dekompozisyon sıcaklığından yüksektir. Plastik endüstrisinde cam lifi, kalsiyum karbonat veya talk gibi dolgu maddeleri kullanılmakta olup verimi artırmak için uygulanan üretim sıcaklığı çok yüksek değerlerde olabilmektedir. 180°C'nin üzerindeki üretim sıcaklığı, ahşap materyalde dekompozisyona neden olmaktadır. Bu sebeple ahşap materyalin dolgu olarak kullanılması halinde üretim sıcaklığı 180°C den daha düşük olmalıdır. Yüksek erime akış indeksi ve düşük yumuşama sıcaklığına sahip olmasından dolayı genellikle termoplastikler kullanılır.

Odun plastik kompozitlerin üretiminde lif özelliklerini kaybetmeksizin ahşap materyallerin kullanımı oldukça önemlidir. Uzun liflerin termoplastik içinde düzenli dağılımını sağlamak amacıyla yapılan karıştırma işleminde liflerin zarar görmemesi için yeni teknolojilere gerek duyulmaktadır. Günümüzde birçok uygulamada liften daha çok biyo-kütle toz materyal kullanılmaktadır [26]. Ahşabı oluşturan bileşenlerin (selüloz, lignin ve hemiselüloz) kimyasal yapıları Şekil 1.7'de gösterildiği gibi üç ana grupta incelenir.



Şekil 1.7 : Ahşabı meydana getiren bileşenlerin kimyasal yapıları [48].

Selüloz; oduna esneklik ve eğilme kabiliyeti veren, güneş ışığı etkisi ile rengini değiştirmeyen, beyaz renkte bir maddedir. Kâğıt üretiminin temel bileşeni olan selülozun odun içindeki oranı kuru odun ağırlığının %40-50'si kadardır. Lignin; selüloz yapısının miselleri arasında bulunur. Selülozun aksine esneklik kabiliyeti olmayan lignin bu özelliğinden dolayı oduna sertlik kazandırır. Odunun yapısındaki lignin miktarı % 15-25 oranındadır. Hemiselüloz; kimyasal yapısı itibariyle bir polisakkarittir. Hidrolize edildiklerinde şekere dönüşen hemiselülozların odun içindeki oranı % 20-35 kadardır [48].

Odun plastik kompozitlerin üretiminde %10-70 oranında ahşap dolgu maddesi veya güçlendiriciler kullanılmaktadır. Odun unu odun plastik kompozitlerin üretiminde kullanılan en yaygın dolgu maddesidir. Odun unu yonga ve testere talaşı (30-80 mesh), planya talaşı gibi işlenmiş materyallerin öğütülmesi sonucu elde edilmektedir. Odun ununa göre odun lifi zor işlenmesine rağmen daha üstün kompozit özelliği verir. Bu özelliğinden dolayı dolgu maddesi görevinden daha çok güçlendirici olarak görev yapar. Odun lifi ham odundan elde edilebildiği gibi, paletler, tahrip olmuş ahşap, bina konstrüksiyon atıkları ve eski gazete kâğıtları gibi geri dönüşüm kaynaklarından da elde edilebilir. Ham veya atık iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunları, yıllık bitkilerin çeşitli kısımları ve atık kâğıtlardan elde edilen lifler odun plastik kompozitlerin üretiminde kullanılabilir [17].

1.8 Lignoselülozik Esaslı Hammadde Kaynakları

Lignoselülozik esaslı bitkiler yapılarında bol miktarda selülozik lif bulundurlar. Tarımsal lifler yapıları, özellikleri ve bileşimi bakımından kompozit, tekstil ve kâğıt

üretim alanları açısından oldukça uygun materyallerdir [49]. Odun plastik kompozitlerin üretiminde yıllık bitki liflerinin kullanımı doğal orman kaynaklarının azalması, sentetik malzemelerin kullanımındaki düzenlemeler ve artan çevresel baskılar nedeniyle artmaktadır.

Odunsu ve otsu bitkisel materyalden elde edilen lifsel hammadde kaynaklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi olumlu sonuçlar vermesine rağmen bazı ekonomik ve teknolojik sorunlar kullanımını sınırlamaktadır. Bu sorunların en önemlisi düşük işleme sıcaklığından dolayı kullanılacak plastik türünün sınırlı olmasıdır. Bir diğer önemli sorun ise kompozitin performansını ve boyutsal stabilitesini etkileyen doğal liflerin yüksek nem absorpsiyonudur [50].

Yıllık yetişen lignoselülozik liflerin plastikte dolgu malzemesi ya da güçlendirici olarak kullanımının avantajları ise düşük yoğunluk, aşındırıcı olmama, yüksek dolgu malzemesi imkanıyla, yüksek sertlik özellikleri ve hayli sert liflerle işlem sırasında lif aşınmasının azalmasıdır. Bunların yanında bazı çevresel ve sosyo-ekonomik avantajlar da vardır. Yıllık yetişen tarımsal liflerin kullanımı, tipik ahşap esaslı dolgu maddeleri ile kıyaslandığında önemli üstün özellikler göstermektedir [51].

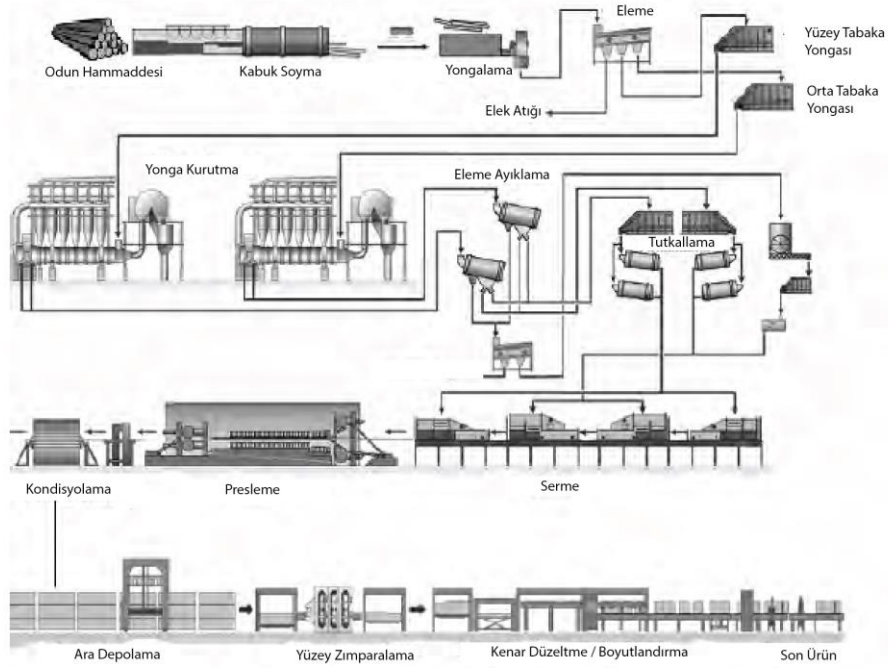
1.8.1 Levha ürünleri

Ülkemizde 28 adet yonga levha ve 18 adet lif levha tesisi bulunduğu liflevha sanayicileri derneği tarafından açıklanmıştır. Kompozit panel ürünlerinin yıllık üretim miktarı 10,99 milyon m³'tür. Toplamın 6,07 milyon m³ 'ü yonga levha iken 4,92 milyon m³'ü ise lif levha ürünleridir [52]. Yine ülkemizde yılda 420 milyon m² (MDF) orta yoğunluklu lif levhaların yüzeyleri melamin emdirilmiş kağıtlarla kaplanmakla birlikte, bunun sonucunda yaklaşık olarak yılda 2,5 milyon m² kağıt atığı ortaya çıkmaktadır [53].

1.8.1.1 Yonga levha

Hammadde olarak odun ya da odunlaşma özelliğine sahip lignoselülozik bitkisellerden elde edilen yongaların bir tutkal ilavesi ile ya da tutkalsız olarak yüksek sıcaklık ve aynı zamanda basınç altında yapıştırılarak biçimlendirilme işlemi ile oluşan yüzeyleri geniş levhalara verilen addır [54]. Yonga levhaların orta yoğunluklu yonga olarak belirlenmesi, yoğunluklarının 800 kg/m³ ile 640 kg/m³ arasında olmalarından kaynaklanır [55]. Üretilen levhalar, her tür mobilyanın üretiminde, tavanlarda panel olarak, kapı üretiminde, döşeme olarak, mekanların

donatı işlemlerinde, evlerin inşaat sürecinde, merdiven basamak uygulamalarında, ilan panolarında ve daha bir çok alanda gerçekleştirilen uygulamalarda kullanılmaktadır [56]. Yonga levhanın üretim prosesi Şekil 1.8’de gösterilmiştir.



Şekil 1.8 : Yonga levha üretim aşamaları [57].

Prosesi Şekil 1.8’de gösterilen yonga levha üretimi genel olarak; hammaddenin tesise gelmesi ile başlar. Kabuklar soyulduktan sonra, yongalama işlemi yapılır, yongalar elenir ve yıkanır, rafine işleminden sonra, tutkal ile birlikte katkı maddelerinin eklenir, ardından kurutmaya alınarak, taslak oluşturulur, ön presleme işlemine alınan yongalar, ardından sıcak preslemede şekillendirilmeye başlanır, bu işlemin ardından soğutulularak, istiflemeye gönderilir. Son olarak zımparalanan levhalar, ölçülendirildikten sonra paketlenerek kullanıma hazır hale getirilir [58]. Yalın bir yonga levha üretiminin süreci yongaların temini hazırlanması ile başlar. Lignoselülozik bitkisel hammaddeler uygun boyutlarda parçacıklar haline çekiçli değirmenlerde getirilir [59]. Dış ve orta tabakalarda kullanılan yongaların, fiziksel yapıları farklıdır. Bıçak ile kesilen makinelerde elde edilen ince yongalar dış tabakada, çekiçli değirmenlerde elde edilenler kalın yongalar orta tabakada kullanılır. Liflere paralel kesilerek elde edilen ince yongalar yonga levha üretimi için en uygun olandır [60]. Üretilecek yonga levha yapısının içerisine yapıştırıcı ile birlikte; rutubet ve yangın direncini artıran katkı maddeleri ilave edilir. Flor ve pentaklorfenol tuzları mantar ve

böceklere karşı koruma sağlar. Yonga miktarının %10'u kadar amonyum bileşikleri yangına karşı direnci arttırmak için kullanılır. Yonga levha üretiminde m² içerisine 2 gr tutkal kullanılır. Yapıştırma işlemi için hava girdabı oluşturan ve yüksek basınca sahip enjektörler ve tutkallama silindirleri ile vantilatörler kullanılır [61].

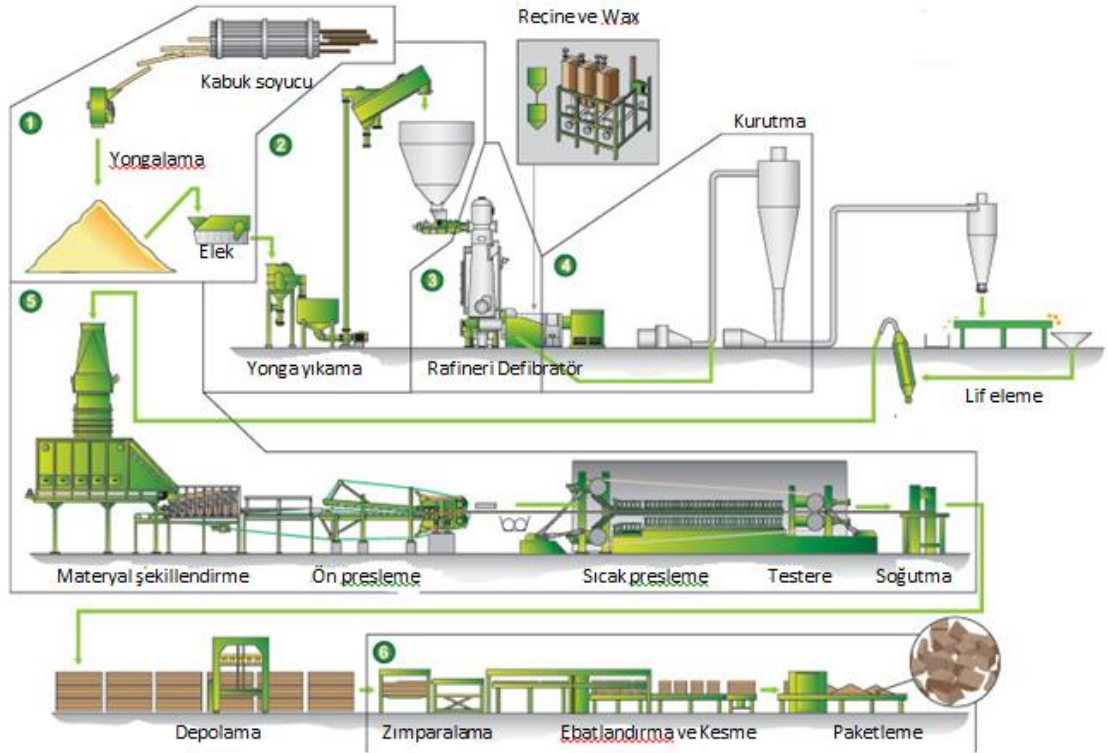
Reçine olarak endüstrisinde, en çok üre formaldehit kullanılmaktadır. Amonyum sülfat ve amonyum klorür üre-formaldehit tutkalının içine sertleştirici olarak ilave edilir. Tutkala ilave edilen amonyum çözeltisi pH değerini yükseltirken sertleşmenin gecikmesine neden olmaktadır [62].

Hacme ve ağırlığa bağlı olarak, kuru ağırlık %4 ila 10'u arasında üre formaldehit ya da başka tutkallar kullanılır. Orta kısımdaki tutkal yüz kısmında kullanılana göre daha yüksektir [63]. İnce yongaların nem dereceleri % 30 ile %120 arasındadır. Bunun % 3-5 oranına kadar düşürülmesi gerekmektedir. Teknik açıdan dış tabaka daha nemli, orta tabaka ise kuru olarak preslenmeye alınır. Kuruyan talaşlar, elekten geçirilir homojen bir yapı oluşturulur. Elekler, talaş grubuna göre şekillenir. Elek üzerindeki yongalar yatay ve düşey olarak hareket ederler [58]. Levha taslağında en çok kullanılan yöntemler; dökme, serpmeye ve savurmadır. Yongalar levha taslağına üst yüzeylerde ince, orta tabakada kalın yongalar olacak şekilde serilir. Elde edilen taslaklar önce ön presten ardından sıcak presleme işleminden geçirilir. Levhaların preslenmesi sonrasında boyutlandırılır [64]. Tutkallama makinelerinden çıkan yongaların homojenleştirme depolarında iyice karıştırılması gerekir. Yonga levha üretiminin en önemli aşaması tutkallama işleminde, yongaların tek düzen bir şekilde serilmesi ve presleme işlemine alınmasıdır. Serme işleminde; yukarıda bahsedilen yöntemler ile yapılır. Levha taslağı, oluşturulması için sarsıntısız olarak gerçekleştirilir. Tutkallanmış yongalar ile gevşek bir keçe oluşturulur. Endüstride iki ayrı presleme uygulanmaktadır; bunlar soğuk ve sıcak preslemedir. Soğuk prese ön preste denilmektedir ve basıncı 15 kg/m² kadar ulaşmaktadır. Taslak, asıl levha özelliğini sıcak presde kazanır [61].

Levha kalınlığı, presin basıncına ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir [65]. Presten çıkan levhaların, dış yüzey nemi %5, iç kısımlarda %12 civarındadır. Dinlendirme sonunda, dış yüzeylerin nemi %7, iç kısımların nemi %10'a ulaşır. Yonga levha ölçüleri DIN ve TSE' ye göre normlaştırılmıştır. Presten çıkan levhalar kalibre zımparalarla düzgünleştirilir ve hatalar en aza indirilir [61].

1.8.1.2 Lif levha

Lif levhalar; TS EN 622-1 2005 standardına göre ‘‘Ahşap ya da ahşap türevlerinden elde edilen liflerin, doğal yapışma ve keçeleşme özelliğinden faydalanılarak veya yapıştırıcı maddeler ve bazı durumlarda diğer katkı maddeleri katılarak oluşturulan levha taslağının, ısı ve/veya basınç uygulaması sonucu elde edilen malzemedir’’ şeklinde tanımlanmaktadır [66]. Şekil 1.9’da lif levha üretim hattı gösterilmektedir.



Şekil 1.9 : Lif levha üretim prosesi [67].

Lif levha kullanımı M.Ö VI. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Japonya’da küçük evlerin duvarlarında ağır kâğıt tipinde bir çeşit lif levha kullanıldığı tespit edilmiştir. İngiltere’de 1850 yılında birden fazla karton tabakanın yapıştırılması sonucu elde edilen levhalar inşaat sektöründe kullanılmıştır. Hammadde isteğinin yonga levhadan daha geniş sınırlar içerisinde olması, masif ahşap malzeme gibi işlenebilmesi nedeniyle daha fazla kullanılması, fiziksel ve mekanik özelliklerinin tatmin edici olması 1980’li yıllardan itibaren dünyada orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretiminin hızlı bir şekilde artmasına neden olmuştur [68].

Lif levhalar, kullanım şartlarına veya uygulama amaçlarına, üretim işlemlerine, kalınlığa, yoğunluğa, özelliklerine vb., kriterlere göre TS 3635 EN 316 2005

sınıflandırılmaktadır [69]. Lif levhaların sınıflandırılması Tablo 1.2’de görülmektedir.

Tablo 1.2 : TS 3635 ’e göre liflevhaların sınıflandırılması

<p>Üretim işlemlerine göre</p>	<p>Yaş İşlemlili Lif Levhalar</p> <p>Sert Levhalar (HB, Yoğunluk $\geq 900\text{Kg/m}^3$) Orta Sert Levhalar (MB, $400\text{ Kg/m}^3 \leq \text{Yoğunluk} < 900\text{Kg/m}^3$) Düşük Yoğunluklu Orta Sert Levhalar (MBL, 400 Kg/m^3 ile $< 560\text{ Kg/m}^3$ arası) Yüksek Yoğunluklu Orta Sert Levhalar (MBH, 560 Kg/m^3 ile $< 900\text{ Kg/m}^3$ arası) Yumuşak Levhalar (SB, 230 Kg/m^3 Yoğunluk $< 400\text{Kg/m}^3$)</p> <p>Kuru İşlemlili Lif Levhalar(MDF)</p> <p>HDF: Yoğunluğu $\geq 800\text{Kg/m}^3$ olan MDF HafifMDF: Yoğunluğu $\leq 650\text{ Kg/m}^3$ olan MDF Çok HafifMDF: Yoğunluğu $\leq 550\text{ Kg/m}^3$ olan MDF</p>
<p>İlave özellikler ve Uygulamalara göre</p>	<p>Kullanım şartlarına göre sınıflandırma</p> <p>Kuru şartlar Nemli şartlar Dış şartlar</p> <p>Uygulama amaçlarına göre sınıflandırma</p> <p>Genel amaçlı kullanım Yük taşıyıcı uygulamalar Yükleme süresi kategorilerinin tamamı için Yalnızca ani veya kısa süreli yüklemeleri için</p>

Yaş ve kuru olmak üzere iki farklı şekilde üretilir. Yaş yöntemde taslak sulu ortamda oluşturulur ve bağlayıcı olarak lignin kullanılır. Diğer yöntemde ise elde edilen lifler kurularak taslak oluşturulur ve bağlayıcı olarak sentetik reçineler kullanılır. Kuru yöntemle lif levha üretimi yonga levha üretimi ile benzer özelliktedir [70].

Homojen yapıda olması MDF levhaların kullanım yerinde üstünlük sağlayan önemli özelliğidir. Liflerin inceliği ve pres teknolojisi sayesinde bu yapı olmaktadır. Levhaların özgül ağırlıkları arttıkça mekanik dayanımı da artmaktadır [71]. Bu üstün

teknolojik özellikler sayesinde MDF'nin kullanım hacmi artmaktadır. MDF'ye olan talebin artması hammadde sıkıntısına yol açmakta bu nedenle de alternatif hammadde kaynakların araştırılması önem kazanmaktadır.

Orta yoğunlukta lif levhanın (MDF) üretim miktarları ve kullanım alanları son zamanlarda artan talebinden dolayı genişlemektedir. Orta yoğunluklu lif levha'nın kullanım alanları; kapı ve profil üretimi, kapıların pervaz ve kanatları, bina iç dekorasyonunda, prefabrik olarak ev yapımı, mobilya endüstrisinde, döşeme olarak tavan ve taban uygulamalarında, kapı yüzlerinde, ara bölme olarak ve dış cephelerin kaplamasıdır [72]. MDF'nin yonga levha ve masif ahşap malzemeye göre daha çok tercih edilmesinin nedeni; yüzeylerinin birçok kaplama malzemesi ile kaplanabilirliği, boyut ve ebat olarak farklı ölçülerde üretilebilmesi, çalışma özellikleri ve homojen özelliğe sahip olmasıdır.

Üre-formaldehit tutkalı, orta yoğunluklu lif levha üretiminde tercih sebebidir. Rutubete dayanıklı kompozit malzemelerin üretimde fenol formaldehit tutkalı kullanılmakta ve banyo, mutfak vb. rutubet içeren ortamlara alternatif olmaktadır. Yüzeyleri koruyucu maddelerle kaplanarak dış ortamlarda da kullanılabilir [73].

Odun esaslı hammaddeler, yapıştırıcılar, su itici, sertleştirici, yanmayı geciktiren, mantar ve böcek zararlılarına karşı direnç, artıran kimyasal maddeler MDF üretiminde kullanılmaktadır.

1.8.2 Levha yüzeyinin kaplanması

Ahşap esaslı kompozit levhaların mobilya endüstrisinde iç mekân malzemesi olarak kullanılabilmesi için, levha yüzeyinin ve kenarlarının kaplanması gerekmektedir. Burada amaç fiziksel ve mekanik olarak levhaların özelliklerini iyileştirmektir. Bunun yanısıra levha yüzeyinde desen ve renk birlikteliği sağlanırken, görüntü olarak dekoratif ve estetik değeri artmaktadır [74]. Sonsuz desen ve renk çeşidine sahip yüzeyi kaplanmış levhalar, nefes aldığımız tüm mekânlarda, banyo ve mutfaklarda, aynı zamanda modüler mobilyaların üretiminde kullanılmaktadır [75].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çeşitli kimyasallar kullanılarak odun plastik kompozit üretiminde karşılaşılan iki veya daha çok malzemenin birbiri ile ilgili olan problemleri ortadan kaldırmak için çalışmalar yapılmıştır [76-83]. 2000 yılına kadar yapılan bu çalışmalarda kırktan fazla uyumsuzluk giderici kullanılmıştır. Bu kimyasalları organik, inorganik ve organik-inorganik olmak üzere üç kategoriye ayırmış ve endüstriyel anlamda en çok kullanılan plastikler için uyumsuzluk gidericiler tespit edilmiştir. Buna göre PVC esaslı odun plastik kompozit üretiminde silanların kullanılmasının uygun olduğu belirtilmiş ancak, poliolefinler için (polietilen ve polipropilen) maleik anhidritlerin tercih edilmesi gerektiği fikri kabul görmüştür. Lignoselülozik materyallerin termoplastik maddelere uyumu sağlayan maddeler Tablo 2.1’de gösterilmektedir [84].

Tablo 2.1 : Lignoselülozik materyallerin termoplastik maddelere uyumu sağlayan maddeler [84].

Organik Maddeler	İnorganik maddeler	Organik ve İnorganik Maddeler
Akrilatlar 2. 3 4. 5. 6 7.	1.Silikatlar	1. Silikanlar
Amitler ve imitler	Sodyum silikat	Vinil (2-metoksietoksi)silan
Anhidritler	(Na ₂ SiO ₃)	(A-172) metakriloksi propiltri metoksi silan (A-174)
Epoksitler		(3,4-Epoksi sikloheksil)etiltrimetoksil silan (A186)
İzosiyanatlar		Glicidoksil propiltrimetoksil silan (A-187) Aminopropiltrimetoksil silan (A1100) 2. Titanlar
Organik asitler		Titanyum di(dioktilpayrofosfat) aksiasetat (KR 138S)
Monomerler		
Polimer ve kopolimerler: Maleik anhidritli polietilen (MAPE) Maleik anhidritli polipropilen (MAPP), Polimetakrilik asit (PMAA), Polistiren/polimetakrilik asit (PSPMAA), Polivinil asetat (PVAC), Fenol formaldehit reçinesi (FFR), Stiren/maleik anhidrit (SMA)		

Farklı çalışmalarda odun plastik kompozit üretiminde MAPE veya MAPP’ın etkisi araştırılmıştır. Bir çalışmada poliolefin esaslı uyumsuzluk gidericileri (polietilen) odun kompozitler içerisinde kullanılmış ve MAPE uyumsuzluk gidericilerin

MAPP'tan daha iyi çekme ve darbe direncine sahip olduğunu tespit edilmiştir [85]. 2003 yılında yapılan çalışmalarda Lai ve diğerleri (2003)[86] ile Wang ve diğerleri (2003) [87] tarafından da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Yang ve diğerleri (2007) yapmış oldukları çalışmada polietilen esaslı odun plastik kompozitlerin üretiminde hem MAPE hem de MAPP' yi kullanmışlar, MAPE ile üretilen kompozitlerin çekme direnci değerlerinin, MAPP ile üretilenden çok daha iyi olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan bu çalışmalar da polietilen esaslı odun kompozitlerde MAPE ve polipropilen esaslı kompozitlerde ise MAPP kullanılmasının uygun olacağı sonucu çıkarılmıştır [88]. Mengeloğlu ve diğerleri (2007) yapmış olduğu çalışmada ise, polietilen esaslı odun kompozitlerde MAPP uyumsuzluk gidericinin başarılı bir şekilde kullanılabileceği tespit edilmiştir [89]. Yazarlar kullanılan polietilenin çeşidinin alınacak sonuç üzerinde son derece etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Bir başka çalışmada MDF atıkları kullanılarak odun plastik kompozit üretilmiş ve üretilen deney numunelerinin üretiminde polipropilen ve %10 ile %50 arasında MDF unu ile pellet üretimi yapılmıştır. Üretilen pelletlerden ASTM D4703-10'a göre pres kalıp tekniği ile deney numuneleri üretilmiştir [90]. Deney numunelerinden elde edilen verilere göre MDF unu oranının artmasına paralel olarak çekme ve darbe direnç değerlerinde belirgin düşüşler gözlenmiştir [91].

Benzer bir çalışmada çay fabrikası atığı, MDF tozu ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP) kullanılarak üretilen deney numunelerinin bazı özellikleri belirlenmiştir. Deney numunelerinden alınan verilere göre; çay fabrikası atığı ile MDF tozunun, odun plastik kompozitler için uygun potansiyel dolgu maddeleri olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan MAPE ve MAPP için en uygun kullanım oranının %3 olduğu belirlenmiştir [46].

Benzer bir çalışmada ise % 60, 70 ve 80 oranında lif levha ve yonga levha atıkları dolgu maddesi olarak YYPE içerisinde kullanılmıştır. Üretilen deney numunelerinin mekanik özellikleri belirlenmiştir. Deney numunelerinden elde edilen verilere göre odun unu oranının, mekanik özellikleri etkilediğini belirlenmiştir [92].

Yapılan bazı çalışmalarda üzerinde, kullanılan tutkal miktarının kavela çekme mukavemeti üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir [93]. Yapılan bir araştırmada mobilya yapımında kullanılan OSB, MDF ve YL'nın kavela dirençlerini araştırılmıştır. Tutkal miktarının artmasına paralel olarak mukavemetin arttığını ve

kavela tipi olarakta spiral yivli yüzeyli kavelaların düz yivli kavelalardan daha yüksek direnç özelliklerine sahip oldukları tespit edilmiştir [94].

Başka bir çalışmada değişik birleştirme şekilleri (kavelalı, yabancı çıtalı ve lambalı kınışlı köşe) uygulanarak deneyler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kavelalı birleştirme diğer birleştirmelere göre daha yüksek sonuçlar vermiştir [95].

Diğer bir çalışmada Özçifçi ve diğerleri, (1996) yonga levhadan yapılmış kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde, basınç yükünde mekanik özelliklerini bakmışlar ve yapılan deneyler sonucunda kutu şeklinde üretilen mobilyalarda kavela ile yapılan birleştirme çeşidinin uygulanabilir olduğunu söylemişlerdir [96].

MDF ve yonga levha ile meydana getirilen “L” şeklinde üretilen kavelalı mobilya köşe birleştirmelerde sıra ile 2, 3, 4 ve 5’ li kavela dizilerinin mekanik direnç özelliklerini araştırmış, MDF den üretilen ürünlerin, yonga levhalara göre, 8 mm ve 10 mm çaplı kavelalarda daha yüksek değerler gösterdiğini ortaya koymuştur [97]. Mobilya köşe birleştirmelerinde yaygın kullanım yeri bulunan basma ve çekme yükleri altında yabancı çitadan üretilen deney numunelerinin trapez şekilli bağlantı elemanlı yonga levha ve MDF’ler ile oluşturulan “L tipi” köşe bağlantı elemanlarının; MDF’lerin, yonga levhalara, sabit bağlantılı ürünlere göre demonte bağlantılı elemanların daha yüksek değerler verdiği belirtmiştir [98].

Efe ve Kasal (2000) kavelalı, minifix ve multifix bağlantı elemanları ile kendinden kınışlı, birleştirme konstrüksiyonlarını kullanıp hazırlanan numuneleri mekanik deneylere tabi tutmuşlar, deney sonuçlarında MDF levhaların, yonga lehvalara; tutkal kullanılmadan yapılan birleştirmelerin, tutkal kullanılarak yapılan birleştirmelere göre üstün özellikler gösterdiklerini belirtmişlerdir [99].

Zhang ve Eckelman (1993)yapmış oldukları çalışmada, yonga levhalarda değişik miktarlarda kavela kullanılarak gerçekleştirilen deneylerinde, örnek genişlikleri ve kavelalar arası uzunluk varyansları değiştirilmiş, diğer şartların aynı kalması durumunda iki kavela arasındaki uzunluğun 75 mm olması durumunda yüksek mukavemete ulaşacağını bildirmişlerdir [100].

Özçifçi ve diğ.(1996) yaptıkları çalışmalarında mobilya köşe birleştirmelerinde uygulanan kavelalı, lambalı ve yabancı çıtalı konstrüksiyonların dayanımsal özellikleri araştırılarak, yapılan deneyler neticesinde kavela ile yapılan köşe

birleştirmenin çok iyi, lambalı konstrüksiyon ile yapılan birleştirmenin ise çok daha kötü sonuçlar ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir [101].

Stark ve Rowlands (2003) tarafından ortaya konan bir çalışmada ise “Odun Lifi Özelliklerinin, Odun Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi” adlı çalışmalarında, farklı ölçülerdeki ahşap tozlarının (35, 70, 120 ve 235 mesh) polipropilen malzemenin içine ağırlıkça %40 miktarda katılarak ve bağlayıcı madde olarak da maleatlanmış polipropilen ilave edilerek deney örnekleri üretilmiş olup, kullanılan ahşap tozunun partikül boyutu arttıkça mekanik dirençlerde de yükselmeler meydana geldiği görülmüştür. Maleatlanmış polipropilen materyalde, ahşap tozu miktarı kompozit içinde ahşap tozu miktarındaki fazlalaşmanın mekanik direnç özelliklerinde artışların yaşanmasına sebep olduğu görülmüştür. Bağdaştırıcı maddenin, çekme ve eğilme dirençlerine büyük bir katkı sağlamadığı belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, ahşap tozu partikül boyutunun yükselmesi, bağdaştırıcı malzeme ile birlikte kompozit materyallerde kullanımının mekanik özelliklerini arttıracadığı ifade edilmiştir [102].

Yapılan başka bir çalışmada ise Bledzki ve diğ. (2005) sert ve yumuşak ahşap malzemelerden üretilen odun plastik kompozitlerin bazı özellikleri üzerinde araştırmışlar yapmışlar, bunun sonucu olarak polimer malzemeler (polipropilen) ve ahşap tozunun arasındaki uyumsuzluğu giderecek bir ajan olarak MAPP kullanımını sağlamışlardır. MAPP kullanımının, ahşap tozlarının su itici özelliğini çok büyük ölçüde artırdığını ve bununla birlikte çekme ve basma dirençlerinde de gözle görülür bir iyileşme olduğunu bildirmişlerdir. Ekstruderde kompozit edilen odun plastik kompozitlerin emilen su miktarlarının en düşük seviyede olduğu, bu sayede mekanik dirençlerin üst düzey bir seviyeye ulaştığı ve MAPP’ın dahil edildiği numunelerde mekanik dirençlerde kayda değer bir artışın olduğu, çekme ve eğilmede elastikiyet modülü hesaplamalarında ise etkili olmadığının sonucuna varmışlardır [103].

3. MATERYAL METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Lif levha atıkları



Şekil 3.1 : OPK kavela üretiminde kullanılan odun unu[Foto; Ongan, 2019].

Bu çalışmada Aydın ilinde faaliyet gösteren mobilya üretim işletmelerinin üretim esnasında ortaya çıkan MDF, MDF-Lam, Yonga Levha, Yonga Levha-Lam toz atıklarından elenerek elde edilen Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilen odun unları kullanılmıştır.



Şekil 3.2 : OPK kavela üretiminde kullanılan odun unu[Foto; Ongan, 2019].

3.1.2 Plastik hammaddeler

Çalışmada kullanılacak plastik türleri belirlenirken endüstride yaygın olarak kullanılan Polietilen ve Polipropilen plastikleri seçilmiştir. OPK üretiminde %50, 60, 70, 80, 90 oranlarında plastik kullanılmıştır. Odun Plastik kompoziti üretimi için polimer matrisi olarak, yine Aydın ilinde atık olarak temin edilen yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) Şekil 3.3’de ile polipropilen (PP) kullanılmıştır.



Şekil 3.3 : Yüksek yoğunluklu polietilen[Foto; Ongan, 2019].

3.1.3 Uyum sağlayıcı ajan

Bu malzemeleri birbirine bağlamak için ajan olarak uyum sağlayıcı kimyasal, Şekil 3.4’de gösterilen maleik anhidrit ile graflanmış polietilen (MAPE) ile Şekil 3.5’te gösterilen yine maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen (MAPP) kullanılmıştır.

Maleik anhidrit graflanmış polietilen (MAPE) uyum sağlayıcı olarak; (Bondyram 4108; renk: beyaz, erime noktası: 110-130 °C, koku: hafif, Termal bozunma: 270 °C Özgül ağırlığı 20 °C de 0,85-0,95 g/cm³) ve maleik anhidrit graflanmış polipropilen (MAPP) (Bondyram 1001; renk: beyaz, erime noktası: 150-170 °C, koku: hafif, Termal bozunma: 270 °C Özgül ağırlığı 20 °C de 0,85-1 g/cm³) Polyram group firmasından ticari olarak temin edilmiştir. MAPE yüksek yoğunluklu polietilen ve lif arasındaki arayüzey yapışmayı geliştirmek için uygulanmıştır. Kompozitlerin mekanik direncinde artışa sebep olduğu belirtilmiştir. MAPE ile muamele edilen

kompozitler UV' ye maruz bırakıldığında bozulma derecelerinin nispeten daha az olduğu gözlemlenmiştir [104].

Kompozit özelliklerini geliştirmek ve arayüzey yapışmayı sağlamak için bağlayıcı ajan olarak MAPE ve MAPP ticarikaynaklardan temin edilmiştir[47].



Şekil 3.4 : MAPE Maleik anhidrit graflanmış polietilen.



Şekil 3.5 : MAPP Maleik anhidrit graflanmış polipropilen.

3.1.4 Lif levha ve yonga levha

Deneyleerde Aydın ilinde faaliyet gösteren işletmelerin atıklarından 18 mm kalınlığında sentetik reçine kaplanmış yonga levha lam ve orta yoğunlukta lif levha lam, (YLLAM, MDFLAM) 270 mm x 150 mm x 18 mm, 270 mm x 132 mm x 18 mm ölçülerinde yatar daire testeresinde kesilip kavelalı L-tipi köşe birleştirme için hazırlanmış, (Şekil 3.6) deliklere ve kavelalara tutkal sürülmüş ara kesit yüzeyine tutkal temas etmemesi için yağlı kağıt koyularak deney örnekleri hazırlanmıştır.



Şekil 3.6 : L-tipi köşe birleştirme deney örneği [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.7: L-tipi köşe birleştirme deney örneği [Foto; Ongan, 2019].

3.1.5 Yapıştırıcı malzeme

Deney örneklerinin yapıştırılmasında, Şekil 3.8’de gösterilen Mitrapel, üstün yapıştırma gücüne sahip D3 normunda su bazlı PVAc ahşap tutkalı kullanılmıştır. Şeffaf yapıştırma istenen ahşap malzeme, sunta, formika, mantar, masif ağaç gibi farklı malzemelerin yapıştırılmasında kullanılabilen dolgunsuz bir tutkaldır. Tutkal, sadece kavala yüzeylerine ve deliklerine yaklaşık $150 \pm 10 \text{ gr/cm}^3$ hesabı ile sürülmüştür. Mitrapel tutkalı; solvent içermez ve neme karşı yüksek direnç gösterir kuruduktan sonra şeffaf, ince elastik bir film tabakası oluşturur. Bakteri oluşumuna ve küflenmeye karşı koruyucu madde içerir. DIN-EN 204 normuna uygun suya dayanıklı yapıştırma sağlar. D3 sertifikalıdır.



Şekil 3.8 : Birleştirmelerde kullanılan tutkal [Foto; Ongan, 2019].

3.1.6 Ticari plastik, doğu kayını ahşap ve odun plastik kompozit kavela

Kavela, tutkallanan iki mobilya elemanını birbirine tutturmaya ya da kullanılacak başka bir ana bağlantı elemanına kılavuzluk görevi yapmaya yarayan, ahşaptan yapılmış silindirik şekilde ve değişik ölçülerdeki çubuklardır. Uygulanmasındaki kolaylığından dolayı üretimde en çok tercih edilen birleştirme çeşidi kavelalı birleştirmelerdir.

Deneylerde, TS 4539 standardında belirtilen esaslara uygun 8 mm çapında, 30 mm boyunda, piyasada satılan düz yivli-gövdeli doğu kayını odunundan elde edilmiş kavela Şekil 3.9'da, 8 mm çapında 30 mm boyunda ticari plastik kavela Şekil 3.10 da ve mobilya üretimi gerçekleştiren işletmelerin toz atıklarının Şekil 3.11'de 80 mesh sarsak elekte eleme işleminden geçirildikten sonra polimer ve bağlayıcı kimyasallarla birleştirerek opak peletler üretildikten sonra enjeksiyon kalıpmada üretimini gerçekleştirdiğimiz Şekil 3.12'de farklı karışım oranlarına sahip odun-plastik kompozit kavelalar kullanılmıştır.



Şekil 3.9: Doğu kayını Kavela [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.10 : Ticari plastik kavela [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.11 : Sarsak elek [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.12 : Üretimi gerçekleşen OPK kavelalar [Foto; Ongan, 2019].

3.1.7 Kalıp

Plastik enjeksiyon kalıbı 8,10 mm çapında 30 mm boyunda tek seferde 4 adet kavela üretebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Teknik özellikleri;

Kalıp üretimi ISO 9001 standardına sahip bir firmada modellemesi ise CAD-CAM programında yapılmıştır. Kalıp malzemesi DİN 1,0503 kalitesinde olup, tüm parçaları satıh taşlama da taşlanarak istenilen ölçüye getirilmiş ve yüzey kalitesi 0.8 µm olarak belirlenmiştir. Enjeksiyondan çıkacak kavelaların yüzeyinin kuşlama şeklinde olması sağlanmıştır. Üretimde kullanılan kalıbın görüntüsü Şekil 3.13 ve Şekil 3.14’te verilmiştir. Üretimin gerçekleştirildiği enjeksiyon makinası ve gösterge paneli Şekil 3.15 ve Şekil 3.16’ da gösterilmiştir.



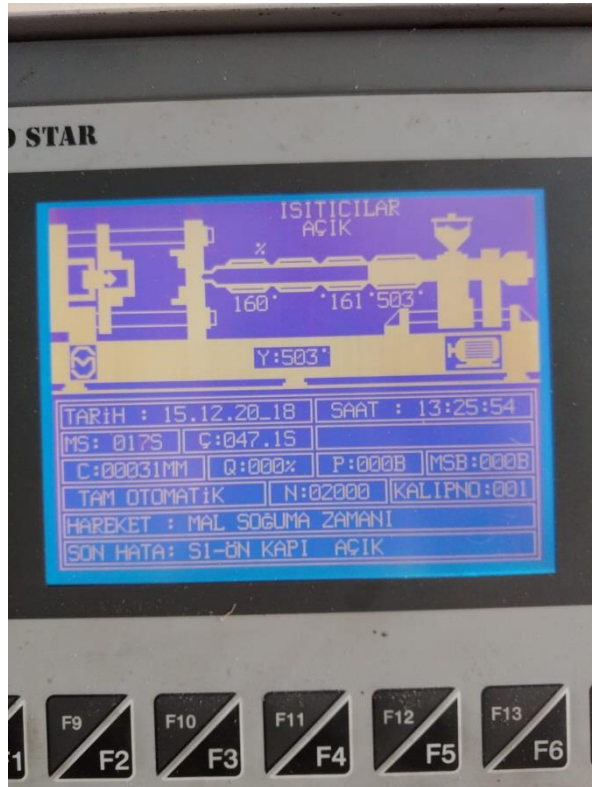
Şekil 3.13 : Üretimde kullanılan kalıp görüntüsü [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.14 : Üretimde kullanılan kalıp görüntüsü [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.15 : Üretimde kullanılan enjeksiyon kalıp makinesi [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.16 : Kullanılan enjeksiyon makinesi gösterge paneli [Foto; Ongan, 2019].

3.2 Metot

3.2.1 Odun plastik kompozit üretimi

Odun plastik kompozitleri (OPK) üretiminde ana materyal olarak mobilya üretim işletmelerdeki atık olan tozlar (mdf, mdf lam, sunta, sunta lam) sarsak elekten elendi. Odun unu $\pm 103^{\circ}\text{C}$ deki etüvde 24 saat bekletilerek nemi alındı. Daha sonra, odun unu ile polimer matris olarak yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), Polipropilen karıştırılarak birleştirilmesi Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Ayrıca hazırlanan bu içeriğin içerisinde % 5 oranında polietilen ve polipropilen eksiltilek bağlayıcı ajan olarak maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen (MAPE), ve maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen (MAPP) homojen olarak karıştırılarak ikinci bir karışım elde edilmiştir.



Şekil 3.17 : Sarsak elekten alınan odun unu $\pm 103^{\circ}\text{C}$ de etüvde 24 saat bekletildikten sonra PE ve PP ile karıştırılmıştır [Foto; Ongan, 2019].

Tam kurutma sağlanmış atık odun unu polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilen ile belirli oranda karıştırılmıştır. Odun unu oranları %10, %30, %50 olarak, buna bağlı olarak polietilen ve polipropilen oranları %90, %70, %50 olarak belirlenerek karıştırılmıştır. Yine yukarıda belirtilen odun unu oranları sabit olarak tutulmuş, polietilen ve polipropilen oranlarından %5 oranında düşürülerek (%85,%65, %45) eksiltilen bu oran yerine bağlayıcı ajan olarak %5 MAPP veya MAPE ilave edilerek ikinci bir homojen karışım elde edilmiştir. İkinci aşamada giriş sıcaklığı 180-190-200-210-220 $^{\circ}\text{C}$ olan kuru sistem çalışan sanayi tipi çift vidalı üstten beslemeli ekstruder’den geçirilerek homojen OPK karışımı elde edildi Şekil 3.18.

Elde edilen parçalar soğutulularak mümkün olan en homojen hale getirildikten sonra kırıcı yardımı ile küçük parçacıklar haline getirilmesi Şekil 3.19’da gösterilmiştir.

Elde edilen pelletler tekrar etüv'de $\pm 103^{\circ}\text{C}$ de 24 saat bekletilerek nemden arındırılmıştır.



Şekil 3.18 : Çift vidalı ekstruder ve kumanda paneli [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.19 : Extruderden elde edilen OPK ve kırımından sonra pelletler [Foto; Ongan, 2019].

3.2.2 Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Bu çalışmada fiziksel özelliğin belirlenmesinde yoğunluğun ve rutubet alma oranının belirlenmesi deneyleri yapılmıştır.

3.2.2.1 Rutubet ve yoğunluk

Yoğunluklarının belirlenebilmesi için TS EN 323 “Ahşap esaslı levhalar – Birim Hacim ağırlığının belirlenmesi”nde belirtilen esaslar göz önüne alınmıştır[106].

Deney örnekleri 20 x 20 x 18 mm ölçülerinde 10'ar adet MDF Lam ve Yonga Levha Lam parça olmak üzere toplamda 20 adet hazırlanmıştır Şekil 3.20.



Şekil 3.20 : Lif levha lam ve yonga levha lam parçaları [Foto; Ongan, 2019].

Tartımda kullanılan terazideki hassasiyet $\pm 0,01$ g dır. 10 numaralı melamin kaplı yonga levha lam tartılmış ardından, $\pm 0,01$ mm hassasiyetindeki dijital kumpasla ölçülerek rutubetli hacimleri (V_r) hesaplanmıştır Şekil 3.21. Aynı işlemler sırası melamin kaplı lif levha örnekleri için de yapılmıştır Şekil 3.22.



Şekil 3.21 : 10 no'lu Yonga levha lam rutubetli ölçümleri [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.22 : 5 no'lu Lif levha lam rutubetli ölçümleri [Foto; Ongan, 2019].

10 numaralı melamin kaplı yonga levha lam $\pm 0,01$ g hassas terazide tartımı ve dijital kumpas ile boyutlarının ölçülmesi yapılmıştır.

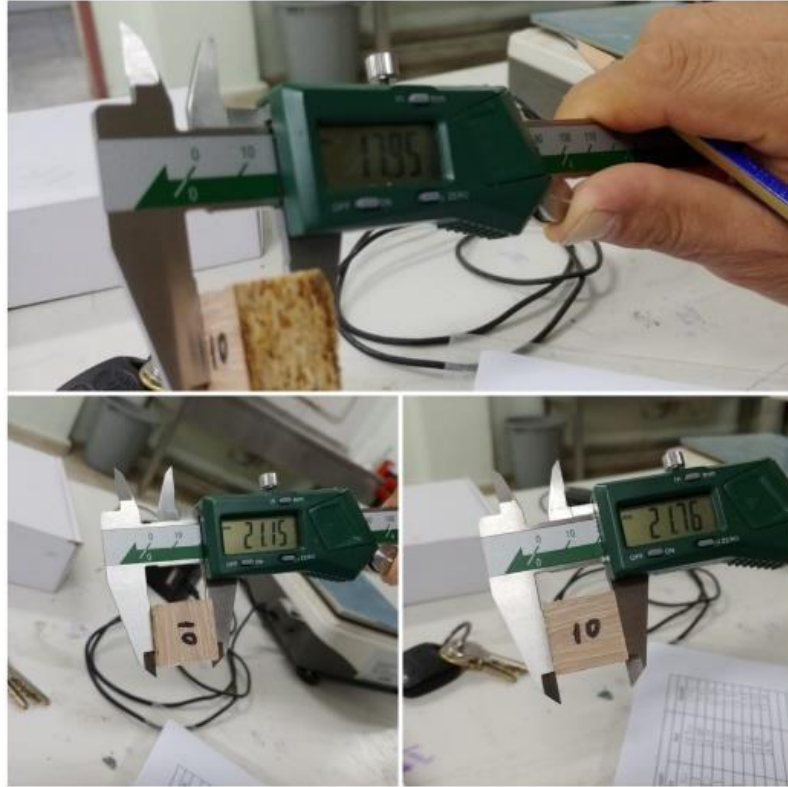
5 numaralı Melamin kaplı lif levha lam $\pm 0,01$ g hassasiyetindeki terazide tartımı ve $\pm 0,01$ dijital kumpas ile boyutlarının ölçümü yapılmıştır.

Daha sonra hazırlanmış olan ahşap esaslı parçalar etüvde $103, \pm 2$ °C de 24 saat bekletilmeye alınmıştır. İlk altı saat, 24'üncü ve 72'inci saatin sonunda yapılan tartımlar arasındaki fark parça ağırlığının % 0,5'ine eşit veya daha az olduğunda, tam kuru ağırlıklar (m_0) belirlenmiş, Dijital kumpasla boyutları ölçülerek de tam kuru hacimleri (V_0) hesaplanmıştır.

72 saat sonra etüvden alınan parçaların boyut ölçülerindeki değişimler ve ağırlık değerleri Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'te gösterilmektedir.



Şekil 3.23 : 72 saat sonra etüvden alınan 5 no'lu parçanın boyut ölçülerindeki değişimler ve ağırlık değerleri [Foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.24 : 72 saat sonra etüvden alınan 10 no'lu parçanın boyut ölçülerindeki değişimler ve ağırlık değerleri [Foto; Ongan, 2019].

Tam kuru yoğunluk (δ_o) ve rutubetli yoğunluklar (δ_r) için; aşağıdaki eşitliklerinden yararlanılmıştır.

$$\delta_o = m_o / V_o$$

$$\delta_r = m_r / V_r \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Lignoselülozik esaslı levhaların rutubet (r) kontrolü için TS EN 322 [107], belirtilen esaslara uyulmuştur. Rutubet oranları (r) için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$r = [(m_r - m_o) / m_o] \times 100 \text{ (\%)}$$

3.2.2.2 Yoğunluğun ve rutubet oranının tespit edilmesi

Yapılan çalışmada, deney örneklerinin üretiminde kullanılan lignoselülozik esaslı levhaların rutubet oranları ve yoğunlukları tespit edilmiştir. Bunun için Aydın Meslek Yüksekokulu İnşaat Programına ait etüv fırınından yararlanılmıştır. Daha önceden Şekil 3.25'te kurutmada kullanılan etüv sıcaklık değeri 103 ± 2 °C ısıya getirilmiştir. Etüv içerisine konulan deney numuneleri Şekil 3.26'da gösterilmiştir.



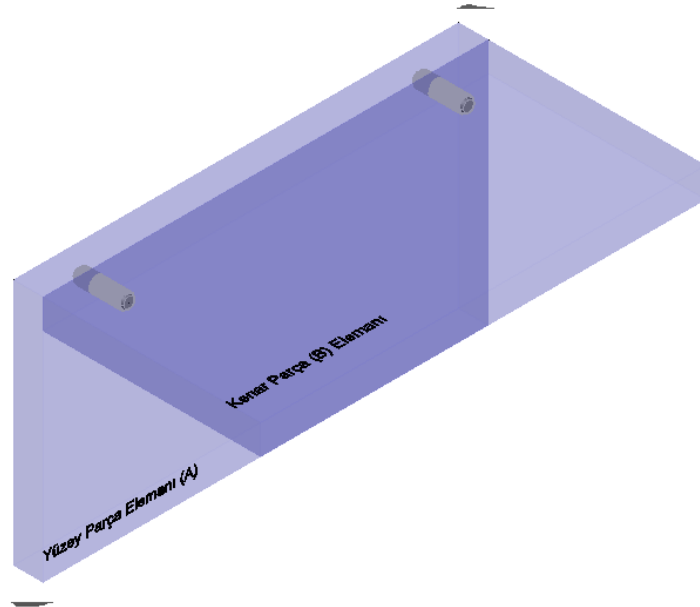
Şekil 3.25 : Kurutmada kullanılan etüv sıcaklık değeri [Foto; Ongan, 2019].



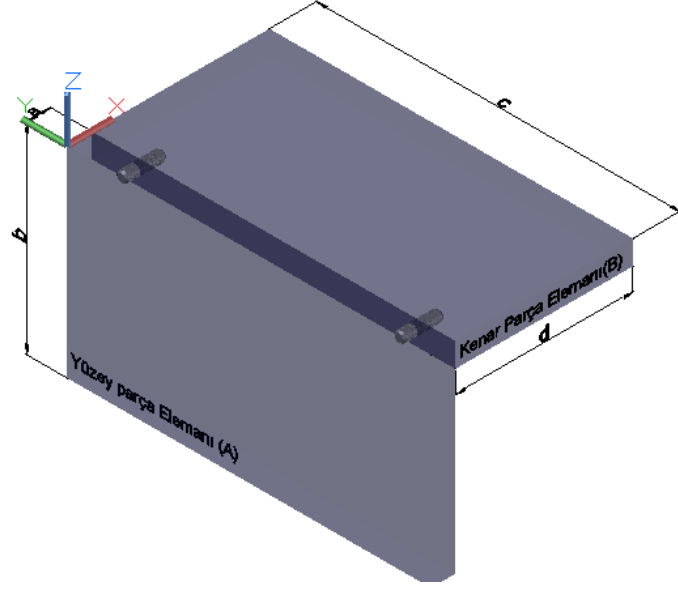
Şekil 3.26 : Numunelerin kurumaya bırakılması [Foto; Ongan, 2019].

3.2.3 L-tipi köşe birleştirmenin üretilmesi

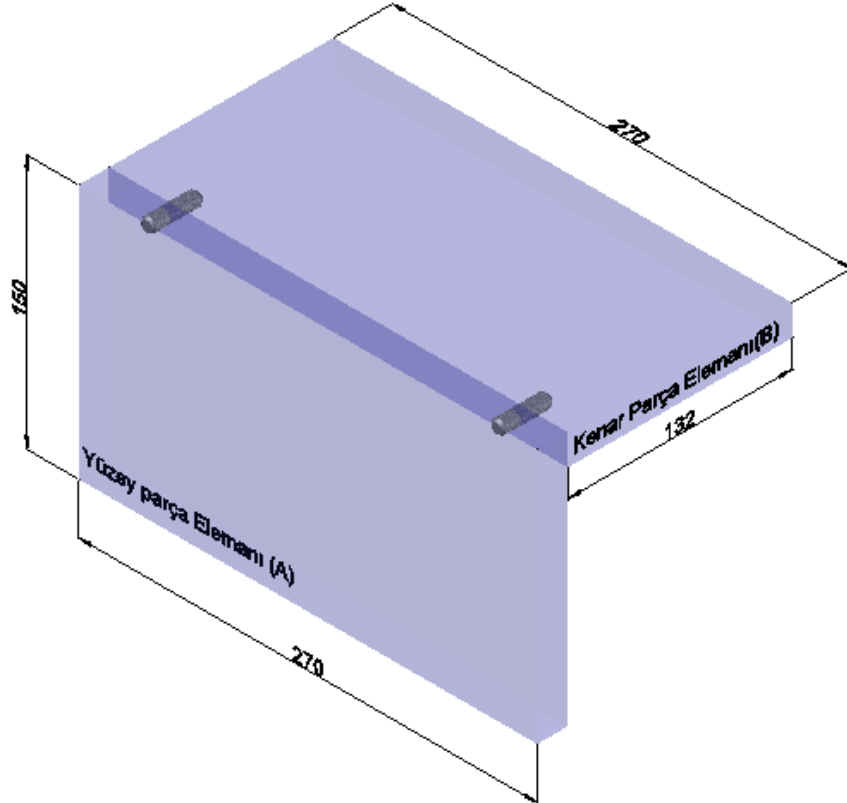
Kutu konstrüksiyon'lu L-tipi birleştirmelerde diyagonal çekme ve diyagonal basınç deney örneklerinin hazırlanması Şekil 3.27, 3.28 ve 3.29'da gösterilmektedir.



Şekil 3.27 : L-tipi köşe birleştirmelerde diyagonal çekme ve diyagonal basınç deney örneğinin kenar ve yüzey parça gösterimi [Çizim; Ongan, 2019].



Şekil 3.28 : L-tipi köşe birleştirmelerde diyagonal çekme ve diyagonal basınç deney örneği parça ölçülerinin harfle gösterimi [Çizim; Ongan, 2019].



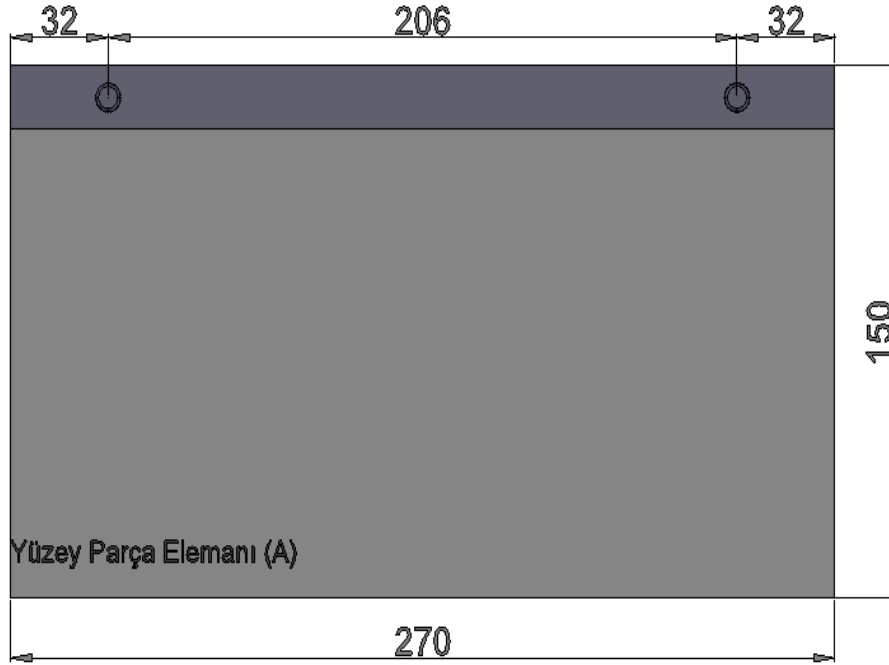
Şekil 3.29 : L-tipi köşe birleştirmelerde diyagonal çekme ve diyagonal basınç deney örneği parçalarının ölçülendirilmesi (mm) [Çizim; Ongan, 2019].

Tablo 3.1 : Yapılan deneyin levha kalınlık ölçüleri.

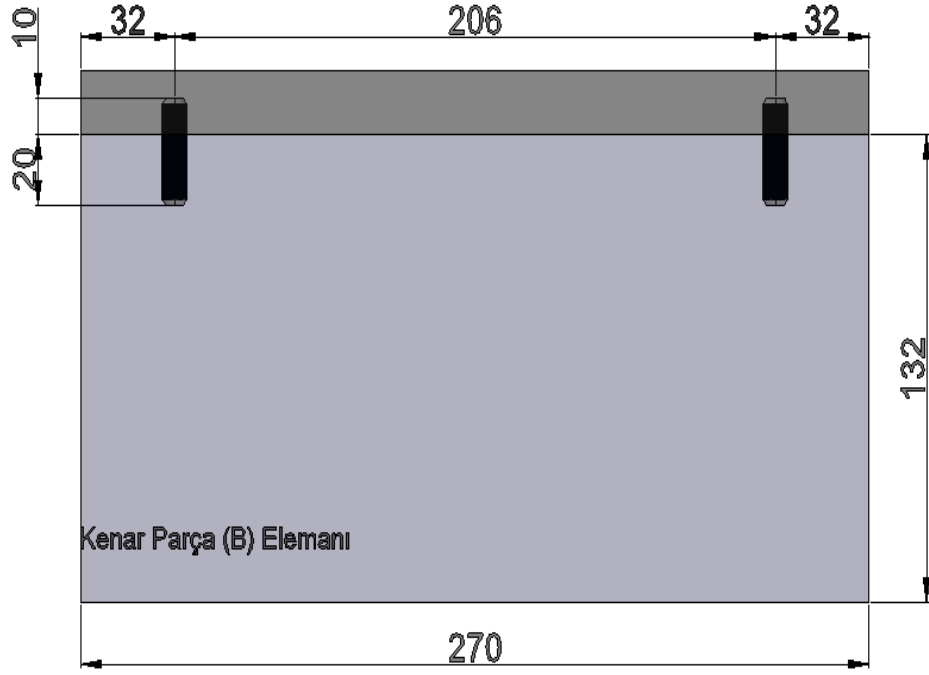
Levha Kalınlığı (a)	b	c	d
18 mm	150 mm	270 mm	132 mm

Deney örnekleri kenar ve yüzey olmak üzere iki elemandan oluşur. Kenar elemanı 270 x 132 x 18 mm, yüzey elemanı ise 270 x 150 x 18 mm ölçülerindedir (Şekil 3.28).

Deney örneklerindeki birleştirmelerin arakesit yüzeyleri ve kavela delik eksen mesafeleri Şekil 3.30 ve Şekil 3.31de gösterilmiştir.



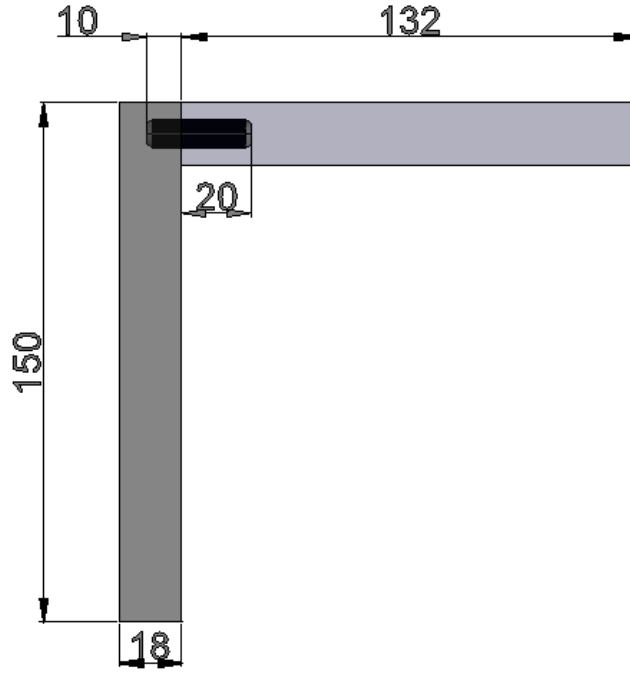
Şekil 3.30 : Deney örneklerinde birleştirmelerin arakesit yüzeyleri ve kavelaların delik ve eksen mesafeleri (ölçüler mm) [Çizim; Ongan, 2019].



Şekil 3.31 : Deney örneklerinde birleştirmelerin arakesit yüzeyleri ve kavelaların delik ve eksen mesafeleri [Çizim; Ongan, 2019].

Kavelalı birleştirmelerde, levhalar 2 adet kavela ile birbirlerine bağlanmıştır. Kavela eksenleri arasındaki mesafe 32 mm olarak alınmıştır. Kavelanın arakesit yüzeyleri, kenar parça ve yüzey parçadaki delik boyutları şekil 3.32’ de gösterilmektedir.

Deneyleerde 2 levha çeşidi, 1 tutkal, 2 yükleme biçimi, 16 tip kavela malzemesi ve her bir örnekten 5’er adet tekrar olacak şekilde (2 x 1 x 2 x 16 x 5) toplam 320 adet deney örneği hazırlanmıştır. Hazırlanan deney örneklerinin istenilen nem derecesine getirilebilmesi için deneyleerden önce kurutulmuştur. Daha sonra, örneklerin nem derecesinin kontrolünün sağlanması için TS 2471’de belirtilen esaslara uyulmuştur.



Şekil 3.32 : Arakesit yüzeyinde, kavelaların kenar ve yüzey parçaya olan mesafeleri [Çizim; Ongan, 2019].

3.2.4 Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Bu çalışmada mekanik özellikler belirlenirken diagonal çekme ve diagonal basınç dirençlerinin belirlenmesi denemeleri yapılmıştır.

3.2.5 Diyagonal basınç direncinin belirlenmesi

Örneklerin diyagonal çekme ve diyagonal basınç deneyleri ile ilgili bir standartın olmaması nedeniyle daha önceden yapılmış deney örneklerinden yararlanılmıştır [108-111].

Deneyler, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Fakültesine bağlı Mekanik Test Laboratuvarında bulunan Universal Test Cihazında 6 mm/dak'lık hızla statik yüklemeler yapılmıştır. Diyagonal basınç ve diyagonal çekme deney düzenekleri Şekil 3.33 ve 3.34'de gösterilmiştir.

Birleştirmelerin performansı hesaplanırken, her bir örnek için diyagonal çekme ve diyagonal basınç testi sonucunda elde edilen moment değerleri kullanılmıştır. Diyagonal basınç deneylerinde moment (M_b), eşitlik'e göre hesaplanmıştır.

$$M_b = F_{\max b} \times [\sqrt{(150)^2 - (0,5L_b)^2} - a] \text{ (N-m)}$$

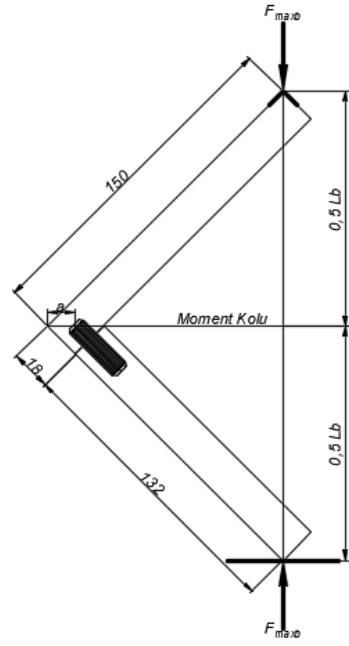
Burada;

M_b = Basınç yükü altında taşınan moment (Nm)

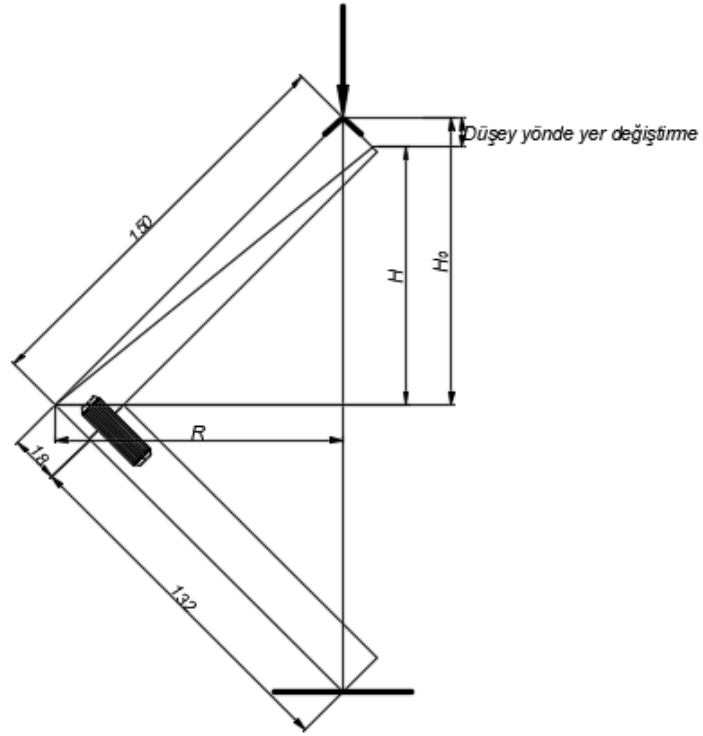
F_{maxb} = Göçme anındaki maksimum kuvvet (N)

L_b = Moment kolu 18 mm levhalar için 93,34 mm,

a = 18 mm levhalar için 12,73 mm,



Şekil 3.33 : Diyagonal basınç düzeneği ve yük uygulama biçimi [Çizim ve foto; Ongan, 2019].



Şekil 3.34 : Diyagonal basınç deneylerinde düşey yöndeki yer değiştirme miktarları değerleri (Çizim; Ongan, 2019).

3.2.6 Diyagonal çekme direncinin belirlenmesi

Diyagonal çekme direncinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 3.35).

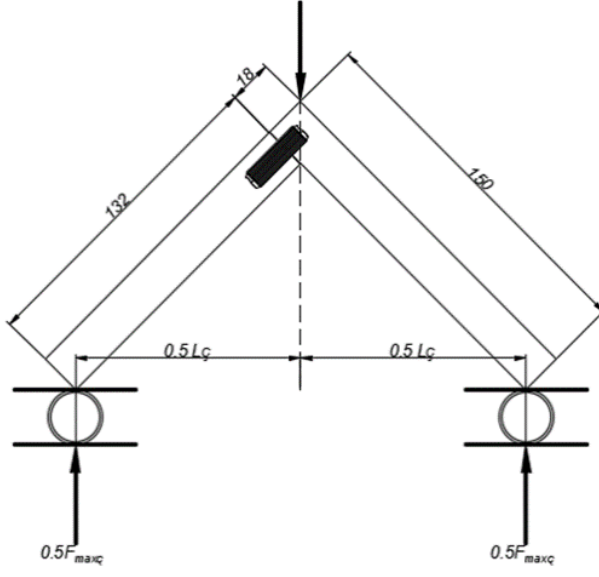
$$M_{\text{ç}} = 0,5F_{\text{maxçk}} \times 0,5L_{\text{ç}} \text{ (Nm)} \quad (5)$$

Burada;

$M_{\text{ç}}$ = Çekme yükü altında taşınan moment (Nm)

$F_{\text{maxçk}}$ = Göçme anındaki maksimum kuvvet (N)

$L_{\text{ç}}$ = Moment kolu (m)



Şekil 3.35 : Diyagonal çekme deney düzeneğinde yük uygulama biçimi [Çizim ve foto; Ongan, 2019].

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Ahşap Esaslı Levhaların Bazı Fiziksel Özellikleri

4.1.1 Yoğunluk ve rutubet

Deney örneklerinin üretilmiş oldukları ahşap esaslı levhaların rutubet oranlarına, tam kuru yoğunluklarına ve deney anında ölçülen rutubet derecesindeki yoğunluklarına ait istatistikler Tablo 4.1’te verilmiştir.

Tablo 4.1 : Lignoselülozik kompozit levhaların ortalama rutubet değerleri (%).

Malzeme Çeşidi	Rutubet Oranı (%)		Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm^3)		Rutubetli Yoğunluk (gr/cm^3)	
	X_{ort}	v (%)	X_{ort}	v (%)	X_{ort}	v (%)
YLLAM	7,75	2,96	0,58	1,20	0,60	1,50
MDFLAM	7,36	1,76	0,76	0,52	0,77	0,77

X_{ort} : Ortalama değer v : Varyasyon katsayısı

TS EN 312-1 standardına göre dikkate değer rutubet miktar aralığı % 5 - % 13tür. Kullanılan lignoselülozik levhaların rutubet oranları belirtilen değerler arasında tespit edilmiştir.

Tam kuru yoğunluk ortalama değerleri incelendiğinde, en yüksek değer 0,76 gr/cm^3 olarak Lif levha lam’da, en düşük değer ise 0,58 gr/cm^3 olarak Yonga levha lam’da olduğu tespit edilmiştir.

Rutubetli yoğunluk ortalama değerleri incelendiğinde, en yüksek değer 0,77 gr/cm^3 olarak Lif levha lam’da, en düşük değer ise 0,60 gr/cm^3 olarak yonga levha lam’da olduğu tespit edilmiştir.

4.2 Kutu mobilya Kavelalı Birleştirme Elemanlarının Performansı

4.2.1 L-tipi köşe elemanlarının diagonal basınç yükü altındaki moment taşıma kapasitesi

Levha türü ve kavela malzemesinin, birbirleriyle olan ikili ve üçlü kombinasyonlarının L-Tipi köşe birleştirme elemanlarının diyagonal çekme yükü altında moment taşıma kapasitesini belirleyebilmek amacıyla “çoklu varyans analizleri” yapılmıştır.

Levha türüne göre “L” tipi birleştirme örneklerinin diyagonal çekme deneyleri sonucunda tespit edilen ortalama moment taşıma kapasitesi değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 : Levha çeşidine göre çekmede ortalama moment taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması.

LEVHA TÜRÜ	ÇEKMEDE MOMENT(Nm)		
	N	X	HG
Yonga levha lam	80	13,54	A
Lif levha lam	80	12,86	B

N: Yineleme sayısı

X: Ortalama moment

HG: Homojenlik grubu

Levha türünün diyagonal çekme direnci üzerindeki etkisi varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Yonga levha lam’ın moment taşıma kapasitesinin Lif levha lam’a göre daha üstün olduğu görülmüştür.

Levha türün -Kavela malzemesinin çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesinin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 : Levha türü, kavela malzemesinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

VARYANS KAYNAKLARI	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)				
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Kuvvet Değeri	Hata İhtimali
Levha Türü	1	18,6	18,55	10,13	0,002
Kavela Malzemesi	15	16041,9	1069,46	583,75	0,000
Levha Türü-Kavela Mal.	15	163,2	10,88	5,94	0,000

Levha türü ve kavela malzemesinin L-Tipi birleştirmelerde diyagonal çekme yükü altında moment taşıma kapasitesi $p < 0,05$ hata ihtimali için önemli görülmüştür.

Deneylerde kullanılan Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesine göre yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4 : Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

KAVELA MALZEMESİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Doğu Kayını	10	51,23	A
%45PP- %50 Odun unu- %5MAPP	10	14,28	B
%85PP- %10 Odun unu- %5 MAPP	10	14,19	B
%65PE- %30 Odun unu- %5MAPE	10	12,41	C
%65PP- %30 Odun unu-%5MAPP	10	11,90	CD
%70PP- %30 Odun unu	10	11,21	CDE
%90PP- %10 Odun unu	10	11,12	DE
%50PP- %50 Odun unu	10	10,98	DEF
%50PE- %50Odun unu	10	10,98	DEF
%45PE- %50 Odun Unu - %5MAPE	10	10,43	EF
%70PE- %30 Odun unu	10	10,20	EFG
%100PP- %0 Odun unu (Saf polipropilen)	10	9,89	FGH
%85PE- %10 Odun unu -%5MAPE	10	9,02	GHI
%90PE- %10 Odun unu	10	8,97	HI
Plastik	10	7,83	I
%100PE- %0Odun unu(Saf polietilen)	10	6,59	J

Diyagonal çekme deneyinde, moment taşıma kapasitelerine göre kullanılan kavelalardan en iyi sonucu doğu kayını vermiştir. Doğu kayını kontrol amacı ile kullandığımız bir örnek olup piyasada en çok kullanılan bağlantı elemanıdır. Doğu kayının değeri, MAPP ile güçlendirilmiş %50 ve %10 karışımla elde ettiğimiz kavelaların moment taşıma kapasitelerinin yaklaşık olarak üç katı olduğu görülmüştür. En kötü sonucu saf polietilen kullanarak üretilen kavela vermiştir.

Levha türü ve kavela malzemesinin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment taşıma kapasitesine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 : Levha türü ve kavela malzemesinin moment taşıma kapasitesine ait varyans analizi.

LEVHA TÜRÜ - KAVELA MALZEMESİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Lif Levha-Doğu Kayını	5	52,92	A
Yongan Levha-Doğu Kayını	5	49,54	B
Yonga Levha -%65 PP- %30 Odun unu -%5MAPP	5	14,56	C
Lif Levha - %85PP- %10 Odun unu -%5MAPP	5	14,47	C
Lif Levha - %45PP- %50 Odun unu -%5MAPP	5	14,28	CD
Yonga Levha - %45PP- %50 Odun unu -%5MAPP	5	14,28	CD
Yonga Levha - %85PP- %10 Odun unu -%5MAPP	5	13,92	CD
Lif Levha - %65PE- %30 Odun unu -%5MAPE	5	13,00	CDE
Yonga Levha - %90PP- %10 Odun unu	5	12,64	DEF
Yonga Levha - PE65- Odun unu 30 -%5MAPE	5	11,81	EFG
Lif Levha - %50PE- %50 Odun unu	5	11,63	EFGH
Yonga Levha - %50PP- %50 Odun unu	5	11,54	EFGH
Lif Levha- %70PP- %30 Odun unu	5	11,26	FGHI
Yonga Levha - %70PE- %30 Odun unu	5	11,26	FGHI
Yonga Levha - %70PP- %30 Odun unu	5	11,17	FGHIJ
Yonga Levha - %45PE- %50 Odun unu -%5MAPE	5	10,62	GHIJK
Lif Levha - %50PP- %50 Odun unu	5	10,44	GHIJKL
Yonga Levha - %50PE- %50 Odun unu	5	10,35	GHIJKL
Lif Levha - %100PP- %0 Odun unu	5	10,25	GHIJKL
Lif Levha - %45PE- %50 Odun unu -%5MAPE	5	10,25	GHIJKL
Yonga Levha - %90PE- %10 Odun unu	5	9,98	HIJKL
Lif Levha - %90PP- %10 Odun unu	5	9,61	IJKLM
Yonga Levha -%100PP- %0 Odun unu	5	9,52	JKLM
Lif Levha - %65PP- %30 Odun unu -%5MAPP	5	9,24	KLMN
Lif Levha - %70PE-%30 Odun unu	5	9,15	KLMN
Lif Levha - %85PE- %10 Odun unu -%5MAPE	5	9,15	KLMN
Yonga Levha - Plastik	5	8,97	KLMN
Yonga Levha - %85PE- %10 Odun unu -%5MAPE	5	8,88	LMN
Lif Levha - %90PE- %10 Odun unu	5	7,97	MNO
Yonga Levha - %100PE- %0 Odun unu	5	7,69	NO
Lif Levha -Plastik	5	6,68	OP
Lif Levha - 100PE- 0 Odun unu	5	5,49	P

Diyagonal çekme deneyinde levha türü, kavela malzemesi ikili karşılaştırma sonuçlarına göre en iyi sonucu Lif levha, doğu kayını verirken, yine yonga levha lam, doğu kayını ikili değeri de oldukça iyi sonuç vermiştir. MAPP ile güçlendirilmiş %30 odun unu katkılı yonga levha etkileşimi üretilen kavelaların içerisinde en iyi sonucu verdiği görülmüştür. En kötü değer olarak ise Lif Levha saf polietilen (PE) ikili etkileşimi tespit edilmiştir.

Levha türü, kavela malzemesinin L-Tipi birleştirmelerde basma yükü altında moment taşıma kapasitesinin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6 : Levha türü, kavela malzemesinin L-Tipi birleştirme elemanlarında basma yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

VARYANS KAYNAKLARI	BASINÇTA MOMENT (Nm)				
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Kuvvet Değeri	Hata İhtimali
Levha Türü	2	153,22	153,22	103,33	0,000
Kavela Malzemesi	15	2792,57	186,17	125,54	0,000
Levha Türü - Kavela Malzemesi	15	96,54	6,44	4,34	0,000

Levha türü ve kavela malzemesinin L-Tipi birleştirmelerde diyagonal basma yükü altında moment taşıma kapasitesi $p < 0,05$ hata ihtimali açısından önemli olduğu tespit edilmiştir.

Levha türüne göre “L” tipi birleştirme örneklerinin diyagonal basma deneyleri sonucunda bulunan ortalama moment değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7 : Levha türüne göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

LEVHA TÜRÜ	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Lif levha	80	9,36	A
Yonga Levha	80	7,40	B

N: Yineleme sayısı

X: Ortalama moment

HG: Homojenlik grubu

Levha türünün diyagonal basma direnci üzerindeki etkisi varyans analizi ile değerlendirilmiş her bir levha türü için 80 yineleme yapılmış ve lif levha lam’ın moment taşıma kapasitesinin yonga levha lam’a göre daha üstün olduğu görülmüştür.

Deneyleerde kullanılan tüm kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirmelerde basma yükü altındaki momentine ait çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8 : Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında basma yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

KAVELA MALZEMESİ	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Doğu Kayını	10	23,35	A
%50PE- %50Odun unu	10	10,89	B
%65PE- %30Odun unu -%5MAPE	10	9,06	C
%70PE- %30Odun unu	10	9,06	C
%85PP- %10Odun unu -%5MAPP	10	8,24	CD
%65PP- %30Odun unu -%5MAPP	10	7,96	D
%70PP- %30Odun unu	10	7,59	DE
%45PE- %50Odun unu -%5MAPE	10	7,59	DE
%45PP- %50Odun unu -%5MAPP	10	7,59	DE
%90PP- %10Odun unu	10	7,51	DE
%50PP- %50Odun unu	10	6,77	EF
%90PE- %10Odun unu	10	6,68	EF
%100PP-% 0 Odun unu	10	6,59	EF
PE85- %10Odun unu -%5MAPE	10	6,31	F
Plastik	10	5,21	G
%100PE- %0 Odun unu	10	3,66	H

Diyagonal basma deneyinde, moment taşıma kapasitelerine göre kullanılan kavelalardan en iyi sonucu lif levha doğu kayını vermiştir. Doğu kayını değerinin %50 polietilen %50 ODUN UNU karışımla elde edilen kavelaların moment taşıma kapasitelerinin yaklaşık olarak iki katı olduğu görölmüştür. Saf polietilen kullanarak üretilen kavelanın ise en kötü sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Levha türü ve kavela malzemesinin L-Tipi birleştirmelerde basma yükü altındaki momentine ait ikili etkileşim varyans analizi sonuçları Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9 : Levha türü ve kavela malzemesinin ikili varyasyonunun moment taşıma kapasitesi üzerindeki etkisine ait varyans analizi.

LEVHA TÜRÜ - KAVELA MALZEMESİ	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Lif Levha-Doğu Kayını	5	26,00	A
Yongan Levha-Doğu Kayını	5	20,69	B
Lif Levha - %50PE- %50Odun unu	5	13,00	C
Lif Levha - %65PE- %30Odun unu -%5MAPE	5	11,53	CD
Lif Levha -%70PE- %30 Odun unu	5	10,25	DE
Yongan Levha - %50PE- %50 Odun unu	5	8,79	EF
Lif Levha - %45PE50- % Odun unu -%5MAPE	5	8,42	FG
Lif Levha - %90PP- %10 Odun unu	5	8,42	FG
Yongan Levha-%85PP- %10 Odun unu-%5MAPP	5	8,42	FG
Lif Levha - %65PP- %30 Odun unu-%5MAPP	5	8,24	FGH
Lif Levha -%45PP- %50 Odun unu -%5MAPP	5	8,05	FGHI
Lif Levha -%85PP- %10 Odun unu -%5MAPP	5	8,05	FGHI
Yongan Levha - %70PE- %30 Odun unu	5	7,87	FGHI
Lif Levha - %70PP- %30Odun unu	5	7,69	FGHIJ
Yongan Levha - %65PP- %30Odun unu -%5MAPP	5	7,69	FGHIJ
Lif Levha - %50PP- %50Odun unu	5	7,50	FGHIJK
Yongan Levha - %70PP- %30Odun unu	5	7,50	FGHIJK
Lif Levha - %85PE- %10 Odun unu -%5MAPE	5	7,32	FGHIJK
Lif Levha - %90PE- %10 Odun unu	5	7,32	FGHIJK
Lif Levha - %100PP- %0 Odun unu(Saf polipropilen)	5	7,14	GHIJK
Yongan Levha -%45 PP- %50 Odun unu -%5MAPP	5	7,14	GHIJK
Yongan Levha -%45PE- %50 Odun unu -%5MAPE	5	6,77	HIJKL
Yonga Levha -%65PE- %30 Odun unu -%5MAPE	5	6,59	IJKL
Yonga Levha - %90PP- %10Odun unu	5	6,59	IJKL
Lif Levha - Plastik	5	6,22	JKL
Yonga Levha - %100PP- %0 Odun unu	5	6,04	KLM
Yonga Levha -%50 PP- %50 Odun unu	5	6,04	KLM
Yonga Levha - %90PE- %10 Odun unu	5	6,04	KLM
Yonga Levha - %85PE- %10 Odun unu -%5MAPE	5	5,31	LMN
Lif Levha - %100PE- %0 Odun unu	5	4,57	MN
Yonga Levha - Plastik	5	4,21	NO
Yonga Levha - %100PE- %0 Odun unu(Saf polietilen)	5	2,74	O

Diyagonal basma deneyinde levha türü, kavela malzemesi ikili etkileşimi karşılaştırma sonuçlarına göre en iyi sonucu lif levha, doğu kayını ikili etkileşimi vermiş, yonga levha lam, doğu kayını ikili etkileşim değerinin ise en iyi sonuca oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir. Lif levha - PE50-ODUN UNU50 ikili etkileşimi ile MAPE ile güçlendirilmiş %30 odun unu katkılı lif levha etkileşiminin, üretilen kavelaların içerisinde en iyi sonucu verdiği görülmüştür. En kötü değer olarak Yonga Levha saf polietilen (PE) ikili etkileşimi tespit edilmiştir.

L-Tipi birleştirmelerde bağlantı elemanlarının çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitelerine ait levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi etkileşimi çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10 : Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi üçlü varyasyonunun moment taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerine ait varyans analizi.

VARYANS KAYNAKLARI	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)				
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Kuvvet Değeri	Hata İhtimali
Levha Türü	1	23,10	23,100	18,71	0,000
Kavela Malzemesi	1	113,58	113,578	91,97	0,000
Güçlendirme İşlemi	5	79,13	15,827	12,82	0,000
Levha Türü- Kavela Malzemesi	1	10,36	10,356	8,39	0,005
Levha Türü- Güçlendirme İşlemi	5	35,96	7,191	5,82	0,000
Kavela Malzemesi- Güçlendirme İşlemi	5	123,68	24,736	20,03	0,000
Levha Türü- Kavela Malzemesi- Güçlendirme İşlemi	5	57,13	11,425	9,25	0,000

Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi etkileşiminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi varyans analizi irdelendiğinde moment taşıma kapasitelerinin $p < 0,05$ hata ihtimali için uygun olduğu görülmüştür.

Levha türüne göre “L” tipi birleştirme örneklerinin diyagonal çekme deneyleri sonucunda elde edilen ortalama moment taşıma kapasitesi değerleri Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11 : Levha türüne göre çekmede moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

LEVHA TÜRÜ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Yonga levha lam	60	11,75	A
Lif levha lam	60	10,87	B

Levha türünün diyagonal çekme direnci üzerindeki etkisi varyans analizi ile değerlendirilmiş her bir levha türü için 60 yineleme yapılmış ve yonga levha lam'ın moment taşıma kapasitesinin lif levha lam'a göre daha üstün olduğu görülmüştür.

Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment taşıma kapasitesine ait çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12 : Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

KAVELA MALZEMESİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Polipropilen(PP)	60	12,28	A
Polietilen(PE)	60	10,33	B

Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment kapasitelerine ait çoklu varyans analizi sonuçları irdelendiğinde 60 yineleme yapılmış, kullanılan polipropilen (PP) polietilene (PE) göre üstün olduğu tespit edilmiştir.

Güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment taşıma kapasitesine ait çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13 : Güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

GÜÇLENDİRME İŞLEMİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Güçlendirilmiş 5	20	12,36	A
Güçlendirilmiş 3	20	12,15	AB
Güçlendirilmiş 1	20	11,60	BC
Güçlendirilmemiş 5	20	10,98	CD
Güçlendirilmemiş 3	20	10,71	DE
Güçlendirilmemiş 1	20	10,04	E

Güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment taşıma kapasitesine ait çoklu varyans analizi sonuçlarına göre güçlendirilmiş 5'in (MAPP ve MAPE ile güçlendirilmiş %50 odun unu oranına sahip kavelaların) en iyi sonucu verdiği, Güçlendirilmiş 3'ün (MAPP ve MAPE ile güçlendirilmiş %30 odun unu oranına sahip kavelaların) güçlendirilmiş 5'e yakın sonucu verdiği görülmüştür. En kötü sonucu ise Güçlendirilmemiş 1 (%90 PE ve %90 PP ile karıştırılmış %10 odun unu oranına sahip kavelaların) vermiştir.

Levha türü-kavela malzemesinin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment taşıma kapasitesine dair çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14 : Levha türü-Kavela malzemesinin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

LEVHA TÜRÜ- KAVELA MALZEMESİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Yonga levha - PP	30	13,01	A
Lif levha - PP	30	11,55	B
Yonga levha - PE	30	10,48	C
Lif levha - PE	30	10,19	C

Levha türü-kavela malzemesinin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment taşıma kapasitesine dair çoklu varyans analizi sonuçları incelendiğinde Yonga levha polipropilen (PP) ikili etkileşiminin en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. En kötü sonucun ise Lif levha polietilen (PE) ikili etkileşiminde olduğu görülmüştür.

Levha türü-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment taşıma kapasitesine ait çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15 : Levha türü-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

LEVHA TÜRÜ- GÜÇLENDİRME İŞLEMİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Yonga Levha- Güçlendirilmiş 3	10	13,18	A
Yonga Levha- Güçlendirilmiş 5	10	12,45	AB
Lif Levha- Güçlendirilmiş 5	10	12,26	ABC
Lif Levha- Güçlendirilmiş 1	10	11,81	BCD
Yonga Levha- Güçlendirilmiş 1	10	11,39	CD
Yonga Levha- Güçlendirilmemiş 1	10	11,30	CD
Yonga Levha- Güçlendirilmemiş 3	10	11,21	D
Lif Levha- Güçlendirilmiş 3	10	11,12	DE
Lif Levha- Güçlendirilmemiş 5	10	11,03	DE
Yonga Levha- Güçlendirilmemiş 5	10	10,94	DE
Lif Levha- Güçlendirilmemiş 3	10	10,20	E
Lif Levha- Güçlendirilmemiş 1	10	8,79	F

Levha türü-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi incelendiğinde yonga levha- güçlendirilmiş 3 ve yonga levha- güçlendirilmiş 5 etkileşiminin en iyi sonucu verdiği görülmüş olup, lif levha- güçlendirilmemiş 1 etkileşiminin en kötü sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Kavela malzemesi-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirmelerde çekme yükü altında moment kapasitesine dair çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 : Kavela malzemesi-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

KAVELA MALZEMESİ- GÜÇLENDİRME İŞLEMİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
PP- Güçlendirilmiş 5	10	14,28	A
PP- Güçlendirilmiş 1	10	14,19	A
PE- Güçlendirilmiş 3	10	12,40	B
PP- Güçlendirilmiş 3	10	11,90	BC
PP- Güçlendirilmemiş 3	10	11,21	CD
PP- Güçlendirilmemiş 1	10	11,12	CDE
PP- Güçlendirilmemiş 5	10	10,98	CDE
PE- Güçlendirilmemiş 5	10	10,98	CDE
PE- Güçlendirilmiş 5	10	10,43	DE
PE- Güçlendirilmemiş 3	10	10,20	E
PE- Güçlendirilmiş 1	10	9,01	F
PE- Güçlendirilmemiş 1	10	8,97	F

Kavela malzemesi-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi irdelendiğinde polipropilen (PP)- Güçlendirilmiş 5 ve 1'in (MAPP ile güçlendirilmiş %50 odun ununa sahip kavelalar ile %10 odun ununa sahip kavelalar) etkileşiminin en iyi sonucu verdiği görülmüş, polietilen (PE)- Güçlendirilmemiş 1'in (%10 odun unu %90 Polietilen) ise en kötü sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Levha türü- Kavela malzemesi- Güçlendirme işleminin L-Tipi köşe birleştirmelerde çekme yükü altında moment kapasitesine ait çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17 : Levha türü-kavela malzemesi-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

LEVHA TÜRÜ-KAVELA MALZEMESİ- GÜÇLENDİRME İŞLEMİ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Yonga Levha-PP- Güçlendirilmiş 3	5	14,55	A
Lif Levha-PP- Güçlendirilmiş 1	5	14,46	A
Lif Levha- PP- Güçlendirilmiş 5	5	14,28	AB
Yonga Levha -PP- Güçlendirilmiş 5	5	14,28	AB
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmiş 1	5	13,91	ABC
Lif Levha- PE- Güçlendirilmiş 3	5	13,00	BCD
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmemiş 1	5	12,63	CDE
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmiş 3	5	11,81	DEF
Lif Levha- PE- Güçlendirilmemiş 5	5	11,62	DEFG
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmemiş 5	5	11,53	EFG
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmemiş 3	5	11,26	EFGH
Lif Levha -PP -Güçlendirilmemiş 3	5	11,26	EFGH
Yonga Levha -PP- Güçlendirilmemiş 3	5	11,17	FGH
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmiş 5	5	10,62	FGHI
Lif Levha- PP- Güçlendirilmemiş 5	5	10,43	FGHIJ
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmemiş 5	5	10,34	GHIJ
Lif Levha -PE- Güçlendirilmiş 5	5	10,25	GHIJK
Yonga Levha -PE- Güçlendirilmemiş 1	5	9,98	HIJK
Lif Levha- PP- Güçlendirilmemiş 1	5	9,61	IJK
Lif Levha -PP- Güçlendirilmiş 3	5	9,24	IJKL
Lif Levha -PE- Güçlendirilmiş 1	5	9,15	JKL
Lif Levha- PE- Güçlendirilmemiş 3	5	9,15	JKL
Yonga Levha -PE- Güçlendirilmiş 1	5	8,88	KL
Lif Levha -PE- Güçlendirilmemiş 1	5	7,96	L

Levha türü-kavela malzemesi-güçlendirme işleminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasiteleri irdelendiğinde yonga levha-PP- güçlendirilmiş 3 (MAPP ile güçlendirilmiş %30 odun unu oranına sahip kavela) ve lif levha-PP- güçlendirilmiş 1 (%10 odun unu oranına sahip kavela) etkileşim değerlerinin en iyi sonucu verdiği tespit edilmiş; lif levha- PP- güçlendirilmiş 5 (MAPP ile güçlendirilmiş %50 odun unu oranına sahip kavela) ve Yonga Levha -PP- Güçlendirilmiş 5 (MAPP ile güçlendirilmiş %50 adun unu oranına sahip kavela) etkileşim değerinin ise en iyi sonuca yakın değerler verdiği görülmüştür. Lif levha -PE- güçlendirilmemiş 1 (%10 Odun unu %90 polietilen oranına sahip) etkileşim değeri ise en kötü sonucu vermiştir.

L-Tipi birleştirme elemanlarının basma yükü altındaki moment taşıma kapasitelerine ilişkin levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi etkileşimi çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.18 : Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi etkileşiminin L-Tipi birleştirme elemanlarında çekme yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

VARYANS KAYNAKLARI	BASINÇTA MOMENT (Nm)				
	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Kuvvet Değeri	Hata İhtimali
Levha Türü	1	92,40	92,40	76,67	0,000
Kavela Malzemesi	1	12,92	12,91	10,72	0,001
Güçlendirme İşlemi	5	51,04	10,20	8,47	0,000
Levha Türü- Kavela Malzemesi	1	29,52	29,51	24,49	0,000
Levha Türü- Güçlendirme İşlemi	5	17,56	3,51	2,91	0,017
Kavela Malzemesi- Güçlendirme İşlemi	5	110,62	22,12	18,36	0,000
Levha Türü- Kavela Malzemesi- Güçlendirme İşlemi	5	18,23	3,64	3,02	0,014

Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi etkileşiminin L-Tipi birleştirme elemanlarında basma yükü altındaki moment taşıma kapasitesi varyans analizi irdelendiğinde diyagonal çekme ile yük altında moment taşıma kapasitelerinin $p < 0,05$ hata ihtimali açısından önemli olduğu görülmüştür.

Levha türüne göre “L” tipi köşe birleştirmelerde deney örneklerinin diyagonal basma deneyleri sonucunda elde edilen moment taşıma kapasitesi ortalama değerleri Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19 : Levha türüne göre çekmede moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

LEVHA TÜRÜ	ÇEKMEDE MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Lif levha	60	8,82	A
Yonga Levha	60	7,06	B

Levha türünün diyagonal basma direnci üzerindeki etkisi varyans analizi ile değerlendirilmiş her bir levha türü için 60 yineleme yapılmış ve lif levha lam’ın moment taşıma kapasitesinin Yonga levha lam’a göre daha üstün olduğu görülmüştür.

Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirmelerde basma yükü moment taşıma kapasitesine dair çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20 : Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirme elemanlarında basma yükü altındaki moment taşıma kapasitesi.

KAVELA MALZEMESİ	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
POLİETİLEN(PE)	60	8,27	A
POLİPROPİLEN(PP)	60	7,61	B

Kavela malzemelerinin L-Tipi birleştirmelerde basma yükü altında moment kapasitesine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları irdelendiğinde 60 yineleme yapılmış, kullanılan polietilenin (PE) polipropilen (PP) göre üstün olduğu tespit edilmiştir.

Plastik-odun oranına göre “L” tipi birleştirme deney örneklerinin diyagonal basma deneyleri sonucunda bulunan ortalama moment kapasitesi değerleri Tablo 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.21 : Plastik-Odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

PLASTİK-ODUN ORANI	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Oran 2	40	8,42	A
Oran 3	40	8,21	A
Oran 1	40	7,18	B

Plastik-odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda Oran 2 ve Oran 3 etkileşim değerinin Oran 1 etkileşim değerine göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir.

Levha türü-kavela malzemesine göre “L” tipi birleştirmelerde deney örneklerinin diyagonal basma deneyleri sonucunda bulunan ortalama moment kapasitesi değerleri Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22 : Levha türü-kavela malzemesine göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

LEVHA TÜRÜ- KAVELA MALZEMESİ	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Lif Levha- PE	30	9,64	A
Lif Levha- PP	30	7,99	B
Yonga Levha- PP	30	7,23	C
Yonga Levha- PE	30	6,89	C

Levha türü-kavela malzemesine göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamaları karşılaştırıldığında lif levha polietilen (PE) karışımının diyagonal basma direncinin en iyi sonucu verdiği, yonga levha- polietilen (PE) karışımının ise en kötü sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Kavela malzemesi-güçlendirme işlemine göre “L” tipi birleştirme deney örneklerinin diyagonal basma deneyleri sonucunda bulunan ortalama moment değerleri Tablo 4.23’de verilmiştir.

Tablo 4.23 : Kavela malzemesi-güçlendirme işlemine göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

KAVELA MALZEMESİ- GÜÇLENDİRME İŞLEMİ	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
PE- Güçlendirilmemiş	30	8,88	A
PP- Güçlendirilmiş	30	7,93	B
PE- Güçlendirilmiş	30	7,66	BC
PP- Güçlendirilmemiş	30	7,29	C

Kavela malzemesi-güçlendirme işlemine göre diyagonal basınç altında moment taşıma kapasitesi ortalamaları karşılaştırıldığında PE güçlendirilme işlemi yapılmamış (MAPE ilave edilmemiş kavelaların) iyi sonuç verdiği, PP-güçlendirilme işlemi yapılmamış (MAPP ilave edilmemiş kavelaların) ise güçlendirilmemiş MAPE'ye yakın değerler verdiği tespit edilmiştir.

Kavela malzemesi, plastik-odun oranına göre "L" tipi birleştirme deney örneklerinin diyagonal basma deneyleri sonucun bulunan ortalama moment değerleri Tablo 4.24'de verilmiştir.

Tablo 4.24 : Kavela malzemesi, plastik-odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

KAVELA MALZEMESİ- PLASTİK-ODUN ORANI	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
PE-Oran 3	20	9,24	A
PE - Oran 2	20	9,06	A
PP - Oran 1	20	7,87	B
PP - Oran 2	20	7,78	B
PP - Oran 3	20	7,18	BC
PE - Oran 1	20	6,50	C

Kavela malzemesi, plastik-odun unu oranına göre diyagonal basınç testinde moment taşıma kapasitesi ortalamaları karşılaştırıldığında PE-Oran 3 ve PE - Oran 2'nin (%50 odun unu %50 PE ve % 30 Odun unu ile %70 PE karışımının) en iyi sonucu verdiği, PE - Oran 1'in (%10 odun unu %90 PE karışımı kavelanın) ise en kötü sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre “L” tipi birleştirme deney örneklerinin diyagonal basma deneyi sonucunda bulunan ortalama moment değerleri Tablo 4.25’de verilmiştir.

Tablo 4.25 : Güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

GÜÇLENDİRME İŞLEMİ- PLASTİK- ODUN ORANI	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Güçlendirilmemiş-Oran 3	20	8,83	A
Güçlendirilmiş-Oran 2	20	8,51	A
Güçlendirilmemiş-Oran 2	20	8,33	A
Güçlendirilmiş-Oran 3	20	7,59	B
Güçlendirilmiş-Oran 1	20	7,27	B
Güçlendirilmemiş-Oran 1	20	7,09	B

Güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamaları karşılaştırıldığında güçlendirilmemiş Oran 3 (PP %50, PE %50, % 50 odun unu karışımı), güçlendirilmiş Oran 2 (MAPP ve MAPE ile güçlendirilmiş %30 odun unu %70 PP ve PE karışımı) güçlendirilmemiş-Oran 2 (%30 odun unu %70 PP ve PE karışımı)’nin en iyi sonucu verdiği güçlendirilmemiş-Oran 1’in (%10 odun unu %90 PP ve PE karışımı) ise diğerlerine göre moment taşıma kapasitesinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Levha türü, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre “L” tipi birleştirme deney örneklerinin diyagonal basma deneyleri neticesinde bulunan ortalama moment değerleri Tablo 4.26’de verilmiştir.

Tablo 4.26 : Levha türü, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

LEVHA TÜRÜ-GÜÇLENDİRME İŞLEMİ- PLASTİK-ODUN ORANI	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Lif Levha-Güçlendirilmemiş-Oran 3	10	10,25	A
Lif Levha- Güçlendirilmiş-Oran2	10	9,88	AB
Lif Levha- Güçlendirilmemiş-Oran 2	10	8,97	BC
Lif Levha- Güçlendirilmiş-Oran 3	10	8,24	CD
Lif Levha- Güçlendirilmemiş-Oran 1	10	7,87	DE
Lif Levha- Güçlendirilmiş-Oran 1	10	7,69	DEF
Yonga Levha- Güçlendirilmemiş-Oran 2	10	7,69	DEF
Yonga Levha- Güçlendirilmemiş-Oran 3	10	7,41	DEF
Yonga Levha- Güçlendirilmiş-Oran 2	10	7,14	EFG
Yonga Levha- Güçlendirilmiş-Oran 3	10	6,95	EFG
Yonga Levha- Güçlendirilmiş-Oran 1	10	6,86	FG
Yonga Levha- Güçlendirilmemiş-Oran 1	10	6,31	G

Levha türü, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamaları karşılaştırıldığında lif levha- güçlendirilmemiş Oran 3 (%50 odun unu %50 PP ve PE karışımı) etkileşiminin en iyi sonucu verdiği görülmüş, yonga levha- güçlendirilmemiş Oran 1 (%10 odun unu % 90 PE ve PP den üretilen kavelalar) etkileşimdeğerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre “L” tipi köşe birleştirme deney örneklerinin diyagonal basma deneyleri neticesinde bulunan ortalama moment değerleri Tablo 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.27 : Kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

KAVELA MALZEMESİ - GÜÇLENDİRME İŞLEMİ- PLASTİK-ODUN ORANI	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
PE- Güçlendirilmemiş-Oran 3	10	10,89	A
PE-Geçlendirilmiş- Oran 2	10	9,06	B
PE- Güçlendirilmemiş-Oran 2	10	9,06	B
PP- Güçlendirilmiş-Oran 1	10	8,24	BC
PP- Güçlendirilmiş - Oran 2	10	7,96	C
PE- Güçlendirilmiş - Oran 3	10	7,59	CD
PP- Güçlendirilmemiş-Oran 2	10	7,59	CD
PP -Güçlendirilmiş-Oran 3	10	7,59	CD
PP- Güçlendirilmemiş-Oran1	10	7,50	CD
PP- Güçlendirilmemiş-Oran 3	10	6,77	DE
PE- Güçlendirilmemiş-Oran 1	10	6,68	DE
PE- Güçlendirilmiş-Oran 1	10	6,31	E

Kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamaları karşılaştırıldığında PE- güçlendirilmemiş-Oran 3 (%50 odun unu %50 PE kullanılmış kavela) etkileşiminin en iyi sonucu verdiği tespit edilmiş, PE- Güçlendirilmiş-Oran 1 (%10 odun unu %90 PE kullanılmış kavela) etkileşiminin ise en kötü sonucu verdiği görülmüştür.

Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre “L” tipi birleştirme deney örneklerinin diyagonal basma deneyi neticesinde bulunan ortalama moment değerleri Tablo 4.28’de verilmiştir.

Tablo 4.28 : Levha türü, kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırılması.

LEVHA TÜRÜ-KAVELA MALZEMESİ - GÜÇLENDİRME İŞLEMİ-PLASTİK-ODUN ORANI	BASINÇTA MOMENT (Nm)		
	N	X	HG
Lif Levha- PE- Güçlendirilmemiş-Oran 3	5	13,00	A
Lif Levha- PE -Güçlendirilmiş-Oran 2	5	11,53	B
Lif Levha- PE- Güçlendirilmemiş-Oran 2	5	10,25	B
Yonga Levha -PE- Güçlendirilmemiş-Oran 3	5	8,79	C
Lif Levha -PE -Güçlendirilmiş-Oran 3	5	8,42	CD
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmiş- Oran 1	5	8,42	CD
Lif Levha- PP- Güçlendirilmemiş-Oran 1	5	8,42	CD
Lif Levha- PP- Güçlendirilmiş-Oran 2	5	8,24	CD
Lif Levha- PP- Güçlendirilmiş-Oran 3	5	8,05	CDE
Lif Levha- PP- Güçlendirilmiş-Oran 1	5	8,05	CDE
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmemiş-Oran 2	5	7,87	CDEF
Lif Levha- PP- Güçlendirilmemiş-Oran 2	5	7,69	CDEF
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmiş-Oran 2	5	7,69	CDEF
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmemiş-Oran 2	5	7,50	CDEF
Lif Levha- PP- Güçlendirilmemiş-Oran 3	5	7,50	CDEF
Lif Levha- PE- Güçlendirilmemiş-Oran 1	5	7,32	DEFG
Lif Levha- PE- Güçlendirilmiş-Oran 1	5	7,32	DEFG
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmiş-Oran 3	5	7,14	DEFG
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmiş-Oran 3	5	6,77	EFG
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmemiş-Oran 1	5	6,59	FGH
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmiş-Oran 2	5	6,59	FGH
Yonga Levha- PP- Güçlendirilmemiş-Oran 3	5	6,04	GH
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmemiş-Oran 1	5	6,04	GH
Yonga Levha- PE- Güçlendirilmiş- Oran 1	5	5,31	H

Kavela malzemesi, güçlendirme işlemi, plastik–odun oranına göre basmada moment taşıma kapasitesi ortalamaları karşılaştırıldığında Lif Levha- PE- güçlendirilmemiş-Oran 3 (%50 odun unu %50 PE kullanılmış kavela) etkileşimini en iyi sonucu

verirken lif levha- PE -güçlendirilmiş-Oran 2 (MAPE ile güçlendirilmiş %30 odun unu %70 PE kullanılmış kavela) ve lif levha- PE- güçlendirilmemiş-Oran 2 (%30 odun unu %70 PE kullanılmış kavela) etkileşim değerlerinin de en iyiye yakın olduğu görülmüştür. Yonga levha -PE- Güçlendirilmiş-Oran 1 (MAPE ile güçlendirilmiş %10 odun unu %90 PE kullanılmış kavela) etkileşim değerinin yukarıda bahsedilen değerlerin oldukça altında olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Sonuç

Bu çalışmada mobilya üretiminde en çok kullanılan levha türü olan yonga levha lam ve lif levha lam'ın L tipi köşe birleştirmelerinde kullanılan doğu kayını kavela ile plastik kavelaya alternatif olarak üretimi gerçekleştirilen farklı karışım oranlarına sahip odun plastik kompozit kavelaların mekanik davranış özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda üretmiş olduğumuz odun plastik kavelaların ahşap esaslı kompozit levhalardan üretilecek mobilyalarda bağlantı elemanı olarak kullanılabilmesi, mukavemet analizi için gerekli olan veriler elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda farklı karışım oranlarına sahip OPK kavelaların doğu kayını kavela ve plastik kavelaya göre göstermiş olduğu mekanik davranışlar tespit edilmiştir.

TS EN 312-1 standardına göre dikkate değer rutubet miktar aralığı % 5 - % 13tür. Deneyleerde kullanılan ahşap esaslı levhaların rutubet oranlarının belirtilen sınırlar içerisinde bulunmuştur.

MAPP ile güçlendirilmiş olarak üretilen kavelaların mukavemet değerleri diğer ürettiğimiz kavelalardan daha iyi sonuç vermiştir. MAPP ile güçlendirilmiş kavelalar MAPE ile güçlendirilmiş kavelalara göre L tipi birleştirmelerde daha iyi performans göstermiştir.

Saf PE ve saf PP den üretilen kavelaların mukavemet özellikleri ticari plastiğe yakın değerler vermiştir.

%50 odun unu %45 polipropilen %5 MAPP karışımıyla elde edilen odun plastik kompozit kavela hem yonga levha hem de lif levha ile yapılan birleştirmelere uygulanan diyagonal basınç ve diyagonal çekme deneylerinde en iyi sonucu vermiştir.

Üretilen odun plastik kompozit kavelalar doğu kayını kavelaların performansını göstermese de işletmelerde üretim esnasında oluşan atıkların değerlendirilmesi anlamında oldukça önemlidir.

Diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucunda en yüksek mukavemeti doğu kayınından üretilmiş kavela göstermiştir.

Levha türünün diyagonal çekme direnci üzerindeki etkisi varyans analizi ile değerlendirilmiş yonga levha lam'ın moment taşıma kapasitesinin lif levha lam'a göre daha üstün olduğu görülmüştür.

Diyagonal çekme deneyinde, moment taşıma kapasitelerine göre kullanılan kavelalardan en iyi sonucu doğu kayını verirken, en kötü sonucu saf polietilen kullanarak üretilen kavela vermiştir.

Diyagonal çekme deneyinde levha türü, kavela malzemesi ikili karşılaştırma sonuçlarına göre en iyi sonucu lif levha, doğu kayını vermiştir.

%30 odun unu %65 polipropilen %5 MAPP katkılı kavela - yonga levha etkileşimi üretilen kavelaların içerisinde en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

5.2 Öneriler

Doğu kayınından üretilen kavelalar birleştirme tekniği için en uygun olandır. Ticari plastik, saf polietilen ve saf polipropilenden üretilen kavelar birleştirme tekniği için uygun olmayıp diğer bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerde takviye ve klavuz elemanı olarak kullanılabilir.

Birleştirmelerde kullanılan tutkalın ahşap esaslı ürünler için tasarlandığı göz önüne alındığında plastiğe daha fazla nüfuz eden tutkallar ile test sonuçlarının değişebileceği düşünülebilir.

Mobilya üretimi esnasında ortaya çıkan atıkların plastiklerle değerlendirilerek yeni malzemelerin üretilmesi(OPK), kullanıldıktan sonra tekrar geri dönüşüme sokulması çevre kirliliğinin önlenmesi açısından oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] TR72 Mobilya sektör raporu Haziran,2016
http://oran.org.tr/images/dosyalar/20180803160622_0.pdf
- [2] Orta Anadolu İhracatçıları Birliği Mobilya Sektörü Raporu, 2016
<http://www.turkishfurniture.org/Eklenti/76,oaibmobilyasektorraporu2016.pdf>
- [3] Kasal, A. (2004). *Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı* Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [4] Eckelman, C. A. (1991) "Textbook of product engineering and strength design of furniture", Purdue University/West Lafayette, IN
- [5] Efe, H. (1994). "Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri" Doktora Tezi, K.T.Ü/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 3-8.
- [6] Eckelman, C. A. (1970). Bending Strength and Moment Rotation Characteristics of Two-Pin Dowel Joints, *Forest Product Journal*, 21 (3), 35–39.
- [7] İmirzi, H. Ö. (2008) Farklı Yapım Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalar ile Üretilmiş Kutu Tipi Mobilyaların Mukavemet Özellikleri, Doktora tezi, Gazi üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [8] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Sektörel Atık Klavuzları Ağaç, Ağaç Ürünleri ve Mobilya İmalatı Ankara,(2016).
<https://webdosya.csb.gov.tr>
- [9] Türkoğlu, T., Baysal, E. Ergun, M. E., Toker, H., Yüksel, M.& Özçifci, A. (2012). "Orman Ürünleri İşletmelerinde Odunsu Atık Yönetimi Uygulamalarının Değerlendirilmesi" *Selçuk-Teknik Dergisi ISSN:1302-6178*, Cilt 11, Sayı:2- 517-529
- [10] <https://malzemebilimi.net/kompozit-malzemenin-kullanim-alanlari.html>
- [11] III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs 2010 Cilt: IV Sayfa 1658-1664
- [12] Islam, R. (2010). *Profile Extrusion of Wood Plastic Cellular Composites and Formulation Evaluation Using Compression Molding*, The Faculty of Engineering and Applied Science Mechanical Engineering Program University of Ontario Institute of Technology Oshawa, Ontario, Canada s26.
- [13] ASTM, (1998). American Society for Testing and Materials. 1998. Standard Practice For Conditioning Plastics For Testing. ASTM D618–96. ASTM. Philadelphia, PA.
- [14] Rude, E. (2007). *Evaluation of Coupling Mechanisms in Wood Plastic Composites* Master of Science in Material and Engineering Department of Mechanical and Materials Engineering. Washington State University s1–4
- [15] Balma, A. (1999). *Evaluation Of Bolted Connections in Wood Plastic Composites*. Master of Science in Civil Engineering. Washington State University. Department of Civil and Environmental Engineering s1.

- [16] Mengelöglu, F. (2006). Wood/Thermoplastic Composites. *I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Dergisi*. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İZMİR. 471-480.
- [17] Clemons, C. (2002). Wood Plastic Composites in The United States, The Interfacing of Two Industries. *Forest Product Journal*, 52 (6) 10-18.
- [18] Gupta, B. (2006). *Development of a coating technology for wood plastic composites*. Washington State University Master of Science in Materilas Science and Engineering. s.130.
- [19] Vos, D. (1998). *Engineering Properties of Wood-Plastic Composite Panels* Master thesis Civil Engineering University of Wisconsin – Madison, 1–3
- [20] Jeong, G. (2005). *Fracture Behavior of Wood Plastic Composites (WPC)* Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 6.
- [21] Hietala, M. (2013). *Extrusion Processing of Wood-Based Biocomposites* Luleå University of Technology Sweden Doctoral Thesis. Department of Engineering Sciences and Mathematics Division of Woodand Bionano composites, 1–7.
- [22] Chen, L., (2009). *Extrudable Melamine Resin for Wood Plastic Composite* Master of Science, Civil Engineering. Washington State University/ Department of Civil and Environmental Engineering, 8–9.
- [23] *Termoplastik Esaslı Polimer Kompozitlerin Üretilmesinde Orman Budama Atıklarının Değerlendirilmesi*, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Akdeniz Ormanlarının Geleceği Sürdürülebilir Toplum ve Çevre 22-24 Ekim (2014), ISPARTA.
- [24] Rowell, R. M. (2006). Advances and Challenges of Wood Polymer Composites, Proceedings of the 8th *Pacific RimBio-Based Composites Symposium*, 20 – 23 November, Kuala Lumpur, MALAYSIA, 1–10.
- [25] Crookston, K. (2009). *Reliability of Wood Plastic Composites and Improving Lower Percentile Estimationvia Induced Percentile Censoring*. MastersThesis The University of Tennessee/ Knoxville, 1–8.
- [26] Wolcott, M. P., & Englund, K., (2010). A Technology Review of Wood-Plastic Composites. 33. International Particleboard Composite *Material Symposion Pullman*, WA Washington State University /pp103–111.
- [27] Wolcott, M. P., (2010). Damage of the cell wall during extrusion and injection molding of wood plastic composites. *Composites Part A. Applied Science and Manufacturing*. 41(10), 1454-1460
- [28] Perhac, D., (2007). *An Applied Statistical Reliability Analysis of theModulus of Elasticity and the Modulus of Rupture for Wood-Plastic Composites* Masters Thesis Presented for the Master of Science Degree The University of Tennessee, Knoxville.
- [29] <https://makemone.ru/tr/dizajjn-i-dekor-interera/drevesno-polimernyi-kompozit-dpk-harakteristiki-i-sfery-primeneniya.html>
- [30] Wang, S.Y., Yang, T.H., Lin, L.T., Lin, C.J, & Tsai M. J. (2008). Fire retardant treated low formaldehyde emission particle board made from recycled wood waste'. *Bioresource Technology*. 99 2072–2077.
- [31] Avcı, E., (2015). Orman Tali Atıkları Kullanılarak Elde Edilen Ahşap Plastik Kompozitlerin Dış Mekân Mobilyalarında Kullanımı sutod.selcuk.edu.tr 584
- [32] Winandy, J.E., Stark, N.M., Clemons, C. M. (2004). Considerations in recycling of Wood Plastic Composites, *5th Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium*, April 27 – 28, 2004, Kassel, Germany.

- [33] Villechevrolle, V., (2008). Polymer Blends for Multi- Extruded Wood-Thermoplastic Composites. *Washington State University Master Thesis*. Department of Civil and Environmental Engineering. 1-3.
- [34] Rossi, L., (2005). WPC's putting innovation on a faster track. in Proceedings, *eighth international conference on wood fibere plastic composites*, Madison, WI; May 23-25
- [35] Stark, N. M., Matuana, L.M., & Clemons, C.M. (2003) Effect of processing method on surface and weathering characteristics of wood-flour/HDPE composites Received 5 November 2003; accepted 5 January 2004 DOI 10.1002/app.20529 Published online in Wiley InterScience.
- [36] <https://btsoekonomi.com/tr/yazi/82/1/gelecegin-malzemesi-kompozit.html>
- [37] Aslan, M., (2008). Odun Plastik Kompozitlerinde Geri Dönüşüm ve Atık Malzeme Kullanımı. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrencileri Kongresi, 63-67.
- [38] Principia, P., (2002). Natural & Wood Fiber Composites, *The Principiam Newsletter*, 1(1).
- [39] Mengeloglu, F., & Karakus, K., (2008b). Thermal Degradation, Mechanical Properties and Morphology of Wheat Straw Flour Filled Recycled Thermoplastic, *Sensors* ISSN 1424-8220 8. 497-516.
- [40] Karakuş, K., (2008). Üniversitemizdeki Polietilen ve Polipropilen Atıkların Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- [41] <https://www.pagev.org>
- [42] Mark, H. F., Mcketta, J. J., & Othmer, D. S. (1991). *Encyclopedia of Chemical Technology* 19th ed , Wiley interscience, New York, 1-793.
- [43] Zhou, P., & Deng, Y. (1998). Preparation of Polymers and It's Applications: Maleic Anhydride, *Chemical Journal of Chinese Universities*.
- [44] <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/427845?lang=en®ion=TR>
- [45] <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/456632?lang=en®ion=TR>
- [46] Çavdar, A. D. (2011). Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 1-77.
- [47] <https://polyram-group.com/search/>
- [48] Bozkurt, Y., & Erdin, N., (2000). *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, Yayın No:466,346
- [49] Reddy, N., & Yang, Y., (2005). *Biofibers from agricultural by products for industrial applications, trends in Biotechnology*, Vol.23 No.1.
- [50] Mo, X., Wang, D., & Sun, X. S. (2005). Straw based biomass and Biocomposites, In: *Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites* Mohanty, A.K., M. Misra, L.T. Drzal, CRC Press, 473-496, Boca Raton.
- [51] Sanadi, A. R., Caulfield, D. E., Jacobson, R.E., Wieloch, L., & Rowell R. M. (1995), Effect of Matrix Modification on Lignocellulosic Composite Properties, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polimer for Composites*, May 1-3 Madison /USA, 166-172.
- [52] Dayanıkhoğlu, S. (2013). Türkiye'de Yonga ve Lif Levha Sektörü. Mobilya Dekorasyon. <http://www.mobilyadergisi.com.tr>.

- [53] Atar, I., Mengelöglu, F., Başboğa, H., & Karakus, K. (2016). Utilization of Melamine Impregnated Paper (MIP) and Urea Formaldehyde (UF) Adhesives in Different Layers of Particleboard *The International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS) sempozyumu*, 2202-2207.
- [54] EN 309, (1992). *Wood Particleboards-Definition and Classification*, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [55] ASTM Standards, (1986). D1554-86. *Standard Definitions of Terms Relating to Wood-based Fiber and Particle Panel Materials*. ASTM, Philadelphia, PA.
- [56] Wang, S. Y., Yang, T. H., Lin, L. T., Lin, C. J., & Tsai, M. J. (2008). Fire Retardant Treated Low Formaldehyde Emission Particle Board Made From Recycled Wood Waste, *BioresourceTechnology*. (99) 2072–2077.
- [57] Thoemen, H., Irle, M., & Sernek, M. (2010). *Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists*, H. Thoemen, M. Irle and M. Sernek (Eds), FPS COST Action E49, Brunel University Press, London, UK.
- [58] Obeng, E., (2011). Characterization of Phenol Formaldehyde Adhesive and Adhesive Wood Particle Composites Reinforced with Microcrystalline Cellulose, Graduate Faculty of Auburn University/ Degree of Master of Science. 2-6.
- [59] Youngquist, J. A., (1999). Wood-Based Composites and Panel Products, *Wood Handbook*, Wood As An Engineering Material, Madison WI, FPL-GTR 113.
- [60] Bozkurt, A.Y., & Göker, Y., (1990). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi/ Orman Fakültesi, Yayın No: 3614, Orman Fakültesi Matbaası, İstanbul: 95.
- [61] Aksu, S., (2009). Dekor Kağıdı ve Reçine Tipinin Yonga Levhaların Fiziksel – Mekanik ve Yüzey Kalitesine Etkisi. Bartın Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi 33.
- [62] Burdurlu, E., (1994). *Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim Kullanım Teknolojisi*. Ankara: 201-306.
- [63] Gu, K., (2010). Evaluation of New Formaldehyde-Free Soy Flour Based Wood Adhesives for Making Particleboard, Oregon State University. Degree of Master of Science USA. 2-5.
- [64] Kalaycıoğlu, H., (1991). Sahil Çamı Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkânları. Doktora Tezi, K.T.Ü./ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 25.
- [65] Dinwoodie, J. M., & Paxton, B. H., (1991). The long term performance of cement-bonded particleboard. In: Inorganic bonded wood and fiber materials. *2nd International Conference*, Moscow. pp 45.v
- [66] <https://intweb.tse.org.tr/Standard TS EN 622-1>
- [67] <http://www.woodforce.com/about/making-woodforce>
- [68] Erinç, M. (2002). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. İstanbul: 2. Baskı, Literatür Yayınları.
- [69] <https://intweb.tse.org.tr/Standard TS 3635 EN 316>
- [70] Maloney, T. M. (1993). *Modern Particleboard and Dry-Process Fibreboard Manufacturing*. Miller Fremann Publ.,Inc., California,USA.
- [71] Youngquist, J. A. (1988). Wood-based composites: The Panel and Building Components of the Future. In: Proceedings, *IUFRO Division 5, Forest Products subject group 5.03: Wood protection*; (1987) May 16–17; Honey Harbour,Canada:5–22.

- [72] Candan, Z. (2007). Bazı Üretim Değişkenlerinin MDF'nin Dikey Yoğunluk Profili ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [73] Akbulut, T. (2001). *Lif Levha Endüstrisi Ders Notu*, İstanbul Üniversitesi/Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [74] Budakçı, M., & Akkuş M., (2011). Bazı ahşap Esaslı Levhalarda Kaplama Yapışma Direncinin Belirlenmesi, *International Advanced Technologies Symposium IATS'11*.
- [75] Park, Y.C., Choi, H.C., Lee, H. J., Kim, S., Park, W. K., & Cho, H J.(2013). Evaluation of Formaldehyde Emissions and Combustion Behaviors of Wood Based Composites Subjected to Different Surface Finishing Methods. *BioResources*, 8(4), 5515-5523.
- [76] Woodhams, R. T., Thomas, G., & Rodgers, D. K. (1994). Wood Fibres as Reinforcing Fillers for Polyolefins. *Polym. Eng. Sci.*, 24, 1166-1171.
- [77] Matuana, L.M., & Balatınecz, J. J. (1998). Effect of Surface properties on the Adhesion between PVC and Wood Veener Laminates. *Polym. Eng. Sci.*, 38 (5), 765-773.
- [78] Coutinho, F.M. B., Costa, T.H. S., Carvalho, C.D. L. (1998). Polypropylene-Wood Fiber Composites: Effect of Treatment and Mixing conditions on Mechanical Properties. *J. Appl. Polym. Sci.*, 65(6), 1227-1235.
- [79] Matuana, L. M., Balatınecz, J. J., Park, C. B., & Sodhi, R.N. S. (1999). X-Ray Photoelectron Spectroscopy Study of Silane-Treated Newsprint-Fibers, *Wood Sci. Technol.*, 33 (4), 259-270.
- [80] Jana, C. J., & Prieto, A. (2002). Natural Fiber Composites of High Temperature Thermoplastics Polymers: Effect of Coupling Agents. *J. Appl. Polym. Sci.*, 86, 2168- 2173.
- [81] Qiu, W., Zhang, F. T., Endo, T., & Hirotsu, T. (2003). Milling-Induced Etherification Between Cellulose and Maleated Polypropylene. *J. Appl. Polym. Sci.*, 91, 1703-1709.
- [82] Qiu, W., Endo, T., & Hirotsu, T. (2004). Interfacial Interactions of a Novel Mechanochemical Composite of Cellulose with Maleated Polypropylene. *J. Appl. Polym. Sci.*, 94, 1326-1335.
- [83] Qiu, W., Zhang, F. T., Endo, T., & Hirotsu, T. (2005). Isocyanate as a Compatibilizing Agent on the Properties of Highly Crystalline Cellulose/Polypropylene Composites. *J. Mater. Sci.*, 40, 3607-3614.
- [84] Lu J. Z., Wu, Q., & McNabb H. S. (2000). Chemical Coupling in Wood Fiber and Polymer Composites: A Review of Coupling and Treatments. *Wood Fiber Sci.*, 32, 88-104.
- [85] Li, Q., & Matuana, L. M. (2003). Effectiveness of Maleated and Acrylic Acid Functionalized Polyolefin Coupling Agents for YYPE-Wood Flour Composites. *J. Thermoplast. Compos.*, 16, 551-56.
- [86] Lai, S. M., Yeh, F. C., Wang, Y., Chan H. C., & Shen, H. F. (2003). Comparative Study of Maleated Polyolefins as Compatibilizers for Polyethylene/Wood Flour Composites. *J. Appl. Polym. Sci.*, 87, 487-496.
- [87] Wang, Y., Yeh, F. C., Lai, S. M., Chan H. C., & Shen, H. F. (2003). Effectiveness of Functionalized Polyolefins as Compatibilizers for Polyethylene/Wood Flour Composites. *Polym. Eng. Sci.*, 43 (4), 933-945.
- [88] Yang, H. S., Wolcott, M. P., Kim, H. S., Kim, S., & Kim, H. J. (2007). Effect of Different Compatibilizing Agents on the Mechanical Properties of

- Lignoselülosic Material Filled Polyethylene bio-Composites. *Compos. Struct.* 79, 369-375.
- [89] Mengeloğlu, F., Kurt, R., Gardner, DJ., & Oneil, S. (2007) Mechanical properties of extruded high density polyethylene and polypropylene wood flour decking board. *Iranian Polymer Journal.* 16(7), 477-487,.
- [90] <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D4703-10.htm>
ASTM D 4703-10
- [91] Özmen, N., Çetin, N., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., & Altuntaş, E. (2014). Mdf Atıklarının Odun Plastik Kompozitlerin Üretiminde Değerlendirilmesi, *S.DÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15, 65-71.
- [92] Chaharmahali, M., Tajvidi. M., & Najafi, S. K. (2008). Mechanical Properties of Wood Plastic Composite Panels Made from Waste Fiberboard and Particleboard. *Polymer Composites*, vol 29, Issue 6, 606–610.
- [93] Englesson, T. (1973). Summary of the Investigations of Several Particleboards in the Swedish Forest Products Research Laboratory *Unnumbered Publication, Swedish Forest Products Laboratory, Stockholm.* 35-38.
- [94] Eckelman, C. A., & Cassens, D. L. (1985) Withdrawal Strength of Dowels from Wood Composites. *Forest Product Journal*, 35 (5), 55-60.
- [95] Özçifçi, A. (1995). Yonga Levha ile Hazırlanan Mobilya Köşe Birleştirmelerine Ait Mukavemet Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [96] Özçifçi, A., Altınok, M., & Özen, R. (1996). Kutu Mobilyada Bazı Köşe Birleştirmelerin Mukavemet Özelliklerine Ait Deneysel Sonuçların İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi. *Journal of Scientific Research Foundation*, 1(2), 63-70.
- [97] Efe, H. (1998) Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya Boy Birleştirmelerinde Farklı Kavela Türlerinin Mekanik Davranış Özellikleri. *Politeknik Dergisi*, 1 (1-2), 41-54.
- [98] Efe, H. (1999) Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Sabit (Yabancı Çıtalı) ve Demonte (Trapez) Köşe Birleştirmelerin Çekme ve Basma Dirençleri. *Politeknik Dergisi*, 2(4), 43-51.
- [99] Efe, H., & Kasal, A. (2000).Tabla Tipi Kavelalı Köşe Birleştirmelerde Tutkal Çeşidinin Çekme Direncine Etkileri. *Politeknik Dergisi*, 3(4), 67- 72.
- [100] Zhang, J. L., & Eckelman, C. A. (1993) Rational Design of Multi-Dowel Corner Joints in Case Construction, *Forest Product Journal*, 43 (11/12), 52–58.
- [101] Özçifçi, A., Altınok, M., & Özen, R. (1996) Kutu Mobilyada Bazı Köşe Birleştirmelerin Mukavemet Özelliklerine Ait Deneysel Sonuçların İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi, *Journal of Scientific Research Foundation*, 1(2), 63–70.
- [102] Stark, N. M., & Rowlands, R. E. (2003). Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood Fiber Science*, 35(2), 167–174.
- [103] Bledzki, A. K., Letman, M., Viksne, A., & Rence, L. (2005). A Comparison of Compounding Processes and Wood Type for Wood Fibre – PP Composites. *Composites Part A*, vol 36 789-797.
- [104] Meshram, S. D. (2012). Effect of Coupling Agent on Mechanical Properties And Photodegradability of Hdpe-Jute Fibre Composites. *Scientific Reviews and Chemical Communications*, 2(3), 340-344 Composites Part A, vol36. 789-797.

- [105] <https://intweb.tse.org.tr> TS 4539 Ahşap Birleştirmeler – Kavelalı Birleştirme Kuralları.
- [106] <https://intweb.tse.org.tr/Standard> TS EN 323 Ahşap Esaslı Levhalar –Birim Hacim Ağırlığının Tayini.
- [107] <https://intweb.tse.org.tr/Standard> TS EN 322 Ahşap Esaslı Levhalar- Rutubet Miktarının Tayini
- [108] Örs, Y., Efe, H., & Kasal, A. (2001) Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Çekme Direnci. *Politeknik Dergisi*, 4(4) 1-9.
- [109] Efe, H., Kasal, A., & Diler, H. (2003) Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerde Eğilme Moment Dirençleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, *Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 97-110.
- [110] Kasal, A., Şener, S., Belgin, M.Ç. & Efe, H.(2006) Bending Strength of Screwed Corner Joints with Different Materials. Gazi Üniversitesi/ *Fen Bilimleri Dergisi*, 19 (3), 155-161.
- [111] Kasal, A. (2008) Effect of The Number of The Screws and Scriw Size on Moment Capacity of Furniture Corner Joints in Case Construction. *Forest Product Journal*, 58(6), 36-44.

7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Aydın ONGAN
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 21.04.1964 - Aydın
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (505) 505 697 22 54
e-posta : aongan@adu.edu.tr / ayongan@gmail.com

Eğitim Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	G.Ü.T.E.F. Makine Model Eğitimi	1996
Lise	Aydın Lisesi	1981

YAYINLAR

Taşkın, H. İ. & Ogan, A. (2015). Aydın İli Ticaret ve Sanayi Odasına Kayıtlı Mobilya Üretim İşletmelerinin Farklı Değişkenlere Göre Genel Durumunun Belirlenmesi. *4. Uluslararası Meslek Yüksekokulları Sempozyumu UMYOS 21-23 Mayıs 2015.*

Türk, M., Özçifçi, A., Ogan, A., Altay, Ç., Baysal, E., Türkoğlu, T. & Toker, H.(2017) Plastik ve Ahşap Esaslı Kompozit Bisküvilerin Mobilya Köşe Birleştirmelerindeki Direnç Özelliklerinin *Belirlenmesi IV. IMCOFE International Multidisciplinary Congress Of Eurasia, 2017/ ROME.540-551.*