

**KUTU TİPİ MOBİLYA KONSTRÜKSİYONLARINDA KULLANILAN DEMONTE
BAĞLANTI ELEMANLARININ ZAMANA BAĞLI PERFORMANSLARININ
BELİRLENMESİ**

**2012
DOKTORA TEZİ**

Abdurrahman KARAMAN

**KUTU TİPİ MOBİLYA KONSTRÜKSİYONLARINDA KULLANILAN DEMONTE
BAĞLANTI ELEMANLARININ ZAMANA BAĞLI PERFORMANSLARININ
BELİRLENMESİ**

Abdurrahman KARAMAN

**Bartın Üniversitesi
Fen Bilimler Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Doktora Tezi Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN
Eylül 2012**

KABUL:

Abdurrahman KARAMAN " KUTU TİPİ MOBİLYA KONSTRÜKSİYONLARINDA KULLANILAN DEMONTE BAĞLANTI ELEMANLARININ ZAMANA BAĞLI PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. (21/09/2012).

Başkan: Prof. Dr. Burhanettin UYSAL (KBÜ)



Üye : Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR (BÜ)



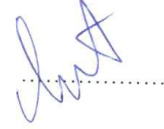
Üye : Prof.Dr. Ali Naci TANKUT (BÜ)



Üye : Doç .Dr. Nurgül TANKUT (BÜ)



Üye : Yrd.Doç.Dr. Murat ONAT (BÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım. 21/09/2012



Prof. Dr. Ali Naci TANKUT

Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Abdurrahman KARAMAN

ÖZET

Doktora Tezi

KUTU TİPİ MOBİLYA KONSTRÜKSİYONLARINDA KULLANILAN DEMONTE BAĞLANTI ELEMANLARININ ZAMANA BAĞLI PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

Abdurrahman KARAMAN

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Ali Naci TANKUT

Eylül 2012, 179 sayfa

Bu çalışmada, kutu mobilyalarda kullanılan demonte bağlantı elemanların zamana bağlı deformasyon, elastik deformasyon, sünme ve rijitlik değerleri araştırılmıştır. Deneylerde masif ağaç malzeme olarak Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), odun kompozitlerinden ise yongalevha (YL) ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılarak yapılan kitaplık elemanları trapez, plastik dübelli minifiks, metal dübelli minifiks, metal T bağlantı, pipo bağlantı, ay bağlantı elemanları ve vida kullanılarak bir araya getirilmiştir. 4 raflı 21 adet olarak hazırlanan kitaplıklar, kullanımları sırasında etkisinde kalabilecekleri kritik yükler göz önüne alınarak 7 ay statik yük altında denenmiştir. Deneyler sonucunda en yüksek toplam deformasyon değeri yongalevhadan üretilen plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında 4,248 mm; en düşük, Doğu kayınından üretilen metal dübelli minifiks bağlantı elemanında 0,387 mm elde edilmiştir.

ÖZET (devam ediyor)

En yüksek elastik deformasyon değeri yongalevhadan üretilen pipo bağlantı elemanında 2,946 mm; en düşük, Doğu kaynından üretilen metal dübelli minifiks bağlantı elemanında 0,319 mm elde edilmiştir. En yüksek sünme değeri yongalevhadan üretilen plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında 1,321 mm; en düşük, Doğu kaynından üretilen vida ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanında 0,068 mm elde edilmiştir. En yüksek rijitlik katsayı değeri yongalevhadan üretilen trapez ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanında 2,7; en düşük, Doğu kaynından üretilen pipo bağlantı elemanında 1,4 elde edilmiştir. En yüksek elastik geri dönüşüm değeri yongalevhadan üretilen plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında 2,915 mm; en düşük, Doğu kaynından üretilen plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında 0,248 mm elde edilmiştir. En yüksek sünme geri dönüşüm değeri yongalevhadan üretilen plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında 2,741 mm; en düşük, Doğu kaynından üretilen metal dübelli minifiks bağlantı elemanında 0,225 mm elde edilmiştir.

Ayrıca kutu mobilyaların ANSYS programı kullanılarak modellenmiş ve analizi edilmiştir. Karşılaştırmalar sonucunda uygulamalı deneylerden elde edilen deformasyon miktarının, teorik modelleme ile yaklaşık % 12 – 98 uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bilgisayar simülasyon sonuçları bu tekniğin, bu tip mobilyaların mekanik performanslarını tahmin etmede kullanabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Kutu Tipi Mobilya, Elastik Deformasyon, Rijitlik, ANSYS, Sünme

Bilim Kodu : 502.08.01

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DETERMINATION OF TIME DEPENDENT PERFORMANCE OF READY TO ASSAMBLE (RTA) JOINTS USED IN BOX TYPE FURNITURE CONSTRUCTION

Abdurrahman KARAMAN

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Ali Naci TANKUT

September 2012, 179 pages

In this study, time-dependent deformation, elastic deformation, creep and stiffness features were determined. In experiments Eastern beech (*Fagus orientalis* L.) were used as solid wood materials, particleboard (YL) and medium density (MDF) were used as wood composite materials and trapez connector with metal parts, metal minifix connector with metal peg, metal minifix connector with plastic peg, metal T connector, pipe type connector, corner fitting and screw were used joints. Twenty-one bookcases which contain four shelves each were exposed to static loading for seven months by considering the critical loads which could effect while in service use. The results of the study showed the highest total deformation value was obtained on metal minifix connector with plastic peg on particleboard 4,248 mm, the lowest total deformation value was obtained on metal minifix connector with metal peg of Eastern beech 0,387 mm. The highest elastic deformation value was obtained on pipe type

connector on particleboard 2,946 mm, the lowest elastic deformation value was obtained on metal minifix connector with metal peg of Eastern beech 0,319 mm.

ABSTRACT (Continued)

The highest creep value was obtained on metal minifix connector with plastic peg on particleboard 1,321 mm, the lowest creep value was obtained on screw and metal minifix connector with metal peg of Eastern beech 0,068 mm. The highest stiffness value was obtained trapez connector with metal parts and metal minifix connector with metal peg and on particleboard 2,7 the lowest value, was obtained on pipe type connector of Eastern beech 1,4. The highest elastic recovery value was obtained on metal minifix connector with plastic peg on particleboard 2,915 mm, the lowest elastic recovery value was obtained on metal minifix connector with plastic peg of Eastern beech 0,248 mm. The highest creep recovery value was obtained on metal minifix connector with plastic peg on particleboard 2,741 mm, the lowest creep recovery value was obtained on metal minifix connector with metal peg of Eastern beech 0,225 mm.

Also, box type of furnitures were modelined and analiysed by using ANSYS computer base program. It is determined that the actual data was found out 12-98% compatible with theoretical model. Results of computer simulation showed that this technique could be used for mechanical performance prediction of this type of furniture.

Key Words : Case Type Furniture, Elastic Deformation, Stiffness, ANSYS, Creep.

Science Code : 502.08.01

TEŞEKKÜR

“Kutu Tipi Mobilya Konstrüksiyonlarında Kullanılan Demonte Bağlantı Elemanlarının Zamana Bağlı Performanslarının Belirlenmesi” isimli bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında ayrıca akademik alanda değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Prof. Dr. Ali Naci TANKUT hocama şükranlarımı arz ederim.

Doktora çalışmalarımın yürütülmesi sırasında yapmış olduğu yönlendirmelerinden dolayı Prof. Dr. Burhanettin UYSAL ve Doç. Dr. Nurgül TANKUT hocama, tez izleme komitesindeki hocalarım Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR ve Yard. Doç. Dr. Murat ONAT’a teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım sırasında değerli tavsiyelerini ve yardımlarını esirgemeyen tez hazırlama döneminde bilgilerinden faydalandığım değerli hocam Yard. Doç. Dr. Fatih YAPICI’ya teşekkürü bir borç bilirim.

Her zaman manevi desteğini gördüğüm eşim Elif KARAMAN, kızım Nisa KARAMAN ve aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxiii
BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER	1
1.1 GİRİŞ	1
1.2 MÜHENDİSLİK TASARIMI	3
1.2.1 Mobilyada Mühendislik Tasarımı	3
1.2.2 Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Sistemleri.....	6
1.2.3 Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyaların Yer Değiştirme Analizi	9
1.2.4 Kutu Rijitliği Tanımlamaları	11
1.3 MOBİLYA MUKAVEMET TASARIMINDA SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİNİN KULLANILMASI.....	13
1.4 MOBİLYA ÜRETİMİNDE KULLANILAN AĞAÇ VE AĞAÇ ESASLI MALZEMELER	14
BÖLÜM 2 LİTERATÜR ÖZETİ.....	15
BÖLÜM 3 MATERYAL VE METOT.....	33
3.1 MATERYAL	33

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.1 Ahşap ve Ahşap Kompozit Malzemeler.....	33
3.1.1.1 Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.) Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	33
3.1.1.2 Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF)	34
3.1.1.3 Yongalevha (YL).....	34
3.1.2 Bağlantı Elemanları.....	35
3.1.2.1 Trapez Bağlantı Elemanı.....	35
3.1.2.2 Plastik Dübelli Minifiks Bağlantı Elemanı	35
3.1.2.3 Metal Dübelli Minifiks Bağlantı Elemanı.....	36
3.1.2.4 Metal T Bağlantı Elemanı	36
3.1.2.5 Pipo Bağlantı Elemanı	37
3.1.2.6 Ay Bağlantı Elemanı	37
3.1.2.7 Vida Bağlantı Elemanı.....	38
3.2 DENEY MATERYALLERİN FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	39
3.2.1 Yoğunluk ve Rutubet Miktarları	39
3.2.2 Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü	40
3.3 METOT	42
3.3.1 Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	42
3.3.1.1 Trapez Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği	44
3.3.1.2 Plastik Dübelli Minifiks Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği ...	44
3.3.1.3 Metal Dübelli Minifiks Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği.....	45
3.3.1.4 Metal T Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği	46
3.3.1.5 Pipo Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği	47
3.3.1.6 Ay Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği.....	47
3.3.1.7 Vida Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği	48
3.3.2 Deneylerin Yapılışı	49
3.3.2.1 Deney Yüklerin Konulması	49
3.3.2.2 Sehim Ölçümlerin Alınması.....	50
3.3.2.3 Elastik Deformasyon	50
3.3.2.4 Sünme	52
3.3.2.5 Rijitlik	53

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜÇ BOYUTLU ANALİZLER.....	55
3.4.1 Kutu Tipi Köşe Birleştirmelerin Sonlu Elemanlar Analizine Örnek Uygulama	56
3.4.1.1 Analiz Tipinin Belirlenmesi.....	56
3.4.1.2 Modelin Oluşturulması	57
3.4.1.3 Eleman Tipi ve Özelliklerinin Belirlenmesi	57
3.4.1.4 Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi.....	58
3.4.1.5 Sınır Şartlarının ve Yüklemenin Tanımlanması.....	60
3.4.1.6 Çözüm Aşaması.....	61
3.4.1.7 Sonuçların Okunması.....	61
3.5 İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	62
BÖLÜM 4 BULGULAR	63
4.1 UYGULAMALI DENEYSEL ÇALIŞMALARA AİT BULGULAR	63
4.1.1 Toplam Deformasyon Deneyi.....	63
4.1.2 Elastik Deformasyon Deneyi.....	69
4.1.3 Sünme Deneyi.....	75
4.1.4 Rjitlik Deneyi.....	82
4.1.5 Geri Dönüşüm Deneyi.....	88
4.1.5.1 Elastik Geri Dönüşüm Deneyi.....	88
4.1.5.2 Sünme Geri Dönüşüm Deneyi.....	94
4.2 BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANSYS AİT BULGULAR.....	100
4.2.1 Toplam Deformasyon Analizi	101
4.2.2 Elastik Deformasyon Analizi.....	122
4.2.3 Sünme Analizi.....	143
4.2.4 Rjitlik Analizi	146
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	151
5.1 SONUÇLAR.....	151

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

5.1.1 Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon.....	151
5.1.1.1 Masif Panel Kullanılarak Yapılan Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon	151
5.1.1.2 MDF Panel Kullanılarak Yapılan Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon	153
5.1.1.3 Yongalevha Panel Kullanılarak Yapılan Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon.....	154
5.1.2 Elastik Deformasyon	159
5.1.3 Sünme	161
5.1.4 Rijitlik.....	164
5.1.5 Geri Dönüşüm.....	167
5.1.5.1 Elastik Geri Dönüşüm.....	167
5.1.5.2 Sünme Geri Dönüşüm.....	167
5.2 ÖNERİLER	168
KAYNAKLAR.....	169
ÖZGEÇMİŞ	179

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Mobilya genel tasarım süreci.....	6
1.2 Tablalarda yükleme modelleri.	7
1.3 Kutu mobilya konstrüksiyonunda konsol giriş gösterimi	7
1.4 Kutu mobilyada rijitlik sağlayan kademeler.....	8
1.5 Kutu mobilya konstrüksiyonunda rijit yapının elde edilmesi.....	8
1.6 Yarı rijit kutu mobilyada “F” yatay kuvvetinin etkisi ile köşelerde oluşabilecek diyagonal çekme ve diyagonal basınç elemanları	9
1.7 Bir Fv yükü altındaki kutunun yer değiştirme miktarı.....	9
1.8 Levhaların F yükü altındaki yer değiştirme miktarı	10
1.9 Kutularda yükleme modelleri.	12
1.10 Deformasyon ölçme yöntemleri.....	12
3.1 Trapez bağlantı elemanı	35
3.2 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı	36
3.3 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı.....	36
3.4 Metal T bağlantı elemanı.....	37
3.5 Pipo bağlantı elemanı.....	37
3.6 Ay bağlantı elemanı.	38
3.7 Vida bağlantı elemanı	38
3.8 Statik eğilme direnci tayini düzeneği.....	40
3.9 Kutu tipi mobilya ölçüleri	43
3.10 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği	44
3.11 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.....	45
3.12 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği	46
3.13 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği	46
3.14 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.....	47
3.15 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.....	48
3.16 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.17 Deney örneklerine yük konulması	49
3.18 Sehim ölçümlerin alınması	50
3.19 Ahşapta kuvvet-zaman ve deformasyon-zaman ilişkisi	52
3.20 Düzgün yayılı yüklerle yüklenmiş basit ve ankastre kirişlerin statik olarak deformasyon formülleri ve eğilme momenti diyagramları	53
3.21 Tasarımda sonlu elemanlar metodunun rolü	56
3.22 ANSYS 12.1 sonlu elemanlar paket programı analiz tipinin belirlenmesi	56
3.23 Modellerin ANSYS programına aktarılması	57
3.24 Solid 64 sonlu elemanlar özellikleri.....	57
3.25 Malzeme özelliklerinin belirlenmesi.....	58
3.26 Çalışma düzlemlerinin belirlenmesi (work plane).....	59
3.27 Doğu kayını ile vidanın birleştirilmiş görünümü.....	59
3.28 Kutu tipi mobilya deney örneklerin mesh işlemi.....	60
3.29 Kutu tipi mobilya deney örneklerin statik yük altında sınır şartları	60
3.30 Kutu tipi mobilya deney örneklerin yükleme modeli	61
3.31 Kutu tipi mobilya deney örneklerin yük deformasyon sonucu ANSYS sonuçları	62
4.1 Bağlantı çeşidi toplam deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	67
4.2 Malzeme çeşidi toplam deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	68
4.3 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin toplam deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	69
4.4 Bağlantı çeşidi elastik deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	73
4.5 Malzeme çeşidi elastik deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	74
4.6 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin elastik deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	75
4.7 Bağlantı çeşidi sünme değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	79
4.8 Malzeme çeşidi sünme değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	80
4.9 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin sünme değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	81
4.10 Bağlantı çeşidi rijitlik katsayı değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	85
4.11 Malzeme çeşidi rijitlik katsayı değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	86

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.12 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin rijitlik katsayı değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	87
4.13 Bağlantı çeşidi elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	91
4.14 Malzeme çeşidi elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması ...	92
4.15 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	93
4.16 Bağlantı çeşidi sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	98
4.17 Malzeme çeşidi sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması ...	99
4.18 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması	100
4.19 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	101
4.20 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları.....	102
4.21 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	103
4.22 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	104
4.23 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	105
4.24 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	106
4.25 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	107
4.26 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	108
4.27 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	109
4.28 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	110

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.29 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları.....	111
4.30 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	112
4.31 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS programında toplam deformasyon sonuçları	113
4.32 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları.....	114
4.33 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	115
4.34 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	116
4.35 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları.....	117
4.36 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	118
4.37 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları	119
4.38 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları.....	120
4.39 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin toplam deformasyon sonuçları.....	121
4.40 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları.....	122
4.41 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	123
4.42 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları.....	124
4.43 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	125

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.44 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	126
4.45 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	127
4.46 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	128
4.47 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	129
4.48 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	130
4.49 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	131
4.50 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	132
4.51 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	133
4.52 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	134
4.53 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	135
4.54 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	136
4.55 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	137
4.56 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	138
4.57 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	139
4.58 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	140

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.59 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları	141
4.60 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları.....	142
5.1 Doğu kayını odunundan yapılmış kutu mobilyanın 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri	152
5.2 MDF panelden yapılmış kutu mobilyanın 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri.....	153
5.3 Yongalevha panelden yapılmış kutu mobilyanın 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri.....	155

TABLULAR DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekaniksel özellikleri	42
3.2 Kutu tipi mobilyanın eleman listesi	43
3.3 Malzemelerin programa girilen elastik sabit değerleri.....	58
4.1 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri.....	64
4.2 Toplam deformasyon değerlerine ait MANOVA varyans analiz sonuçları	65
4.3 Faktörlerin toplam deformasyon miktarına ait Duncan testi sonuçları	65
4.4 Toplam deformasyon değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları	66
4.5 Toplam deformasyon değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları.....	67
4.6 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre toplam deformasyon ortalama değerleri.....	68
4.7 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan elastik deformasyon değerleri.....	70
4.8 Elastik deformasyon değerlerine ait MANOVA varyans analiz sonuçları	71
4.9 Faktörlerin elastik deformasyon etkilerine ait Duncan testi sonuçları.....	71
4.10 Elastik deformasyon değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları.....	72
4.11 Elastik deformasyon değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları	73
4.12 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre elastik deformasyon ortalama değerleri.....	74
4.13 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan sünme değerleri.....	76
4.14 Sünme değerlerine ait MANOVA varyans analiz sonuçları	77
4.15 Faktörlerin sünme miktarına ait Duncan testi sonuçları.....	77
4.16 Sünme değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları.....	78
4.17 Sünme değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları	79
4.18 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre sünme ortalama değerleri.....	80
4.19 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan rijitlik katsayı değerleri	82

TABLolar DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.20 Rijitlik katsayılarına ait MANOVA varyans analiz sonuçları.....	83
4.21 Faktörlerin rijitlik katsayı miktarına ait Duncan testi sonuçları	84
4.22 Rijitlik katsayı değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları.....	85
4.23 Rijitlik katsayı değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları	86
4.24 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre rijitlik katsayı ortalama değerleri.....	87
4.25 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan elastik geri dönüşüm değerleri	88
4.26 Elastik geri dönüşüm değerlerine ait MANOVA varyans analiz sonuçları	89
4.27 Faktörlerin elastik geri dönüşüm miktarına ait Duncan testi sonuçları	90
4.28 Elastik geri dönüşüm değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları.....	91
4.29 Elastik geri dönüşüm değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları	92
4.30 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre elastik geri dönüşüm ortalama değerleri.....	93
4.31 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan sünme geri dönüşüm değerleri	94
4.32 Sünme geri dönüşüm değerlerine ait MANOVA varyans analiz sonuçları	96
4.33 Faktörlerin sünme geri dönüşüm miktarına ait Duncan testi sonuçları	96
4.34 Sünme geri dönüşüm değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları.....	97
4.35 Sünme geri dönüşüm değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları	98
4.36 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre sünme geri dönüşüm ortalama değerleri.....	99
5.1 Masif kayın panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri.....	152
5.2 MDF panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri	154
5.3 Yongalevha panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri.....	155
5.4 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon deneyleri karşılaştırmaları	157

TABLULAR DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.5 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan elastik deformasyon deneyleri karşılaştırmaları	160
5.6 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan sünme deneyleri karşılaştırmaları	162
5.7 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan rijitlik deneyleri karşılaştırmaları	165

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

cm^3	: Santimetreküp.
D_0	: Tam kuru yoğunluk.
D_{12}	: Hava kurusu yoğunluk.
E	: Eğilmede elastikiyet modülü, N/mm^2 .
F	: Kuvvet.
g	: Gram.
G	: Panelin rijitlik veya kesme modülü, N/mm^2 .
N	: Newton.
r	: Rutubet.
ν	: Poisson oranı.
V	: Hacim.
Y	: Serbest köşedeki deformasyon, mm.
Δ	: Deformasyon.
σ	: Gerilme.
σ_b	: Basınç direnci, N/mm^2 .
$\sigma_{\check{c}}$: Çekme direnci, N/mm^2 .
σ_e	: Eğilme direnci, N/mm^2 .

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materials.
AY	: Ay bağlantı elemanı.
BS	: British Standart.
B.Ü.	: Bartın Üniversitesi.
FEM	: Finite Element Method.
G.Ü.	: Gazi Üniversitesi.
K.B.Ü.	: Karabük Üniversitesi.
K.T.Ü.	: Karadeniz Teknik Üniversitesi.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

MAX.	: Maksimum Değer.
------	-------------------

MDF	: Orta Yoğunlukta Lif Levha (Medium Density Fiberboard).
MİN.	: Minimum Değer.
MM	: Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı.
MP	: Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı.
OSB	: Oriented Strand Board (Yönlendirilmiş Yongalevha).
P	: Pipo bağlantı elemanı.
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu.
T	: Metal T bağlantı elemanı
TÇ	: Trapez bağlantı elemanı.
TS	: Türk Standardı.
V	: Vida bağlantı elemanı.
YL	: Yongalevha.

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1 GİRİŞ

Mobilya yüzyıllardan beri çeşitli biçimlerde üretilmesine karşın, nadir olarak yapısal özellikleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Birçok mobilya tasarımı, uzun deneme yanılma yöntemleri ve kuramları sonucunda gerçekleştirilmiştir. Eskiden kalma bilgiler ve deneyimler çok köklü bir değişiklik, yeni bir tasarım olmadığı sürece nesilden nesile geçmiştir. Tasarlanan mobilyaların kullanılabilirlikleri geçmiş deneyimlere göre yargılanmıştır (Eckelman 1966).

Bir mobilya tasarlanırken dikkate alınması gereken üç alan vardır. Bunlardan birincisi olan fonksiyonel tasarım, mobilyanın ne işe yarayacağını, mobilyadan beklenen temel yararların ne olduğunun belirlenmesidir. Estetik tasarım ise, ilgili kültürün ya da modanın etkisinde, ayrıca kullanıcı talepleri de dikkate alınarak mobilyada biçim, form, doku, renk, çizgi vb. hususların tasarlanmasını konu alan sanatsal bir çalışmasıdır. Son tasarım alanı olan mühendislik tasarımı da, mobilyada ergonomik kriterlerin, malzemelerin, yapım tekniklerinin ve üretim teknolojilerinin optimum şekilde belirlenmesi işlemleridir. Mobilya üretiminde genel olarak, kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Üretiminde tablaların kullanıldığı mobilyalar kutu (panel) tipi, masif çerçevelerin yer aldığı mobilyalar çerçeve (iskelet) tipi, her iki eleman tipinin de kullanıldığı mobilyalar ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak isimlendirilmektedir (Efe 1994).

Tabla tipi konstrüksiyonda yapının mukavemeti ve sağlamlığı önemli oranda tablaların burulma direnci ve rijitliğine bağlıdır. Genel olarak tabla tipi mobilyaların kutu görünümünde oldukları söylenebilir. Çoğunlukla dört yanlı, bir arkalı olurlar ve bu durumlarıyla tamamlanmış bir çerçeve şeklinde görünürler. Bir mobilyanın hemen hemen tüm elemanları

tablalardan oluşuyorsa kutu mobilya tipi olarak tanımlanabilir. Kitaplık rafı kutu konstrüksiyona örnek olarak gösterilebilir.

Mobilya elemanlarının birbirine bağlanmasında kavelalı ve zıvanalı birleştirme gibi geleneksel teknikler yanında konut veya ofislerde monte edilen ve kullanımı hızla yaygınlaşmakta olan demonte (Ready-To-Assemble) mobilyaların konstrüksiyonunda metal veya metal+plastikten üretilen mekanik bağlantı elemanları kullanılmaktadır (Trinka 1989).

Mobilya birleştirmelerini oluşturmak için birçok bağlantı ve bağlama teknikleri kullanılmaktadır. Rasyonel tasarımın gereği olarak, bağlantı elemanları ve birleştirme tekniklerinin kabul edilebilir direnç özellikleri önceden bilinmelidir (Efe 1994).

Sökülüp takılabilir birleştirme tekniklerinin uygulandığı mobilyalar portatif olduğundan, bunların montajı kullanılacakları yerde yapılabilir. Böylece nakliye maliyetleri azaltılmış olur. Bu mobilyalar sökülmüş vaziyette depolandığı taktirde, sabit mobilyalara nazaran çok daha az yer kaplarlar. Bu durum imalatçılar ve satıcılar açısından oldukça önemlidir. Demonte birleştirmeler sağlamış olduğu bu üstünlükler nedeniyle tercih edilirler (Kasal 1998).

Mobilya konstrüksiyonlarında uygulanan birleştirmelerin kararlılığı (stabilitesi) ve mukavemeti, mobilya sisteminin mukavemetini etkiler. Mobilya iskeletlerinde, her zaman istenen performans değerlerine ulaşamamaktadır. Bu durum daha güçlü ve daha mukavemetli birleştirmelerin kullanılması gereğini ortaya çıkarmaktadır. Birleştirmelerin mukavemeti kullanım sırasında taşımaları gereken yüklerle ilişkilidir (Efe 1998).

Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde masif ağaç malzemeye kıyasla, odunkompozitleri kullanımının ekonomi ve üretim açısından yararları vardır. Bu anlamdamasif ağaç malzemenin kurutulma işlemleri, kuruma kusurlarından kaynaklanansorunlar ve rendeleme ihtiyacı, masif malzemenin geniş ölçülerde tablalı malzemeolarak kullanımının güç olması, hazırlanması durumunda işçilik ve firenin artmasıodun kompozitlerinin kullanımını daha cazip hale getirmiştir. Ayrıca odunkompozitleri daha az fireyle çok daha hızlı ve kolay üretim imkânları sağlamaktadır.Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde yongalevha, lif levha, sentetik reçinelerle kaplanmış yongalevha, sentetik reçinelerle kaplanmış odun lif levhası, tabakalılevha (kontrplak) ve yönlendirilmiş yongalevha (oriented strand board: OSB)

gibi odun kompozitlerinin kullanılması, bu malzemelerle yapılan birleştirmelerin sağlamlığının bilimsel anlamda değerlendirilmesini gerektirir (Efe 1994).

1.2 MÜHENDİSLİK TASARIMI

Mühendislik tasarımı, önceden çözümlenmemiş problemlere çözüm üretmek için ya da önceden başka yollarla çözümlenmiş problemlere yeni çözümler getirmek için gerekli olan çalışmaların tamamıdır. Mühendislik tasarımcısı zekâsını, bilimsel bilgileri kullanmada, piyasada kabul görecektür ürün tasarımında ve üreticinin en uygun yöntemini kullanarak üretimini yapmasını sağlamada kullanır. Bir ürün kabul görür derecede performansa sahip değilse ya da açık bir şekilde belirtilmemiş bir kullanım yöntemi yoksa, o ürünün tasarımı tamamlanmamış demektir.

Günümüzde birçok mühendislik tasarımı ileri derecede disiplinli bir takım çalışmasının ürünüdür. Geleneksel disiplinler, makine, elektrik, elektronik, kontrol mühendisliği, inşaat, kimya ve hatta orman endüstri mühendisliği arasındaki ayrılıklar ortadan kalkmaktadır. Hatta farklı görünen bu alanlar birbirleri ile yakın ilişkiye girmeye başlamıştır.

Profesyonel mühendislik tasarımı ise endüstrinin ihtiyacı olan karmaşık mühendislik parça ve sistemlerini bilgisayar ortamında sınırsız model revizyonu olanağı ile sıfırdan veya belli bir referanstan yola çıkılarak tasarlanıp kalıplanarak üretilebilir hâle getirilmesidir (Hurst 1999).

1.2.1 Mobilyada Mühendislik Tasarımı

Mobilya tasarımı gerçekten bir bilim olduğu kadar bir sanattır. Hem estetik hem de mühendislik yönüyle yetiştirilen tasarımcılar olmasına rağmen, bütün mobilya tasarımcılarının yapısal mekanik konusunda iyi yetiştirilmelerini beklemek makul değildir. Bununla beraber, yapısal analizlerin sebep olduğu avantajları farkına varmadan önce analitik araçlar, mobilya endüstrisinin büyük bir bölümünce istifade edilecek bir yapıya kavuşturulmalıdır (Eckelman 1968).

Üretimi planlanan mobilyanın kullanım yerinde maruz kalacağı yüklerle güvenli bir şekilde dayanabilmesi ve bu yükleri taşıyabilmesi için mühendislik tasarımının hassas ve doğru olarak uygulanması gerekmektedir. Günümüzde tüketici daha güvenli ürünler istemekte, hükümetler de garantili ürünlerin üretilmesi yönünde baskılarını artırmaktadır. Üretici

yönünden ise kalifiye elemanın azlığı ve maliyetlerin yükselmesi, istenen kalitenin elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu gelişmeler mobilyada mühendislik tasarımının önemini daha da arttırmaktadır. Üreticilerin istenen kriterlerde mobilyaları tasarlayıp üretebilmesi, ürün geliştirmenin mühendislik tasarımı aşamasında gerekli hassasiyetin gösterilmesini önemli kılmaktadır (Ofıazoğlu 2006).

Yeni bir mobilyanın ortaya çıkarılmasında birbirinden ayrı 3 faktör mevcuttur. Bunlardan ilki ve en önemlisi estetik tasarımıdır. Estetik tasarım kültürel yaşamı zenginleştirecek ve yansıtacak, aynı zamanda müşterinin beğenisini kazanacak şekilde mobilyanın yapısal formundaki sanatsal yaklaşımdır.

İkincisi ise fonksiyonel tasarımıdır. Fonksiyonel tasarım; yapının amaçlanan işlevlerini en verimli ve en etkili şekilde yerine getirebilmesi için planlanmasıdır.

Üçüncüsü ise mühendislik tasarımıdır. Mühendislik tasarımı yapının; kullanım yerinde maruz kalacağı yüklere güvenli bir şekilde dayanabilmesi ve yükleri taşıyabilmesi için planlanmasıdır. Günümüzde tüketiciler daha güvenli ürünler istemekte, hükümetlerde kullanım garantisi verilmiş ve standartlara uygun ürünlerin üretimini teşvik etmektedir.

Üretici yönünden ise kalifiye eleman azlığı ve maliyetlerin yükselmesi rekabet ortamında bu durumu zorlaştırmaktadır. Bu durumda mobilyada mühendislik tasarımının önemini arttırmaktadır (Tankut 2000).

Bir mobilyanın mühendislik tasarımı aşağıdaki safhalardan oluşan bir işlemler sürecidir.

- Muhtemel yüklerin analizi: Mobilyanın kullanım esnasında maruz kalacağı yüklerin belirlenmesi.
- Elemanların muhtemel ölçülerinin belirlenmesi ve deney düzeneğinin hazırlanması: Söz konusu yükleri taşıyacak elemanların ya da parçaların tahmini ölçülerinin çıkarılması ve bir deneme düzeneğinin hazırlanması.
- Yük altındaki elemanlarda oluşan iç kuvvetlerin büyüklük ve dağılım analizi: Deneydeki mobilya ve elemanların dış kuvvetlerin etkisi altında iken oluşan iç kuvvetlerinin büyüklük ve analizlerinin yapılması.

- İç gerilmelerin optimizasyonu: Eğer gerekli ise, deney yapısının tekrar düzenlenmesi ve hiçbir parçada gereğinden fazla gerilme kalmayınca kadar işlemlerin tekrar edilmesi.
- Güvenilir bir konstrüksiyon tasarımı: Mobilyanın kullanım esnasında üzerine alacağı dış yükler ile bu yüklerin meydana getireceği iç gerilmeleri güvenli bir şekilde taşıyacak konstrüksiyonun tasarımı.

Burada, birinci safha, mobilyanın kullanım esnasında karşı koymak durumunda olduğu yüklerin tutarlı bir mantıkla belirlenmesidir. Mukavemet etme durumuna bağlı olarak yükler alternatifli olarak tasarlanabilir.

İkinci safha: Mobilyanın üzerine gelmesi muhtemel yükleri güvenle taşıyıp taşıyamamasının deneneceği bir deney düzeneğinin oluşturulmasıdır. Kullanılan malzemenin kopma mukavemeti birincil öneme sahip olmalı ayrıca yorulma ve şok mukavemetleri, yük altında eğilip eğilmemesi, geliştirilmiş güçlü fabrikasyon birleştirmeler için uygun olup olmadığı ve bu özelliklerin her parçadaki değişimleri bilinmelidir. Mühendislik işlemleri sürecinde son safha, birleştirmelerin tasarımıdır. Böylece analizlerin tamamlanması ve eleman ölçülerinin tespitinden sonra her birleştirmeye gelen zorlama kuvvetleri güvenilir doğrulukta tanımlanır. Burada zayıf birleştirmeler nedeniyle sistemin deforme olduğu söylenebilir (Efe 1994).

Çoğu zaman bir yapıda veya sistemde aranılan en büyük nitelik mukavemettir. Yani yüklerin emniyetle taşınabilmesidir. Ancak bazı hallerde, yapının mukavemeti yanında, deformasyonu da büyük önem taşır. Kesit tayininin mukavemetten ziyade sınırlandırılan sehimle etkilendiği haller olabilir (Wasti 1968).

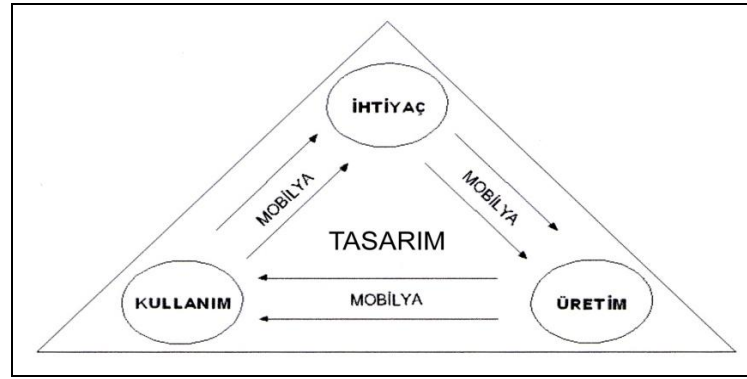
Yük altındaki malzemenin içinde meydana gelen gerilmeler ile şekil değiştirmeler arasındaki bağıntıların, mühendislik hesaplamalarında önemli bir yeri vardır. Mühendislik uygulamalarında, etki eden yükler altında doğacak olan şekil değiştirme ve gerilmelerin teorik yoldan hesaplanabilmesi için, o malzemeye ait gerilme deformasyon denkleminin deneysel olarak tayin edilmesi gerekmektedir (Erman 1974).

Performans deneyleri, mobilya ürün mühendisliğinin son aşamasıdır. Bu deneylerin amacı, kullanım sırasında karşılaşılabilecek problemleri önceden belirlemek ve mobilya henüz kullanıma girmeden ve üretilmeden önce değişiklikleri ve geliştirmeleri yapmak amacıyla tasarımcıya geri besleme sağlamaktır. Sonuç olarak, performans deneyleri, üründe ön görülen

fonksiyonların yerine getirilip getirilmediğini anlamak için uygulanan hızlandırılmış kullanım deneyleri olarak tanımlanabilir (Erdil 2002).

Bütün bu aşamalar sayesinde deneyimlerin katkıları bir mobilyanın yapım ve tasarımında deneme yanılma yöntemini ortadan kaldırmış ve yerine bilimsel gerçeklere dayanan, doğruluğu kanıtlanmış bir metot olarak “Kullanım Yerine Bağlı Tasarım Metodu” ortaya çıkmıştır (Tankut 2000).

İnsanın ilkel ve kültürel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak üretilen her eşya gibi diğer boyutlarının yanı sıra, mobilyanın tasarım boyutu da olmalıdır. Şekil 1.1’de bir ürün (eşya) olarak mobilya genel tasarım süreci verilmektedir (Efe 1994).



Şekil 1.1 Mobilya genel tasarım süreci (Efe 1994).

1.2.2 Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Sistemleri

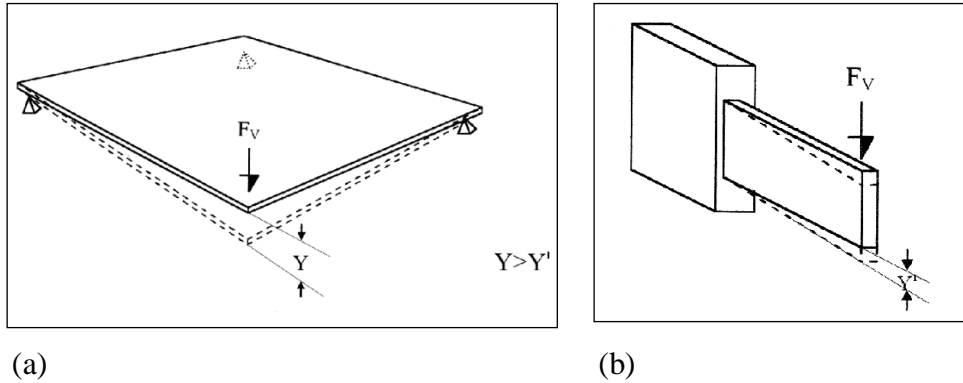
Fonksiyonel estetik yaklaşım açısından mobilyalar, temel eylem biçimine, kullanım mekânına yaş gruplarına, fonksiyon yapısına, kullanıldığı eşyalara, estetik ve fonksiyon ağırlığı vb. hususlara göre sınıflandırılabilirler.

Mühendislik ve ekonomik kriter açısından mobilyalar, malzeme türlerine, genel konstrüksiyon biçimlerine, montaj sürecine, ergonomik kriterlere, malzeme ve üretim kalitesi ile standartlara uygunluk vb. hususlara göre analiz edilebilirler (Örs ve Efe 1998).

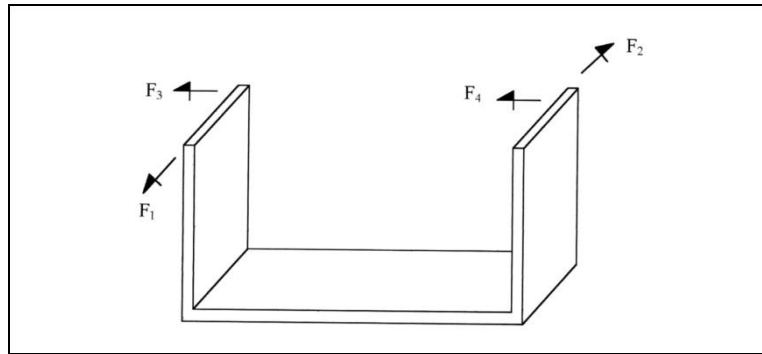
Tabla tipi konstrüksiyonda yapının mukavemeti ve sağlamlığı önemli oranda tablaların burulma direnci ve rijitliğine bağlıdır. Bir mobilyanın tüm elemanları tablolardan oluşuyorsa

kutu mobilya tipi olarak tanımlanabilir. Çoğunlukla dört yanlı, bir arkalı olurlar ve bu durumlarıyla tamamlanmış bir çerçeve şeklinde görünürler. Mekanik yapım bakımından kutu kompleks olup, iç çerçevesi bulunanlar daha da karmaşık bir yapı arz ederler. Sadece tablolardan oluşan kutular, çerçeve artı tablolardan oluşan konstrüksiyon tiplerine göre daha sade bir yapı özelliğindedir. Mutfak dolaplarının yapısı çerçeve-tabla konstrüksiyona iyi bir örnek gösterilebilir. Fabrikada çerçevesi hazırlanan mobilyaların daha sonra tablaları eklenir. Çerçeveseler kendilerini taşıyabilseler bile bağlandıktan sonra rijitliklerin de önemli bir artış meydana gelir.

Bu konstrüksiyonda tablalar Şekil 1.2 a'daki gibi yüzey köşesinden yüklenirse çok esnek, Şekil 1.2 b'deki gibi cumbadan yüklenirse oldukça rijit davranış özellikleri gösterirler. Tablalar boy eksenlerine dik yönde kolayca eğilmekte, ters yönde ise çok zor konum değiştirmektedir.

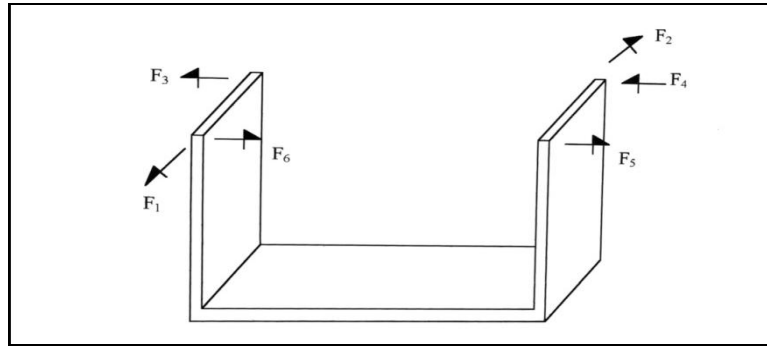


Şekil 1.2 Tablolarda yükleme modelleri (a) Yüzeyden yükleme, (b) Cumbadan yükleme. (Efe 1994).

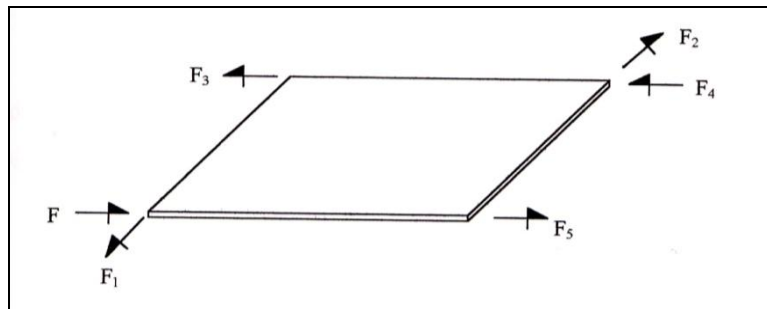


Şekil 1.3 Kutu mobilya konstrüksiyonunda konsol kiriş gösterimi (Eckelman 1991).

Şekil 1.3’de görülen yan tablaların her birisi konsol kirişin yapısal özelliğini gösterir. Bu tablalar kendi düzlemlerinde oldukça rijittirler. F_1 ve F_2 kuvvetlerinin etkisi altında katı konsol kiriş davranışı gösterirler. Normal olarak tablalar kendi düzlem yüzeylerinin dik yönünde ise oldukça esnekler. F_3 ve F_4 kuvvetlerinin etkisinde kaldıklarında eğilmeye fazla direnç göstermezler. Üç elemanlı bu yapı bulunduğu özgün konumunu koruyabilecek hale getirilecek olursa F_1 ve F_2 kuvvetlerinin neden olacağı çarpıklık engellenecektir. Buna rağmen yan tablaların düzlem yüzeylerine dik yönde etki eden F_3 ve F_4 yanal kuvvetlerine direnç olacaktır. Bu durum Şekil 1.3’deki gibi yapıya arkalık ilavesi ile sağlanmaktadır. Burada aynı zamanda bir konsol kiriş özelliğindeki arkalığın tablolara dik açıda yer almasıyla F_1 , F_2 , F_3 , ve F_4 kuvvetlerinin etkisi ya da yönü düzlem yüzey içerisinden düzlem yüzeyinden dışarı olmak gibi tamamen ters bir pozisyona geçerler. Arkalık F_3 ve F_4 yanal etki kuvvetlerine karşı rijit bir şekilde direniş gösterebilir ve bunların düzlem yüzey iç kuvvetleri olarak etkileri transfer edilir. Buna rağmen F_5 ve F_6 gibi yanal etki kuvvetleri, yan tablaların desteklenmeyen köşelerine uygulanacak olursa tablalar köşegen eksenleri doğrultusunda çarpılacaktır (Şekil 1.4). Bu iki köşenin eğilmesi yapıya bir üst tablanın ilavesi ile engellenebilir (Şekil 1.5).

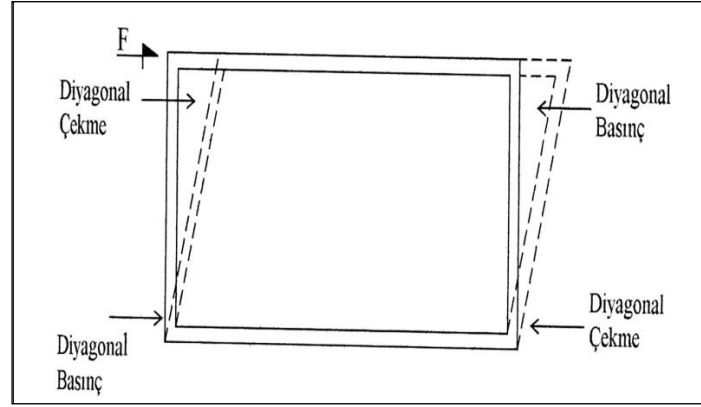


Şekil 1.4 Kutu mobilyada rijitlik sağlayan kademeler (Eckelman 1991).



Şekil 1.5 Kutu mobilya konstrüksiyonunda rijit yapının elde edilmesi (Eckelman 1991).

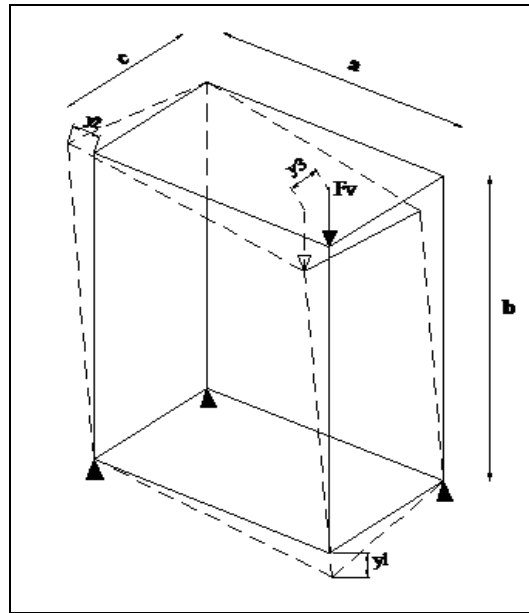
Sisteme ilave edilen arkalık elemanının gevşetilmesi durumunda, kutuya sol üst kısımdan etkileyecek bir "F" yatay kuvveti, mobilyanın köşelerinde karşılıklı olarak çekilmeye ve/veya basılmaya çalışan çekme ve basınç gibi köşe elemanlarının oluşmasına neden olabilir (Şekil 1.6) (Eckelman 1991).



Şekil 1.6 Yarı rijit kutu mobilyada "F" yatay kuvvetinin etkisi ile köşelerde oluşabilecek diyagonal çekme ve diyagonal basınç elemanları (Eckelman 1991).

1.2.3 Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyaların Yer Değiştirme Analizi

Yapının bütünü için kutuda her bir elemanın rijitliği önemlidir. Basit beş tablalı bir kutu Şekil 1.7'de görüldüğü gibi üç köşesinden mesnetlenmiştir.



Şekil 1.7 Bir F_v yükü altındaki kutunun yer değiştirme miktarı (Eckelman 1991).

Dikey F_v yükü altında mesnetlenmemiş olan köşenin yer değiştirmesi Eşitlik 1.1 ile hesaplanır (Eckelman 1991).

$$y_d = \frac{F_v}{f_v(B)/y_v(B) + f_v(T)/y_v(T) + (2b^2/a^2)(f_v(S)/y_v(S) + (b^2/c^2)(f_v(R)/y_v(R))} \quad (1.1)$$

Burada;

a = genişlik (mm).

b = yükseklik (mm).

c = derinlik (mm).

y_d = desteksiz olan köşenin F_v yükü altındaki yer değiştirmesi (mm).

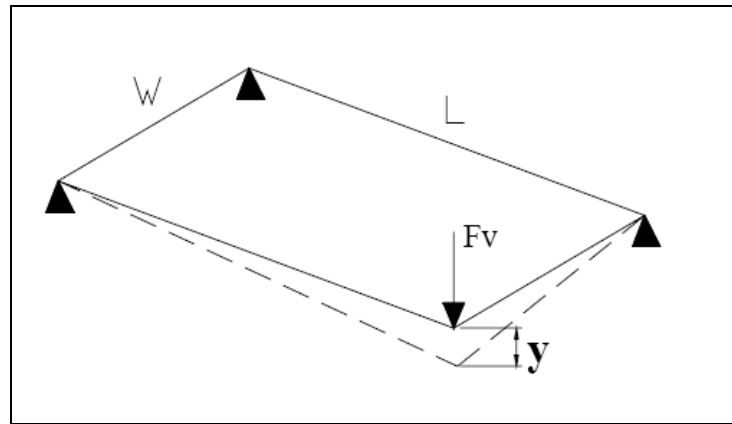
$f_v(B) / y_v(B)$ = alt levhanın burulma direnç değeri.

$f_v(T) / y_v(T)$ = üst levhanın burulma direnç değeri.

$(f_v(S) / y_v(S))$ = yan levhanın burulma direnç değeri.

$(f_v(R) / y_v(R))$ = arkalık levhanın burulma direnç değeri.

Formül sonucuna göre öncelikle her levhanın rijitlik değerlerinin bulunması gerekir. Alt, üst, yanlar ve arkalık panellerinin burulma dirençleri deneysel olarak bulunabilir. Şekil 1.8'de görüldüğü gibi test edilecek panel üç noktadan mesnetlenmiştir ve mesnetlenmeyen dördüncü noktadan F_v düşey yükü yüklenmiştir. Mesnetlenmemiş olan köşenin yer değiştirmesi ölçülür. Daha sonra kuvvet yer değiştirmeye bölünerek rijitlik değeri hesaplanır.



Şekil 1.8 Levhaların F yükü altındaki yer değiştirme miktarı (Eckelman 1991).
Levhaların F yükü altındaki rijitlik modülü Eşitlik 1.2 ile hesaplanır (Eckelman 1991).

$$\frac{f_v}{y_v} = \frac{t^3 G}{3wL} \Rightarrow G = \frac{f_v}{y_v} \cdot \frac{3 \cdot w \cdot L}{t^3} \quad (1.2)$$

Burada;

f_v = panelin köşesinden uygulanan dikey yükleme dış kuvveti (N).

y_v = yer değiştirme miktarı (mm).

t = levha kalınlığı (mm).

L = levha uzunluğu (mm).

w = levha genişliği (mm).

G = rijitlik modülü (N/mm²).

1.2.4 Kutu Rijitliği Tanımlamaları

Şekil 1.9 a'daki gibi dikey bir 'F' yükü uygulanırsa kutunun serbest köşesindeki yer değiştirme "y" ile gösterilir f/y değeri kutunun rijitliğini verir.

Şekil 1.9 b'deki gibi diyagonal yükleme T-kuvvetler, kutunun açık tarafındaki köşelerden içeriye doğru elmas şeklinde bükülerek uygulanmıştır. Diyagonal yüklemdeki kuvvet Eşitlik 1.3 ile hesaplanır (Kotaş 1958).

$$T = \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{b} \cdot \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1.3)$$

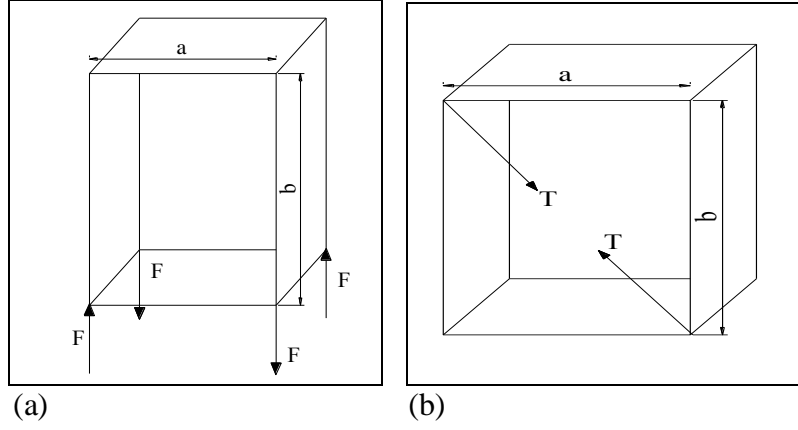
Burada;

T = diyagonal kuvvet (N).

F = üst veya alttaki burulma kuvveti (N).

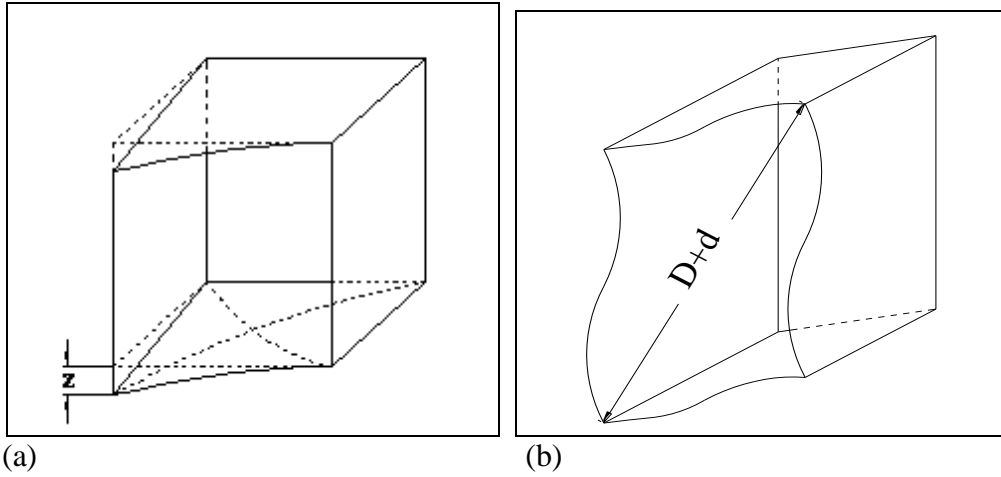
b = açık yüz yüksekliği (mm).

a = genişlik (mm).



Şekil 1.9 Kutularda yükleme modelleri (a) Burulma yükleri-Twisting forces, (b) Diyagonal yükler-diyagonal forces (Kotaş 1958).

Deforme edici kuvvetlerin uygulama yollarını belirledikten sonra, kutunun deformasyon ölçüm yolu Şekil 1.10'da gösterilmiştir.



Şekil 1.10 Deformasyon ölçme yöntemleri (a) Kutunun deformasyonu, (b) Diyagonal yükler diyagonal forces (Kotaş 1958).

Burulan kutunun deformasyonu (a) bir tarafın bir köşesinin yer değiştirmesi (z) olarak tanımlanır. Diğer metot da açık yüzün uzunluğu köşegenel olarak ölçülmüştür. Kutu sadece bir şekle bükülebildiği için üst veya alt köşelerinin sapması ile köşegenin açık tarafının uzunluğunun değişimi arasında karmaşık bir ilişki meydana gelmektedir. Bu ilişki Eşitlik 1.4 ile hesaplanır (Kotaş 1958).

$$d = \frac{2bz}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (1.4)$$

Burada;

d= diyagonal uzunluğun değişimi (mm).

z= tabanın bir köşesinin sapması (mm).

b= kutunun yőkseklęi (mm).

a= kutunun genişliği (mm).

1.3 MOBİLYA MUKAVEMET TASARIMINDA SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİNİN KULLANILMASI

Sonlu elemanlar yöntemi, farklı mühendislik dallarınca, özel analizler gerektiren mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan nümerik bir yöntemdir. Sonlu elemanlar yöntemini temel alan ANSYS programı, 1971 yılından günümüze kendisine giderek daha büyük bir uygulama alanı bulacak şekilde geliştirilmiştir (Anıl ve Belgin 2007).

Sonlu elemanlar metodu; karmaşık olan problemlerin daha basit alt problemlere ayrılarak her birinin kendi içinde çözülmesiyle tam çözümün bulunduğu bir çözüm şeklidir. Metodun üç temel niteliği vardır: Birincisi, geometrik olarak karmaşık olan çözüm bölgesi sonlu elemanlar olarak adlandırılan geometrik biçimli basit alt bölgelere ayrılır. İkincisi her elemandaki, sürekli fonksiyonlar, cebirsel polinomların lineer kombinasyonu olarak tanımlanabileceği kabul edilir. Üçüncü kabul ise, aranan değerlerin her eleman içinde sürekli olan tanım denklemlerinin belirli noktalardaki (düğüm noktaları) değerleri elde edilmesinin problemin çözümünde yeterli olmasıdır. Kullanılan yaklaşım fonksiyonları interpolasyon teorisinin genel kavramları kullanılarak polinomlardan seçilir. Seçilen polinomların derecesi ise çözülecek problemin tanım denkleminin derecesine ve çözüm yapılacak elemandaki düğüm sayısına bağlıdır (Topçu ve Taşgetiren 1998).

1.4 MOBİLYA ÜRETİMİNDE KULLANILAN AĞAÇ VE AĞAÇ ESASLI MALZEMELER

Ağaç malzeme:Doğal yapıda olması, insan sağlığını olumlu yönde etkilemesi ve estetik görünümü ağaç malzemenin avantajları olarak kabul edilmektedir.

Kontrplak:Soyma kaplamaların, lif yönleri birbirine dik konumda ve orta katlar dış katlardan daha kalın olmak üzere 3,5,7,9 gibi tek sayılı katlar şeklinde yapıştırılması ile elde edilen tabakalı stabil malzemelerdir.

Kontratabla:Ağaç malzemenin çalşmasını önlemek için körağaç denilen ve lif yönleri zıt olarak birleştirilen ağaç malzemelerin her iki yüzüne kontra gelecek şekilde yapıştırılan kaplama levhası veya kontrplaktan hazırlanan 3,5 veya 7 katlı tabladır.

Yongalevha:Odundan elde edilen kurutulmuş yongaların sentetik reçine tutkalları ile karıştırılıp yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile üretilen geniş yüzeyli levhalardır.

Lif levha:Bitkisel liflerin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinde yararlanarak yada yapıştırıcı madde ilave ederek oluşturulan levha taslağının kurutulması veya preslenmesi sonucu elde edilir (Örs ve Keskin 2001).

Yönlendirilmiş Yongalevha: 0,5-0,7 mm kalınlıkta, en çok 140 mm uzunlukta çam yongalarından üretilmiş üç katmanlı bir levhadır. Dış iki katmandaki yongalar levha boyu yönünde, orta katmandaki yongalar ise buna dik yönde yer alır. Bilgisayar kontrollü Conti-Roll preslerde yüksek basınç ve sıcaklık altında preslenmektedir (Eckelman 1991).

Ahşap ve ahşap kompozit malzemeler ile mekanik bağlantı elemanları kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların statik yük altında meydana gelen; elastik deformasyon, toplam deformasyon, sünme, rijitlik ve geri kazanım performanslarının deneysel sonuçları ile sonlu elemanlar yöntemlerinden (FEM- Finite Element Method) endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan ANSYS analiz programı ile yapılan bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analiz sonuçların mobilyanın genel mukavemeti açısından kabul edilebilir tahmini değerler verip vermediğinin ve bunların mobilya ürün mühendisliğinde kullanılıp kullanılmayacağı belirlenmesi amaçlanmaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

Şeker akçaağacı (*Acer saccharum*), meşe (*Quercus borealis*) ve kavak (*Populus nigra*) odunları üzerinde yapılan tek kavelalı birleştirmelerin çekme ve eğilme direncine kavela çapı ve en fazla 50 mm'ye kadar kavela boyu etkili bulunmuş, diğer şartlar eşit olmak üzere çekme direnci bakımından tek kavelalı T-tipi birleştirmenin I-tipi boy birleştirmeye göre % 70 daha avantajlı olacağı belirtilmiştir (Eckelman 1969).

Şeker akçaağacı (*Acer saccharum*) odunları ile aynı malzemedan elde edilen 60 mm boyunda, 9.5 mm çapında kavelalarla, ürefoaldehit tutkalı kullanılarak yapılan çift kavelalı T-tipi birleştirmelerin yorulma direnci deneylerinde; birleştirmenin yorulma limiti (fatigue limit) statik mukavemetinin 1/6'sı kadar bulunmuştur (Eckelman 1970).

Metal plakalı çivili birleştirmeler uzun süreli yüklemelere tabi tutulmuştur. Araştırma sonuçları odun özgül ağırlığının ve metal plakalarının kalınlığının bu tür birleştirmelerde sünme üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca çivilere tutkal uygulanmasının sünme direncini arttırdığı gözlenmiştir (Sliker 1970).

Yeterli tutkal kullanımının kavela tutma mukavemeti üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Yongalevha ile oluşturulan kavelalı köşe birleştirmelerde, tutkalın hem kavela yüzeylerine hem de kavela deliği duvarlarına sürülmesinin, sadece kavela deliği çeperine sürülmesine göre birleştirmelerin mukavemetini %35 arttırdığını belirlemiştir (Engleson 1973).

Ağaç malzemenin liflere paralel makaslama direncinin vida tutma mukavemetini belirlemede yoğunluktan daha iyi bir gösterge olduğunu vurgulamış, yoğunluğun yongalevhanın vida tutma mukavemetinin belirlenmesinde iyi bir gösterge olduğunu bildirmiştir (Eckelman 1975).

Mobilya yapımında yaygın olarak kullanılan sac vidasının ağaç malzemenin yan yüzeyinden çekme kuvvetinin Eşitlik 2.1 ile hesaplanabileceğini bildirmiştir (Eckelman 1978).

$$F = 3,204 D (L - D)^{0,75} S_x \quad (2.1)$$

Burada;

F = çekme kuvveti (N).

D = vida çapı (mm).

L = vida girme derinliği (mm).

S_x = ağaç malzemenin liflere paralel makaslama direnci (N/mm²).

Yongalevha örnekleri dirençlerinin % 10 ve % 20'si oranında yüklemeye maruz bırakılmışlardır. Bu deneylerde 15 günün sonunda % 10 oranında yüklenen örneklerde toplam sünme elastik deformasyonun % 48'i, % 20 oranında yüklenen örneklerde toplam sünme elastik deformasyonun % 53'ü oranında olmuştur (Haygreen vd. 1975).

Ceviz odunundan farklı boyutlardaki kavelalarla hazırlanmış 60 adet deney örneğini karşılaştırmıştır. Tüm örnekleri üre-formaldehit tutkalı ile yapıştırmış, çerçeve tipi ve kasa tipi kavelalı birleştirmelerde eğilme karakteristiklerini incelemiştir. Sonuç olarak, kasa tipi birleştirmelerin, çerçeve tipi birleştirmelere göre daha mukavemetli, kayıt kalınlığı 20 mm olan birleştirmelerin, kayıt kalınlığı 25, 30 ve 38 mm olanlara göre 14 kat daha elastik olduğunu bildirmiştir (Eckelman 1979).

Farklı çap ve boyuttaki ahşap vidaların yongalevhadaki çekme dirençlerinin araştırıldığı çalışmada, vida boyunun artması ile çekme direncinin de arttığı, vida çapındaki artışın ise çekme direncinde azalmaya yol açtığı belirtilmektedirler (Fujimoto ve Mori 1983).

Mobilya yapımında kullanılan yönlendirilmiş yongalevha (OSB), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve yongalevha gibi ahşap kompozitlerinin, çeşitli yüzey biçimlerindeki kavelalar ile tutma mukavemetlerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, fazla miktarda tutkal kullanımının mukavemeti arttırdığını, spiral yivli yüzeyli kavelaların, düz yivli kavelalardan daha yüksek mukavemet gösterdiğini, ayrıca, yüzeyden kavela tutma mukavemetinin, kullanılan

malzemenin iç yapışma direnci ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (Cassens ve Eckelman 1985).

“Kutu Mobilyaların Analizinin Kapsamlı Bir Metodu” adlı çalışmalarında, sonlu eleman metodunu kutu mobilyaların sapma özelliklerini araştırmak için kullanmışlardır. Analizler, rafların sapsınının, üst ve alt tablalarda aynı olduğunu ve bu bölmelerin sapsmalarının da kutunun her iki kenarında eşit olduğunu göstermiştir. Hem raf hem de bölme içerebilen bir kutunun desteklenmemiş bir köşesinin sapsmasını tam olarak tahmin edebilen bir denklik geliştirilmiştir. Mobilya üreticileri bu denkliği panel kutu tasarımlarını optimize etmek için kullanabileceğini belirtmişlerdir (Eckelman ve Rabiej 1985).

Yongalevha ve lif levhalarda kullanılan 8 mm çapında ve 40 mm boyundaki kavelaların, taşıyıcı eleman içindeki uzunluğu 22mm, karşı elemanda ise 18 mm olması gerektiği belirtilmektedir (Pfungsten 1985).

Sünme ile yapılan bir araştırmada %30 luk bir yükleme sonucu toplam sünme iki yılsonunda elastik deformasyonun % 212’ si kadar olmuştur (Pierce vd. 1985).

Rijitlik derecesi değerleri değişen 3 tip bağlantı tekniği kullanarak kutu mobilya üzerinde bunların birleştirme sağlamlığına etkisini değerlendirmişlerdir. Sonuçlara göre; kutunun katılığı üzerinde birleştirmelerin önemli etkisi bulunmaktadır. Köşe birleştirmeler, kavela ve metal bağlantılarla güçlendirilirse sağlamlığında kademeli olarak artacağı vurgulanmıştır (Lin ve Eckelman 1987).

Bir kutu sisteminin rijitliği üzerinde, bağlantıların etkisini belirlemek için genel bir metot geliştirmişlerdir. Sonuçlara göre; levhalar menteşe ve benzeri semi-rijit birleştirmelerdense, rijit birleştirildiğinde bir giriş gibi levha kenarlarının eğilmeye karşı direnç gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Eckelman ve Munz 1987).

Piyasada mevcut bulunan orta yoğunlukta lif levhalarda kenardan ve yüzeyden çeşitli ölçülerdeki sac vidalarının tutma yeteneklerini araştırmıştır. Çalışmasının sonuçlarına göre, MDF yüzeyden vida tutma direncinin Eşitlik 2.2, kenardan vida tutma direncinin ise Eşitlik 2.3 ile hesaplanabileceğini bildirmiştir (Eckelman 1988).

$$f_y = 39 IB .85 D . 5 (L - D / 3) 1.25 \quad (2.2)$$

$$f_k = 18.4 IB .85 D . 5 (L - D / 3) 1.25 \quad (2.3)$$

Burada;

f_y = yüzeyden vida tutma mukavemeti (pound).

f_k = kenardan vida tutma mukavemeti (pound).

IB= iç yapışma direnci (psi).

D= vida çapı (inches).

L= vida girme derinliği (inches).

Lateral kuvvetlere maruz kalan yerlerde ağaç vidaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ağaç vidaları aynı çaplı çivilere göre daha büyük bir lateral kapasiteye sahip, fakat maliyeti biraz daha yüksektir. Ağaç vidaları ile yapılan birleştirmelerde, birleşme yerlerinde meydana gelen açılmayı (yarılma) önlemek için pilot deliklerinden de faydalanılmalıdır (Eckelman 1991).

Yongalevha, lif levha, kontratabla, suntalam, werzalit gibi ahşap levhaların soket vida tutma kuvveti üzerinde, soket vida boyunun doğru, çapının ise ters orantılı etkisi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, ön delik çap oranı ve vida dış adımı ile dış yüksekliğinin soket vida tutma kuvveti üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir (Efe 1992).

Ahşap levhaların soket vida tutma mukavemetlerinin araştırıldığı çalışmada, ahşap levhaların özgül ağırlıklarının, vida tutma mukavemeti üzerinde doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, soket vidanın ise, vida uygulama boyu, ön delik çap oranı (pilot), diş sayısı ve diş yüksekliğinin doğru orantılı, diş adımı aralığının ise ters orantılı olduğunu belirtmiştir (Efe 1993).

Kutu konstrüksiyonlu kavelalı köşe ve orta birleştirmelerin mukavemetinin, kullanılan kavela sayısı artırılmak suretiyle % 5–15 arasında arttırılabileceğini bildirmişlerdir (Cai ve Wang 1993).

Ön delikler yalnızca vidaya kılavuzluk yapma görevini değil aynı zamanda vidanın yüzeye dik yönde ve kolayca girmesini sağlama görevini de yapmaktadır. Buna ek olarak, uygun

çapta ön delik açıldığı takdirde, MDF ve yongalevhanın vida tutma mukavemetinin önemli derecede arttığını vurgulayıp, ön delik çapının, vida dış dibi çapının MDF ve yongalevha için % 80– 85'i olmasının mukavemet açısından uygun olduğunu belirtmişlerdir (Rajak ve Eckelman 1993).

Yongalevha ile farklı boyut ve çaptaki tek kavelalarla yapılan birleştirmelerde, çekme ve basınç dirençleri 6,5 mm ile 9,5 mm kavelalarda artmaktadır. Kavelalı elemanın karşısındaki taşıyıcı elemanda, kavela boyu 6,5 mm ile 16 mm arasında iken direnç yine artmakta, kavelalı elemanda kavela boyu 20 mm ile 38 mm arasında iken, direnç değerlerinde önemli bir farklılık olmamaktadır. Kavelalı elemanda kavela boyunu, basınç elemanları için 20 mm, çekme elemanları için ise 25 mm olarak önermektedirler (Zhang ve Eckelman 1993).

Yongalevha ve lif levhalar üzerinde “L” tipi tabla köşe birleştirme numuneleri, farklı boy ve çaplarda mobilya bağlantı vidaları ile 1’ den 32’ ye kadar artan sayılı dizilerle basınç deneylerine alınmıştır ve basınç mukavemetinin, bağlayıcı alanların artışına bağlı olarak düzenli şekilde arttığı tespit edilmiştir. Belli bir noktadan sonra mukavemet artışı olmadığı, bağlantıyı sağlayan vidaların boyunun direnç üzerinde çaplarından daha fazla etkili olduğu, birleştirmede kullanılan tutkalın birleştirmenin direnci üzerindeki etkisinin, levhanın kendi tutkalından daha fazla olduğu belirtilmektedir (Wan-Quan ve Eckelman 1993).

Levha kompozitleri ile ahşap kirişler arasındaki sünmeyi incelemişlerdir. Bu amaçla yongalevha, MDF ve kontrplak örnekleri ahşap kirişlere çivi ile birleştirilmiştir. Bu malzemeler içinden en çok sünme gösteren kontrplak, en az sünme gösteren ise MDF olmuştur (Jang vd. 1993).

Kutu konstrüksiyonlu “Moltinject” tipi köşe birleştirmelerin, kavelalı birleştirmelerle kıyaslamalı olarak mukavemetini ve rijitliğini analiz etmişlerdir. Ayrıca “Moltinject” tipi köşe birleştirmelerin defleksiyonu, sonlu elemanlar metodu kullanılarak tahmin edilebilmiştir (Cai vd. 1995).

Mobilya elemanlarının yapısal tasarımının, hiçbir zaman matematiksel teorilerin konusu olmadığını, bunun yerine eleman ölçülerinin belirlenmesinde geçmiş tecrübelerin ve estetik faktörlerin etkili olduğunu belirtip, bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve teknolojinin gelişmesiyle, modern sonlu elemanlar programlarının tasarım sürecinin birçok basamağında

kullanımının mümkün olduğunu vurgulamıştır. Bu amaçla, bir sandalyenin yapısal analizini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak yapmış, sonuçta kullanılan eleman ölçülerinin biraz daha düşürülmesi durumunda dahi sandalyenin aynı mukavemeti gösterebileceğini belirlemiştir (Gustafsson 1995).

Yongalevha ile yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyada, sıcaklık ve basınç altında “Polyamide” eriği ile yapılan “Moltinject” tipi köşe birleştirmenin kavelalı birleştirmeye göre daha başarılı bulunduğunu belirtmektedir (Ping 1995).

Çam (*Pinus sylvestris* L.), Kayın (*Fagus orientalis* L.) ve meşede (*Quercus borealis* L.) kavela özelliklerinin, birleştirmenin direncini diğer birleştirme elamanlarından daha fazla etkileyeceği, kavelalar arası uzaklık ile kavela çap ve boyunun gerekenden fazla arttırılmasına direncin azalmasına neden olacağı belirtilmiştir (Jang 1995).

“Yongalevha ile Üretilmiş Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda Mühendislik Uygulaması” adlı tezinde, kutuların sağlamlıkları, birleştirmelerin dirençleri ve boşluklu yongalevhaların bazı fiziksel ve mekaniksel özellikleri araştırmıştır. Boşluklu yongalevhaların dirençleri (katılık ve sertlik), yongalevhalarından daha yüksek çıkmıştır. Boşluklu yongalevhaları ile birleştirilen masif konstrüksiyonlu kutu mobilya uygulamaları için kavelalı birleştirmelerin uygun olduğu belirtmiştir (Güntekin 1996).

Yongalevhadan hazırlanmış kutu konstrüksiyonlu köşe birleştirmelerinin basınç yükü altındaki mukavemet özelliklerini araştırmışlardır. Sonuçta kutu mobilya üretiminde kavelalı köşe birleştirmelerin uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir (Özçifçi vd. 1996).

Kenarları (cumba) masifli ve kaplamalı yongalevhalarda en yüksek vida tutma direnci masiflenmiş yongalevhada elde edilmiş, açılan ön deliklere (pilot hole) uygulanan tutkalın, vida tutma direncini önemli miktarda artırıcı etki yaptığı tespit edilmiştir (Doğanay vd. 1997).

Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap malzemenin, liflere paralel ve dik yöndeki vida tutma direncinin araştırıldığı çalışmada, her iki yönde de en etkili malzemenin Doğu kayını odunu olduğu bunu Werzalit, MDF ve Yongalevhanın izlediği belirtilmektedir (Doğanay 1998).

Mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında uygulanan geleneksel ve alternatif birleştirmelerin mekanik özelliklerini araştırmıştır. Bu maksatla çerçeve tipi konstrüksiyonlarda mevcut çekme, eğilme ve makaslama mukavemet elemanları kavelalı tutkallı, zıvanalı tutkallı ve özel tipte iki bağlantı elemanı (multifix ve minifix) ile bunların kombinasyonundan oluşan bir bağlantı olmak üzere toplam beş çeşit birleştirme statik yük altında denemeye tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre; esnek birleştirme sağlayan alternatif bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmeler, rijit birleştirme sağlayan geleneksel birleştirmelere göre daha başarılı bulunmuştur (Örs ve Efe 1998).

Lif levha ve yongalevha ile oluşturduğu L-tipi kavelalı köşe birleştirmelerde sırasıyla 2, 3, 4, ve 5' li kavela dizilerinin basınç ve çekme dirençlerini araştırmıştır. Deney sonuçlarına göre, lif levhalar, yongalevhalar, 8 mm çaplı kavelalar, 10 mm. çaplı kavelalara üstünlük sağlamıştır. Ayrıca yongalevhalar da yivli yüzeyli, lif levhalarda düz yüzeyli kavelalar daha başarılı bulunmuş, kavela sayısındaki artışın çekme direncinde artışa, basınç direncinde ise azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Efe 1998).

Cıvatalı ahşap birleştirmelerin statik yük taşıma kapasitelerini deneysel ve teorik olarak analiz etmişler, cıvata çapı, eleman kesit ölçüleri gibi farklı yapısal parametrelerin mukavemet üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bilgisayar destekli teorik analizlerde bir sonlu elemanlar metodu olan doğrusal elastik kırılma mekaniğinden faydalanmışlardır. Deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması, sonlu elemanlar metodunun, cıvatalı ahşap birleştirmelerin yük taşıma performansını tahmin etmede uygun bir metot olduğunu göstermiştir (Daudeville vd. 1999).

Kaliteli mobilya tasarımında, yüksek mekanik özelliklere sahip ve performans karakteristikleri iyi olan kompozit levhaların kullanılması gerektiğini belirtmektedir (Eckelman 1999).

Kutu mobilya konstrüksiyonunda geniş kullanım alanı bulunan çekme ve basma yükleri altındaki yabancı çıtalı ve trapez bağlantı elemanlı 150 x 150 x 18 mm ölçülerindeki yonga levha ve lif levhalar ile oluşturulan "L tipi" köşe birleştirme deney elemanlarının dirençlerini belirlemiştir. Deney sonuçlarına göre lif levhaların, yongalevhalar, demonte birleştirmelerin ise sabit birleştirmelere üstünlük sağladığını belirtmiştir (Efe 1999).

“Ağaç Esaslı Kompozit Kutu Mobilyalardaki Gelişmiş Bağlayıcılar ve Birleştirme Metotlarının Gelişimi ve Değerlendirilmesi” adlı tezinde, kutu mobilyalarda kullanılan birleştirme teknikleri ve bağlayıcıların testleri yapmıştır. Kenar kırılma mukavemet testleri sonuçlarına göre; köşe birleştirmelerdeki kırılma mukavemetinin hem levha yüzeyine dik çekme (IB) hem de eğilme direnci (MOR) özelliklerinde yaklaşık karekök oranında artışını göstermiştir. Kenar çekme testleri sonuçları; kenar ölçüsü ve yuva çapının hem lif levha hem de yongalevhada çekme direnci üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Vida ile tutkal kullanımının çekme direncini, hem MDF hem de yongalevha panellerinde artırmıştır. Birleştirmelerin performansının bağlayıcıların fiyatlarına bağlı olmadığını, bir çok durumda düşük maliyetli bağlayıcıların daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir (Eren 1999).

Doğu kayını (*Fagus orientalis*L.), Doğu ladini (*Picea orientalis*L.) ve etiket yongalı levha (Waferboard: WFB)'larda en yüksek çekme direnci Doğu Kayını odununda gerçekleşmiş olduğu belirtilmektedir (Özçiftçi ve Doğanay 1999).

Kenarları 5, 8 ve 12 mm kalınlığında masif malzeme ile kaplanmış ve masifsiz yongalevha deney örneklerine, 6, 8 ve 10 mm çapındaki kavelaları 25 mm derinlikte girecek şekilde polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile yapıştırılmıştır. Kavela çekme deneyleri sonucunda, en yüksek direncin 6 mm çaplı kavela ile 12 mm kalınlıkta masif kaplı yongalevhada elde edildiğini bildirmiştir (Uysal 1999).

Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden; tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin mukavemet özelliklerini araştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre lif levhaların yongalevhalara, tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığı belirtilmiş, deneylerde en iyi sonucun tutkalsız multifixli köşe birleştirmelerin verdiğini, ikinci sırayı ise tutkalsız minifixli köşe birleştirmelerin aldığını bildirilmiştir (Efe ve Kasal 2000).

Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde mekanik özellikler konulu çalışmada, tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerinin mukavemet özelliklerini araştırmıştır. Sonuç olarak tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığını bildirmiştir (Şafak 2000).

Ahşap esaslı levhalarda (yongalevha, suntalam ve MDF) köşe birleştirme tipi (kavelalı, yabancı çitalı ve lambalı) ve tutkal çeşidinin (P.V.A. ve polimarin) diyagonal basınç ve çekme direncinin araştırıldığı çalışmada, en iyi ahşap esaslı malzemenin kaplamalı MDF, en iyi birleştirme çeşidinin yabancı çitalı birleştirme ve en iyi tutkalın ise polimarin tutkalı olduğunu belirtilmektedir (Taş 2000).

Kutu mobilyaların direnç özelliklerinin araştırılması adlı çalışmada sonlu elemanlar metodu ile farklı birleştirmelerde suntalamdan üretilmiş kutu mobilyaların statik yükler altında analizini yapmıştır. Bağlantılarda sabitleme elemanlarının konum sayısının etkisini kutu mobilyaların sağlamlığı ve direnci üzerinde yatay ve dikey parçaların etkisini ve kutu-arka panel arasındaki bağlantı tiplerini araştırmıştır. Kutu mobilyaların direnç ve rijitliklerinin elemanlarının kendi burulma (torsional) dirençlerinden etkilendiğini ve arka panel ile kutu birleştirme tiplerinden etkilendiğini, belli bir ölçekte bağlayıcıların konumundan etkilendiğini ortaya koymuştur (Crisan 2001).

“Panel Tabanlı Kutu Mobilyaların Dayanımı ve Direncinin Geliştirilmesi” adlı tezinde ağaç kompozit malzemelerinden üretilmiş dolapların yapı olarak güvenilir ve dayanıklılığını sağlamak için kitaplıklar üzerinde mühendislik tasarımının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Toplamda 18 kitaplık yapılmış ve test edilmiştir. Çalışmada kitaplıklara yüklemeler yapılmış ve raf sehimleri araştırılmıştır. Raf sehimleri miktarlarının, malzeme kalınlığı ve tipine, raf desteklerine ve raf uçlarının katılıklarına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Kutuların raf kenarlarındaki bağlayıcılarında uzun vidaların kullanılması ile daha düşük sehim değerleri elde edilmiştir. En yüksek dayanım MDF panellerinde elde edilmiştir. Vidaların kutu arkalıklarından rafa sabitlenmesi, rafların başlarının sabitlenmesi, levha kalınlığının artırılması veya yüksek elastikiyet modülüne sahip olması mevcut tasarımların performanslarının geliştireceğini ortaya koymuştur (Denizli 2001).

Diğer bir çalışmada yongalevha, orta yoğunluklu lif levhalardan üretilen kitaplık raflarının uzun süreli yük altında sehimleri (defleksiyon) araştırılmıştır. Raflar sabit ve demonte (Ready-to-Assemble) olarak hazırlanmış, sabit raflar vidalı birleştirme ile demonte raflar ise kavelalı raf pimleri ile yapılmıştır. Test modellerinin hazırlanmasında üç tip konstrüksiyon kullanılmıştır. İlk olarak raflar sadece yandan vidalar ile sabitlenmiş, ikinci bir çalışmada raflar hem yandan hem arkalıktan vidalanma ile sabitlenmiş, üçüncü çalışmada ise kitaplığın ön çerçevesinde kalınlaşma yapılmıştır. Çalışma sonucunda sehiminin raf kalınlığına,

malzemenin türüne yoğunluğuna ve raf yükleme metoduna bağlı olduğu görülmüştür (Denizli 2001).

Rafların sabitlenmesinde arkalıktan yapılan vidalamanın sehimi azalttığı görülmüştür. Ayrıca vida uzunluğu rafların daha az eğilmesini sağlamıştır. Yine bu çalışmada kitaplığın ön cumbasına yapılan kalınlaştırmanın rafların eğimini azalttığı, çalışmada kullanılan orta yoğunluklu lif levha raflarının, yongalevhaya göre daha dayanıklı olduğu bulunmuştur (Denizli 2001).

Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde, vida çapının çekme ve basınç dirençlerine olan etkisinin araştırıldığı çalışmada, demonte (vidalı) birleştirmelerin, sabit (vidalı+tutkallı) birleştirmelere göre daha başarılı bulunduğu, malzeme çeşitlerinden sentetik reçinelerle kaplanmış lif levhanın (MDFlam), reçine emdirilmiş kağıt kaplı yongalevha, lif levha ve yongalevhadan daha başarılı bulunduğu belirtilmektedir. Çekme deneylerinde 4 mm çaplı vidaların, basınç deneylerinde ise 5 mm çaplı vidaların daha başarılı bulunduğu belirtilmektedir (Diler 2001).

Doğu kayını, sarıçam ve meşe odunlarından hazırlanan çerçeve konstrüksiyonlu mobilya T-tipi birleştirmelerde, Doğu kayınının en başarılı malzeme olduğunu, demonte birleştirmelerin tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığını bildirmişlerdir (Efe ve İmirzi 2001).

Kavelanın kontrplak ve yönlendirilmiş, yongalevha (OSB) ile tutma mukavemeti hakkında gerekli temel verileri sağlamaya çalışmışlardır. Test sonuçlarını sayısal formüller haline getirerek ürün tasarımcılarının kavela tutma mukavemetini kavela çapı, derinliği ve kompozitin yoğunluğunun fonksiyonu olarak tahmin etmelerini amaçlamışlardır (Erdil ve Eckelman 2001).

Yongalevhadan yapılmış, kutu konstrüksiyonlu tek kavelalı köşe birleştirmelerin moment kapasitelerini elde etmişlerdir. Köşe birleştirmelerin direncinin kavela çapı ile doğru orantılı olarak arttığını vurgulamışlar ve her kalınlık için en uygun kavela çaplarını belirlemişlerdir (Norvydas ve Papreckis 2001).

Kutu konstrüksiyonlu, tutkalsız ve tutkallı vidalı mobilya köşe birleştirmelerde çekme dirençlerini karşılamışlardır. Tutkallı birleştirmelerde poliüretan esaslı desmodur-VTKA

tutkalının kullanıldığı araştırmada yapılan deneyler sonucunda; MDF Lam ve 4x50 vidaların daha başarılı bulunduğunu bildirmişlerdir (Örs vd. 2001).

Ahşap kompozit malzemelerin mobilya çerçeve konstrüksiyonun da kullanımının yaygınlaştığı ve geleneksel malzemelerle karşılaştırılması gerektiğinden hareketle, meşe, kavak, çam kontrplak, ESL (engineered strand lumber) ve yongalevhadan hazırladıkları T-tipi deney örneklerinde çekme ve eğilme dirençlerini belirlemişler, en yüksek direnci masif meşe ve çam kontrplak, en düşük direnci ise yongalevhanın verdiğini bildirmişlerdir (Zhang vd. 2001).

Endüstriyel bazı OSB ve kontrplak levhalarının fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit etmişler, OSB levhaların kontrplak yerine kullanılma durumunu belirlemeye çalışmışlardır. OSB levhalarının direnç değerleri kontrplaklardan düşük çıkmasına rağmen, ambalaj sandığı, döşeme, döşeme altı, çatı kaplama ve duvar bölmesi gibi kullanım alanlarında yapısal kontrplak yerine kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Akbulut vd. 2002).

Farklı yüzey malzemeleri ile kaplanan yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin kullanılan yüzey kaplamasına göre nasıl bir etkilenme gösterdiğini tespit etmiş, yüzey malzemeleriyle kaplanan yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin yüzey kaplama malzemesine bağlı olarak iyileştiiğini bildirmiştir (Akkılıç 2002).

Kutu konstrüksiyonlu kavelalı ve minifiks tipi bağlantı elemanlı köşe birleştirmelerdeki gerilmeleri ve zorlanmaları sonlu elemanlar metoduyla analiz etmişlerdir. Sonuçta, katı modellerde oluşan gerilme konsantrasyon alanlarının, gerçek birleştirmelerdeki gibi geliştiğini gözlemlemişler ve köşe birleştirmelerdeki gerilme dağlılımlarını doğru olarak tahmin edebilmişlerdir (Nicholls ve Crisan 2002)

Demonte mobilya birleştirmelerinin direnç dağlılımları isimli çalışmalarında, metal konstrüksiyonlu trapez bağlantılı demonte birleştirmelerin direnç özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda bu tip birleştirmelerin avantajlarını ortaya koymuşlardır (Smardzweski ve Prekrad 2002).

Kontrplak ve OSB'den üretilmiş kavelalı birleştirmelerin torsiyonel, yanal (lateral), düz çekme ve eğilme yükleri karşısındaki mekanik davranışlarını incelemişler, sonuç olarak bu

malzemelerin çerçeve konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Zang vd. 2002).

Melamin reçine emdirilmiş kağıt kaplı yongalevha (Suntalam) ile yapılan köşe birleştirmelerde, levha yüzeylerindeki yapışma mukavemetinin araştırıldığı çalışmada, köşe birleşme yerlerindeki diyagonal zorlamaya karşı direncin yüksek olabilmesi için, suni reçine kaplanmış yüzeyin birleştirmeye katılan kısmının (yapışma ara kesit yüzeyinin) zımparalanması ve diğer tabla kenarının ise masif yada PVC bantları ile çevrilmesi gerektiği, bu elemanlarının yapıştırılmasında öncelikle DVTKA tutkalı yada ikinci sırada montanjkit ve D4 tutkalı ile tutkallanması, tutkallı birleşme yerlerinde vidalı destekleme yapılması gerektiği belirtilmektedir (Çakır 2003).

Doğu kayını, sarıçam ve meşe odunlarından elde edilen T-tipi iki vidalı birleştirmelerde, eğilme momentinin (M); tek vidanın çekme kuvveti (F) ile iç moment kolunun (d) çarpımı ile tahmin edilebileceğini bildirmişlerdir (Efe vd. 2003).

Tabla tipi vidalı (tutkalsız) ve tutkallı vidalı mobilya köşe birleştirmelerinin eğilme moment dirençlerini araştırmışlardır. Deneyler sonucunda; tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelerden, lif levhaların yongalevhalarından, 4x50 vidaların 5x60 vidalardan daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir (Efe vd. 2003).

Montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özelliklerini araştırmıştır. 18 mm kalınlığındaki MDF ve yongalevhalarından mekanik bağlantı elemanları ve kavela kullanılarak köşe birleştirme örnekleri hazırlanmış, her bir köşe birleştirmesi için bir bağlantı elemanı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin kavela ile yapılan birleştirmelere göre daha az dirençli ve daha esnek olduklarını ve malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnci etkilediğini bildirmiştir (Güntekin 2003).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyada, vidalı köşe birleştirmelerin. Moment taşıma kapasitelerinin belirlenmesi isimli çalışmada sabit (vidalı+tutkallı) birleştirmeler ile demonte (vidalı) birleştirmeleri karşılaştırmış ve sabit birleştirmelerin demonte birleştirmelerden daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir (Önder 2003).

Masif ağaç malzeme (Doğu kayını, Sarıçam ve Kavak) ve ağaç esaslı kompozit malzemelerden (Okume kontrplak, Kavak kontrplak ve Lif levha) hazırlanan kutu konstrüksiyonlu mobilya dişli köşe birleştirmelerin eğilme dirençlerinin araştırıldığı çalışmada, en başarılı malzemenin Okume kontrplak, en başarısız malzemenin ise masif çam ve kavak şeklinde bulunduğu belirtilmekte olup, kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde ağaç esaslı kompozit malzemelerin teknik ve ekonomik bakımdan kullanılması gerektiğini belirtmektedirler (Örs vd. 2003).

Pilot deliği açılması, lateral yönde vida tutma direncini olumlu yönde etkilemiştir. Vidalamadan önce açılan pilot deliği, vidalama işleminin daha kolay olmasını ve kenarlarda meydana gelebilecek yarılmaların önlenmesini sağladığı belirtmiştir (Göktaş vd. 2004).

Bisküvi tipi yabancı çıtalara ile hazırlanmış köşe birleştirmelerinin direnç özelliklerini etkileyen bazı (bisküvi tipi yabancı çita delik merkezleri arası mesafe, levha dış kenarları arası mesafe, levha tipi, yapıştırma tekniği) faktörler araştırılmış, tutkallı ve tutkalsız birleştirmelerde lif levhada yüksek olduğu, bisküvi merkezleri arası mesafenin 15 cm olmasının mukavemeti 10 ve 12,5 cm'ye göre biraz arttırdığı, bisküvit çıtalara kenar ile olan mesafesinin 5 - 6,5 - 7,5 cm olmasının mukavemet yönünden herhangi bir farklılık oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır (Tankut 2004).

Masif ahşap ve ahşap kompozit malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların performansını araştırdığı çalışmada, oturma mobilyası sektöründe ahşap kompozitlerin masif ahşap malzemeye alternatif olarak kullanılabileceğini, ahşap kompozit malzeme kullanımının kapalı döşeme gerektiren koltuk ve kanepelerde estetik sorunlar oluşturmayacağını, sökölür-takılır birleştirme tekniklerinin tasarım, üretim ve kullanımında esneklik sağlayabileceğini bildirmiştir. Ayrıca sonlu elemanlar metodu ile yapılan analizlerin, mobilyanın genel mukavemeti açısından makul tahmini değerler verdiğini tespit etmiştir (Kasal 2004).

“Kavelalı Birleştirilmiş Mobilyaların Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi” adlı çalışmada, levhaların kavela ile birleştirilebilirliğini deneye dayalı rasyonel parametreler ile kesinliğe kavuşturmayı ve kavelalı birleştirilen mobilya birimlerinin rijitliklerini ve dirençlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Buna göre;

- Kavela çapı, kenardan uzaklığı, kavela derinliği, kavela merkezleri arasındaki mesafe, bir kavelalı birleştirme sisteminin direnci üzerinde kavela sayısının etkisi.
- Kavelalı birleştirmede göçme tipleri, birleştirme konstrüksiyonundaki temel parametrelerin göçme tipine bağımlılığının kesinleştirilmesi.
- Parça konstrüksiyonu ve kavelalı birleştirme direnci üzerinde teorik ve deneysel değerlendirmeler yapmıştır (Norvydas 2004).

“Mutfak Dolabı Arka Panellerin Direnç ve Konstrüksiyon Teknikleri” adlı tezinde, mutfak dolabı arka panellerinin konstrüksiyonunda kullanılan tutkalların direnç özelliklerini değerlendirmiştir. Üç farklı tutkal türü ile farklı birleştirme teknikleri uygulamış bu örnekler üzerinde eğilme, çekme ve makaslama testleri yapmıştır. Ayrıca ısı ve rutubetin değişik kullanım şartlarına etkisini, tutkalın fazla kullanımının etkisini araştırmaya dahil etmiştir. Deneysel sonuçlarında, eğilme testleri altında etil-vinil asetat tutkalının diğerlerine göre daha iyi olduğunu, çekme ve makaslama her üç tutkalın farksız olduğunu, ayrıca fazla tutkal kullanımının birleştirme dirençlerinin artısında rol oynamadığını ortaya koymuştur (Tora 2004).

“32 mm Kutu Konstrüksiyonlu Köşe Birleştirmeleri İçin Optimum Kavela Mesafeleri” adlı çalışmada Türk mobilya endüstrisinde artan 32 mm’lik kutu konstrüksiyon kullanımı, uygulamalı direnç dayanımının değerlendirilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Makale 32 mm’lik kutu konstrüksiyondaki köşe birleştirmelerinin eğilme moment kapasitesi üzerine kavela mesafelerinin etkisinin değerlendirme sonuçlarını vermektedir. Yongalevha ve MDF köşe birleştirmeleri basınç ve çekme yükleri altında test edilmiştir. Hem basma hem de çekme testlerinde MDF köşe birleştirmeleri yongalevhadan daha dayanıklı olduğunu belirtmiştir (Tankut 2005).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda minifiksli köşe birleştirmelerin moment taşıma performanslarının araştırıldığı çalışmada; malzeme çeşidi ve birleştirme elemanı ikili etkileşimine göre, çekme ve basınç deneylerinde en yüksek değeri metal dübelli kontrplak malzeme vermiş, en düşük değer ise metal dübelli yongalevha malzemedeki elde edilmiştir. Bunun nedeni metal malzemenin lifli yapısı olan ağaç malzemeye en yakın özelliklerdeki kontrplak malzemenin liflerine daha iyi tutunabilme özelliğinden, yongalevhanın ise yongalarının diğer malzemelere göre kendi aralarındaki adezyonun zayıf olmasından, dolayı

dübel bu yongaların arasına girerken bu yongaları kopararak girerek tutunabilme özelliğini yitirmiş olmasından kaynaklanmış olabileceğini belirtmiştir (Aslan 2006).

Kabin tipi birleştirmelerde modüler sistemler için farklı RTA birleştiriciler kullanılarak köşe birleştirmelerin moment direncine bakılmış ve sonuç olarak RTA köşe birleştiricilerinin direnci üzerinde materyal, yükleme ve birleştirici tipinin önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca RTA köşe birleştiricilerin tüm tiplerinde çekme direnci, basınç direncinden daha yüksek olmuştur. Çalışma sonucunda gerek basınç gerekse çekme dirençleri lamine kaplanmış MDF köşe birleştirmeler, lamine kaplanmış yongalevha köşe birleştirmelerden ortalama %22 daha düşük çıkmıştır. MDF ile yapılan birleştirmeler ve metal parçalı trapez birleştiriciler en yüksek direnç değerlerini vermiştir. Ayrıca yongalevha ile yapılan rafix birleştirmeler en zayıf birleştirme tipi olduğu belirlenmiştir (Tankut 2006).

“Yarı-rijit Köşe Birleştirmeleri Sayısal Analizinde Bir Hata Mekanizması Olarak Kenar Kırılmaları İle Levhalarda Dağılıma” adlı çalışmalarında rijitlik ve mobilya çerçeve dirençlerini belirlemek için mobilya üretiminde çeşitli bağlantılar kullanılarak deneysel çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada MDF levhalar için bağlayıcıların kapanmaya sebep olduğu yüklerin bir sonucu olarak köşe birleştirme problemleri sunulmaktadır. Bağlantılarda birleştirmelerde elde edilen gerilme modeli sonuçları; deney sonuçlarının sayısal analizinde kullanılmıştır. Sonuçta bu tip birleştirmelerin yük taşıma kapasitesini artırmak için yüklere maruz kalan birleştirme alanında levhanın bölgesel direncinin artırılması gerektiği bildirilmiştir (Mostowski ve Sydor 2006).

“Kutu Konstrüksiyonda Vidalı Birleştirmelerin Yük Kapasiteleri Üzerine Vida Dış Şekli ve Bağlantı Tipinin Etkisi” adlı çalışmada, mobilyada yongalevha bağlantıları için birçok vidalı birleştirmenin uygunluğu değerlendirilmiştir. Köşe birleştirmeleri ve düz birleştirmelerin eğilme moment direnci ve kenar vida çekme direnci üzerine bağlantı tipi, vida boyun çapı, vida dış adımı ve vida dış şeklinin etkilerini belirlemek için testler yapılmıştır. Kalın vida boyun çapı, eğilme moment direnci ve vida çekme direncini artırmıştır, ancak ince vidalar raf birleştirmelerinde daha yüksek kenar çekme kuvveti taşımıştır. Her dokuz dişte bir dış adımı artırıldığında kenardan yüksek vida çekme direnci elde edilmiştir. Vida boynuna kadar tamamen dış açılan vidalar kenardan yükleme testlerinde en iyi sonucu vermiştir. Vidalar ticari aynı markalarla karşılaştırıldığında biraz daha farklı bir dayanım göstermiştir. Geniş esnekliğe sahip PVC’lerin bu vidalarla birleştirilmesi halinde ya da tutkalsız kenar

birleştirmeleri yapılması halinde tüm testlerde bağlantı performansı düşmüştür (Park vd. 2006).

Mobilya endüstrisinde sık kullanılan masif ve ahşap kompozit malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile T-tipi birleştirmelerin performans özelliklerini araştırmıştır. Denemelerde masif ahşap malzemelerden, sarıçam (*Pinussylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), ahşap kompozit malzemelerden ise, yongalevha, kaplamalı yongalevha, yönlendirilmiş yongalevha (OSB), kalıplanmış yongalevha (werzalit), kağıt esaslı reçine kaplamaları ile kaplanmış yongalevha (suntalam), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve okume (*Aucoumeaklaineana*) kontrplak kullanılmıştır. Mekanik bağlantı elemanlarından, eksantrik bağlantı elemanı blum, trapez, minifix, yıldız ve alyan başlı vidalar ve ahşap kavela kullanılarak birleştirme örnekleri hazırlanmıştır. Deneylerde her bir birleştirme tekniği için bir bağlantı elemanı kullanılmış olup, malzeme türüne göre başarılı sıralaması en yüksek Doğu kayınında elde edilmiş, bunu sırasıyla kontrplak, werzalit, MDF, OSB, sarıçam, suntalam, kaplamalı yongalevha ve yongalevha izlemiştir. Sonuç olarak malzeme türlerine göre istatistiksel anlamda; kontrplak ve werzalit, MDF ve OSB, sarıçam ve suntalam, yongalevha ve kaplamalı yongalevha çiftleri birbirlerinden farklı çıkmamıştır. Birleştirme çeşidine göre kuvvet taşıma performansı değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek direnci kavelalı birleştirmeler vermiştir (Efe ve İmirzi 2007).

Performans deneyleri sonuçlarına göre, mobilya üretiminde kullanılan malzemelerin eğilme direnci ve elemanların kesit özellikleri (atalet momentleri) birleştirmelerin mukavemeti üzerinde etkili çıkmıştır. Bilgisayar destekli analizler sonucunda, birleştirme yerlerinde önemli bir eğilme zorlaması olduğu anlaşılmıştır. Buna göre, eğilme dirençleri yüksek olan malzemeler ile daha güçlü birleştirmeler ve dolayısıyla daha mukavemetli mobilya sistemleri elde etmek mümkün olabilir (Kasal vd. 2007).

Kavela çapı ile kenardan ve yüzeyden kavela tutma performansı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu, 10 mm çapındaki kavelaların 8 mm çapındakilere tercih edilmesinin, ürün tasarımcılarına teknik ve ekonomik açılardan yarar sağlayacağını bildirmiştir. Benzer şekilde, kavela etkili boyunun artışı da, hem kenardan kavela tutma hem de yüzeyden kavela tutma performansının artmasına neden olduğunu, kenardan çekme deneylerinde optimum kavela derinliğin 20 mm, yüzeyden kavela çekme deneylerinde ise 13 mm olarak tespit edilmiştir.

Mobilyalarda, kavelalı birleştirmelerin tasarımında, yukarıda bahsedilen kriterlerin dikkate alınmasının mukavemet açısından faydalı olacağı belirtilmiştir (Kasal 2007).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda kullanılan bazı modüler bağlantı elemanlarının direnç özelliklerinin belirlendiği çalışmada; malzeme türü, diyagonal basınç ve bağlantı elemanı etkileşimi bakımından, en yüksek direnç değeri Dođu kayın da çift ektirmeli bağlantı elemanı ile en dūřuk; suntalam da kendinden plastik dūbelli metal minifiks bağlantı elemanı ile tespit edildiğini belirtmiştir (Kılıçalp 2007).

Farklı yapım teknikleri ve değişik kalınlıklardaki ahşap kompozit malzemeler ile üretilmiş 1 / 1 ölçekli kutu tipi mobilyaların mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, ön çerçeveli kutular ön çerçevesiz kutulara göre daha yüksek mukavemet göstermiş, kontrplak ve MDF ile üretilen kavelalı vidalı deney kutuları ise daha fazla yük taşımıştır. Levha kalınlığına göre ise 18 mm kalınlığında hazırlanan deney örnekleri, 16 mm kalınlığındaki levhalardan daha iyi sonuçlar vermekle beraber, 14 ve 16 mm kalınlığındaki malzemelerin de teknik ve ekonomik açılardan uygulanabilirliği ortaya konulmuştur (İmirzi 2008)

Basınç kuvvetlerine karşı, çekme kuvvetleri daha iyi performans göstermiştir. ekmeye alışan kuvvetlere karşı MDF, yongalevhadan basmaya çalışan kuvvetlere karşı ise yongalevha, lif levhadan daha iyi performans göstermiştir. Tutkal çeşidine göre; en iyi direnci PVAcD4 tutkalı göstermiştir. Birleştirme eşidinde çekme denemeleri sonucuna göre; en iyi direnci oluklu kavelalı birleştirme, basınç denemeleri sonucuna göre ise; en iyi direnci bisküvili birleştirme göstermiştir (Tankut 2009).

Ahşap esaslı malzemedan yapılmış tabla köşe birleştirmede malzeme çeşidi olarak yüksek direnç gösterenler şöyle sıralanmıştır. Basınç direncine göre sonuçlar; Okume, kontrplak, MDF, MDF lam, yongalevha, suntalam, OSB şeklinde çıkmıştır. Bunun sebebi malzemelerin yoğunluğu, geçirgenliği, homojenliğinin daha fazla olmasından kaynaklanmış olabilir (Danacı 2009).

Kabin tipi mobilyalar kullanım yerlerinde çekme ve basınç kuvvetlerine maruz kaldığından, değişkenlerin birbirleri arasındaki etkileşimleri incelendiğinde genel olarak bu tip

konstrüksiyonlarda; 0,4 mm'lik melamin kenar bantlarıyla MDF lam'ların kullanımı uygun bulunmuştur (Tankut 2010).

Deneylede meydana gelen deformasyon (açılma-daralma) miktarları bilgisayar ortamında Sonlu Elemanlar Metodu (SEM-ANSYS Multiphysics) ile analiz edilerek teorik modelleme yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda uygulamalı deneylerden elde edilen deformasyon miktarının, teorik modelleme ile yaklaşık % 90 – 99 uyumlu olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, ahşap köşe birleştirmelerin direnç özelliklerinin belirlenmesinde sonlu elemanlar metodu kullanımının gerçeğe çok yakın değerler verdiği belirlenmiştir (Yörür 2012).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1 MATERYAL

3.1.1 Ahşap ve Ahşap Kompozit Malzemeler

Deney örneklerinin hazırlanmasında mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yerli ağaç türlerinden Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), kompozit malzemelerden (TS EN 312-2;1999) esaslarına uygun üretilmiş 18 mm kalınlığında yatık yongalı yongalevha, (TS 64-3 EN 622-3; 2005) esaslarına uygun üretilmiş 18 mm kalınlığında orta yoğunlukta Lif Levha (Medium Density Fiberboard: MDF), 4 mm kalınlığında orta sert Lif Levha (Medium Density Fiberboard: MDF) kullanılmıştır.

3.1.1.1 Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Özellikleri ve Kullanım Alanları

Fagaceae familyası türlerinden olup, ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Tam kuru yoğunluğu (D_0) 0,68 g/cm³, hava kurusu yoğunluğu (D_{12}) 0,72 g/cm³ tür. Emodülü 15700 N/mm², eğilme direnci (σ_E) 120 N/mm², liflere paralel çekme direnci (σ_C) 132 N/mm², liflere paralel basınç direnci (σ_B) 60 N/mm² dir. Odunu sert ve ağırdır, işlenmesi kolaydır. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tormalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. İyi renk verilebilir ve iyi cila kabul eder. Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, alet sapları, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levha, parke, fiçî sanayisinde, karoser yapımı, yongalevha, lif levha ve kağıt odunu olarak, emprenye edildiği takdirde transvers yapımında kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Göker 1987).

3.1.1.2 Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF)

Orta yoğunlukta lif levhada, iç ve dış tabaka farklılıkları belirgin olmayıp, enine kesitteki özgül ağırlıkları yaklaşık eşittir. Bu da levhanın homojen bir yapı göstermesini sağlamaktadır. Homojen yapısı, levhanın kenar ve yüzeylerinin frezelenerek düzgün yüzeyler oluşturulmasını sağlayıp yüzey veya kenarlarına çeşitli profiller verilebilmesini ve masif çıta yapıştırılmadan lamba-zıvana açılabilmesini sağlamakta ve birçok alanda masif yerine kullanılmaktadır. Yoğunluğunun yüksek ve işlemede az pürüzlü yüzeyler sağlaması çeşitli lake, boya ve vernik gibi sıvı yüzey işlemleri ile katı yüzey işlemleri yani doğal veya yapay kaplamalarla işlem görmesini sağlamaktadır.

MDF'nin önemli sakıncası; uygun kesicilerin kullanımını (özellikle orta sert liflevhalara yüzey ve kenar profillerinin verilmesinde) gerektirmesidir. Bu amaçla bıçakların kesici kısımlarının elmas veya yüksek hız çeliği olması iyi bir işleme sağlamakta ve bıçakların kullanım süresini dolayısıyla üretim kapasitesini artırmaktadır. Günümüzde, üretimde gelişmiş makinaların ve bıçakların (komple veya takım halinde) kullanımı bu sorunu da önemli oranda azaltmaktadır (Eroğlu 1988).

3.1.1.3 Yongalevha (YL)

Mobilya endüstrisinde yaygın kullanımlara sahip olan yatık yongalı levhaların özelliklerini iyi işlenebilme, yeknesak ve nispeten düşük yoğunluk, dikey dirençlere yeterli yüzey sağlaması, yeterli vida tutma direnci, şişme eğiliminin azlığı, yeknesak (uniform) kalınlık, çarpılma özelliğinin olmaması, her iki yüzeyde de aynı genleşme ve direnç sağlaması, masif ağaç malzeme tutkalları ile kaplama levhalarla kaplamalarına oldukça iyi özellikler göstermesi, standart ölçülerinin oldukça iyi bir kullanılabilirlik göstermesi, düşük veya yüksek basınçla preslenmiş plastik malzemelerle ve ahşap kaplamalarla kaplandığında boyalarla yüzey işlemlerinin kolaylığı şeklinde sıralanabilmektedir.

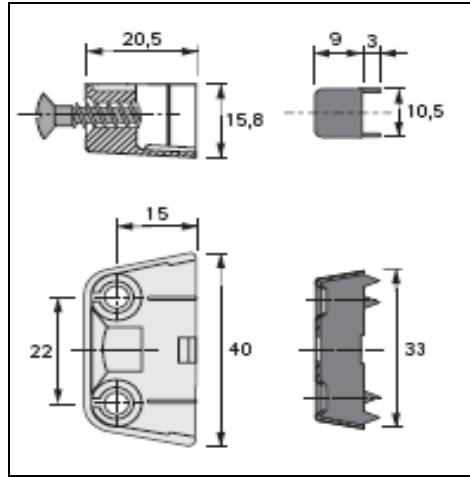
Yongalevhaların diğer önemli sakıncası, çivi ve vida tutma özelliğinin düşük olmasıdır. Fakat son zamanlarda özel vidaların ve çeşitli birleştirme araç ve yöntemleri ile donatıların (plastik dübelller, özel tas menteşeler, metal birleştirmeler vb) geliştirilmesi bu sakıncasını da ortadan kaldırmıştır. Ayrıca; kenar dirençlerinin düşük olması ve doğrudan şekil verilememesi diğer sakıncalardan biridir. Buda levha kenarlarının kaplanmaları ve masiflenmeleri

gerektirmektedir. İşlemler atölye tipi üretimlerde elle, seri üretimlerde ise makinelerle gerçekleştirilmektedir

3.1.2 Bağlantı Elemanları

3.1.2.1 Trapez Bağlantı Elemanı

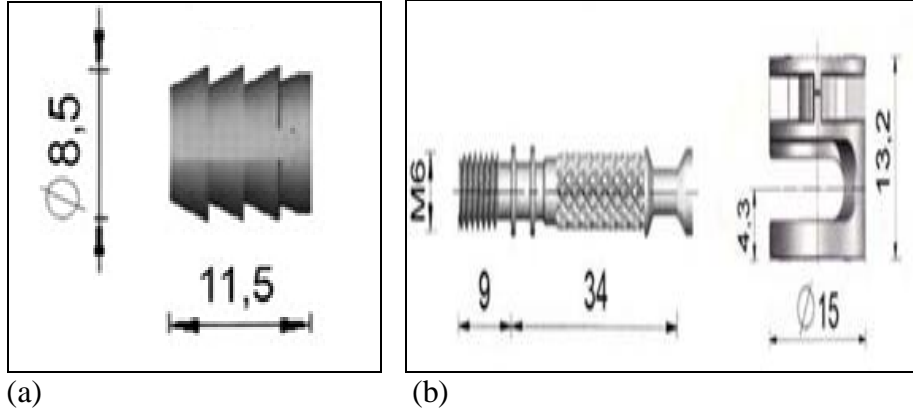
Trapez bağlantı elemanları komple metal veya çelik/plastikten üretilen daha çok kutu tipi büyük hacimli demonte mobilyaların bağlantısında uygulanan mobilya birleştirme gereçleridir (Hettich International 2000).



Şekil 3.1 Trapez bağlantı elemanı (ölçüler mm) (Hettich International 2000).

3.1.2.2 Plastik Dübelli Minifiks Bağlantı Elemanı

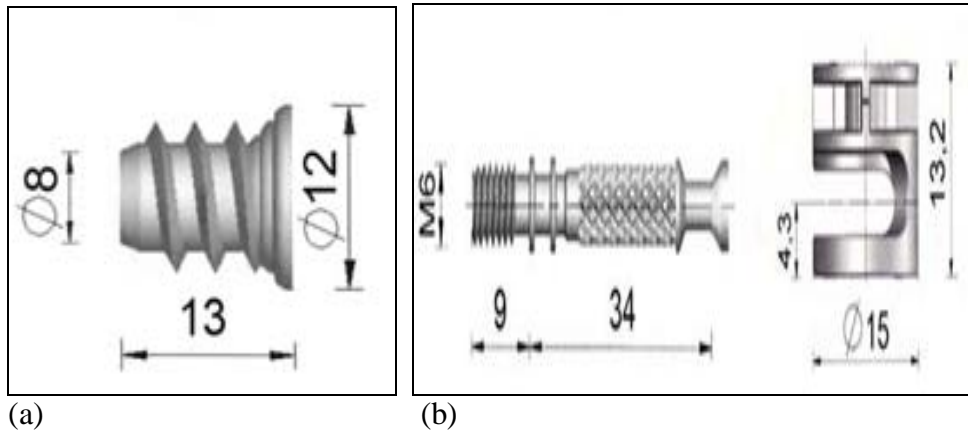
Merkezden kaçırılmış noktaların meydana getirdiği kavisli bir çizgiden oluşan silindirik bir elemanın bir ucu vidalı diğer ucu özel form veya şekilli bir başka elemanı sıkması esasına göre çalışan galvanizli metal ya da çeşitli alaşımlardan yapılan bağlantı gereçleridir(Hettich International 2000).



Şekil 3.2 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı (a) Plastik dübel, (b) Eksantrik mil ve kafa (ölçüler mm) (Hettich International 2000).

3.1.2.3 Metal Dübelli Minifix Bağlantı Elemanı

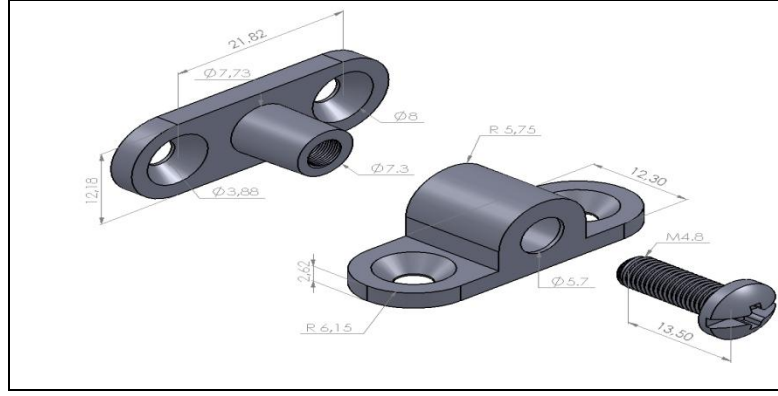
Merkezden kaçırılmış noktaların meydana getirdiği kavisli bir çizgiden oluşan silindirik bir elemanın bir ucu vidalı diğer ucu özel form veya şekilli bir başka elemanı sıkması esasına göre çalışan galvanizli metal ya da çeşitli alaşımlardan yapılan bağlantı gereçleridir (Hettich International 2000).



Şekil 3.3 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı (a) Metal dübel, (b) Eksantrik mil ve kafa (ölçüler mm) (Hettich International 2000).

3.1.2.4 Metal T Bağlantı Elemanı

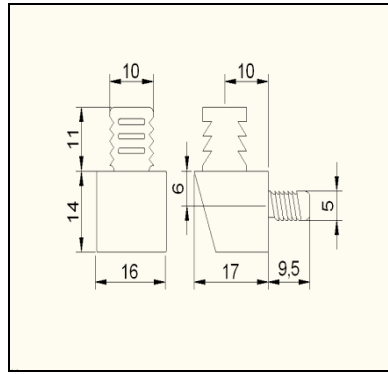
Metal T bağlantı elemanı, dikey tabla ile yatay tablaların birbirine tutturulmasında, masa ve sehpa için üst tablalarının ayaklara bağlanmasında kullanılır.



Şekil 3.4 Metal T bağlantı elemanı (ölçüler mm) (Hettich International 2000).

3.1.2.5 Pipo Bağlantı Elemanı

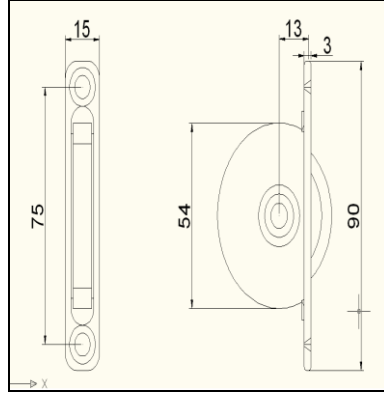
Pipo bağlantı elemanı mukavemet açısından oldukça iyidir. Trapez bağlantı elemanı gibi en önemli parçası bağlantı vidasıdır. İş parçalarına bağlama işlemi için diğer trapez bağlantı elemanlarından farklı olarak ek işlemler gerektirir. Dübel prensibine dayanılarak geliştirilmiş bir bağlantı elemanı olup sağlamlığı oldukça iyidir (Hettich International 2000).



Şekil 3.5 Pipo bağlantı elemanı (ölçüler mm) (Hettich International 2000).

3.1.2.6 Ay Bağlantı Elemanı

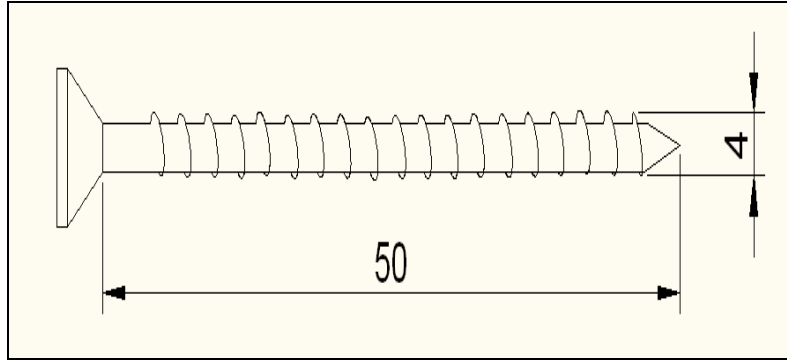
Çelik sacdan üretilen eksantrik sistemli bağlantı elemanıdır. Ay Bağlantı, tamamen çelik sacdan yapılmış olup eksantrik sistem sayesinde mükemmel bir bağlantı sağlar. Bu tip çektirmeler doğrudan doğruya tablalara vidalanır.



Şekil 3.6 Ay bağlantı elemanı (ölçüler mm) (Hettich International 2000).

3.1.2.7 Vida Bağlantı Elemanı

Deneyleerde özellikle odun kompoziti levhalardan üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan, 4 mm çapında ve 50 mm boyundaki tam boy dişli vidalar kullanılmıştır. Kullanılan vidanın diş dip çapı 2,4 mm, diş adımı ise 1,8 mm'dir (TS 61; 1978).



Şekil 3.7 Vida bağlantı elemanı (ölçüler mm).

Vidalı birleştirmelerde, konstrüksiyon amacına uygun olması için çapı yaklaşık vida boyun çapı, derinliği ise vida etkili boyu kadar olacak şekilde kılavuz deliklerin açılması önerilmektedir. Genel olarak yivli kısım için ön delik çapı yumuşak ahşap malzemede vida diş dibi çapının % 70'i sert ahşap malzemede ise vida diş dibi çapının % 90'ı olmalıdır (Trinka 1989).

Açılan kılavuz delikleri, malzemenin çatlamasını önlemekte ve vida dişlerinin optimum şekilde görevlerini yapabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu önerilere uygun olarak

vidalama işlemlerinde, levha yüzeylerine boydan boya 4 mm çapında delik açılmış, levha kenarlarına ise 2,5 mm çapında, 18 mm levha kalınlığı için 32 mm derinliğinde ön delikler (pilot hole) açılmıştır.

3.2 DENEY MATERYALLERİN FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Levhaların bazı özelliklerinin belirlenmesi hem deney örnek dirençlerini hem de literatürde bu konuda yapılan çalışmalarla karşılaştırma yapılması bakımından önemli görülmektedir. Bu bakımdan levhaların fiziksel özelliklerinden yoğunluk ve rutubet miktarları ile mekanik özelliklerinden eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü belirlenmiştir.

3.2.1 Yoğunluk ve Rutubet Miktarları

Yoğunluk ve rutubet miktarlarının belirlenmesi (TS EN 326-3; 2001), (TS EN 323;1999) ve (TS EN 322; 1999) esaslarına uygun olarak yürütülmüştür. Bu amaçla Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), MDF ve yongalevha malzeme çeşidinden hazırlanan 50x50 mm boyutlarında 20'şer adet örnekten yararlanılmıştır. Örneklerin ağırlıkları $\pm 0,001$ gr, boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlılıkta ölçülerek yoğunluk değerleri Eşitlik 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$\delta_r = M / V \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.1)$$

Burada;

δ_r = yoğunluk (gr/cm³).

M = örneğin ağırlığı (gr).

V = örneğin hacmi (cm³).

Rutubet miktarının belirlenmesi için yoğunluk örnekleri kurutma dolabında 103 \pm 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa kadar bekletilmiştir. Değişmez ağırlığa ulaşan örnekler desikatörlerde soğutulmuş, ağırlıkları belirlenerek rutubet miktarları Eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır.

$$H = (m_H - m_o) * 100 / m_o \quad (3.2)$$

Burada;

H = örneğin rutubeti (%).

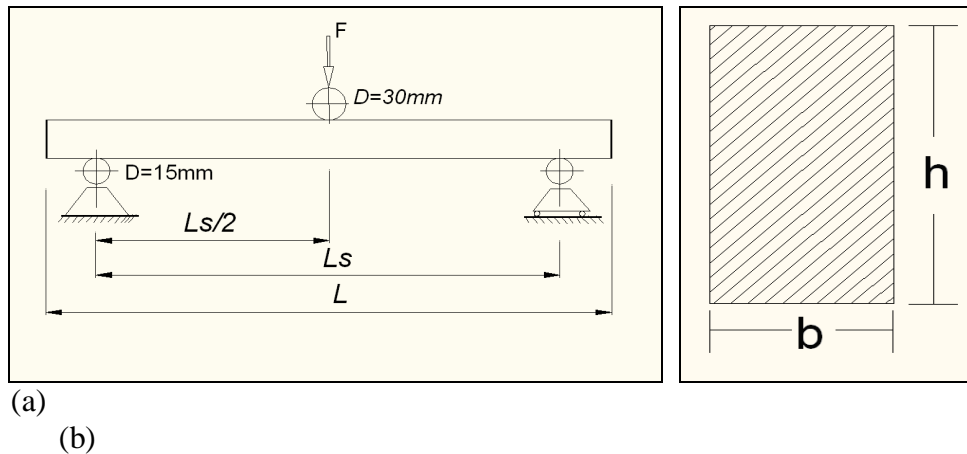
m_H = örneğin rutubetli (% r) haldeki ağırlığı (gr).

m_o = örneğin tam kuru haldeki ağırlığı (gr).

3.2.2 Eğilme Direnci ve Eğilmeye Elastikiyet Modülü

Eğilme direnci ve elastiklik modülü değerlerinin belirlenmesi TS EN 310 ve ASTM D 1037 esaslarına uygun yürütülmüştür. Deneylede Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), MDF ve yongalevha malzeme çeşidinden 410x50 mm boyutlarında 30'ar örnek hazırlanmıştır. İklmlendirilen örneklerin her birinin genişlik ve kalınlıkları elektronik kumpasla her iki ucundan ve ortadan olmak üzere 3 noktadan $\pm 0,01$ duyarlılıkta ölçülerek bunların ortalamaları alınmıştır.

Örnekler, Universal deney cihazına (Zwick 2201) dayanak noktaları arasındaki açıklık kalınlığın 20 katı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kuvvet uygulaması örneklerin tam ortasından sabit hızda en büyük kuvvete 60 ± 30 sn. de ulaşılabilir şekilde ve 6 m/dak olarak seçilmiştir. Kırılma anındaki en büyük kuvvet ± 0.01 N duyarlılıkta ölçülmüş ve eğilme direnci Eşitlik 3.3 ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.8 Statik eğilme direnci tayini düzeneği (a) Düzenek, (b) Kesit.

$$\sigma = (3 \cdot F_{max} \cdot L_s) / (2 \cdot b \cdot h^2) \quad (3.3)$$

Burada;

σ = maksimum eğilme direnci (N/mm²).

F_{\max} = en büyük kuvvet (N).

L_s = dayanakların (destek) eksenleri arasındaki uzaklık (mm).

b = deney örneğinin genişliği (mm).

h = deney örneğinin kalınlığı (mm).

Eğilmede elastiklik modülünün belirlenmesinde eğilme direnci deneylerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla eğilme direnci deneyinde en büyük kuvvetin 1/3 miktarı elastik bölge olarak seçilerek uygulanan her 50 N'luk kuvvete karşılık gelen eğilme miktarı makine üzerine yerleştirilmiş bir komparatör yardımı ile $\pm 0,01$ duyarlılıkta ölçülmüştür. Ölçülen kuvvet ve eğilme miktarlarından eğilme grafiği çizilmiş ve oluşan eğrinin elastiklik deformasyon bölgesindeki değerlerden yararlanılarak elastiklik modülü Eşitlik 3.4 ile hesaplanmıştır.

$$E_m = (L_s^3 (F_2 - F_1)) / (4.b.h^3 (a_2 - a_1)) \quad (3.4)$$

Burada;

E_m = elastiklik modülü (N/mm²).

$F_2 - F_1$ = yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (N).

F_1 = yaklaşık olarak en büyük kuvvetin %10'u (N).

F_2 = yaklaşık olarak en büyük kuvvetin %40'ı (N).

$a_2 - a_1$ = ($F_2 - F_1$) kuvvet artışları nedeniyle deney örneği uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışı (mm).

Tablo 3.1'de Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), kompozit malzemelerden 18 mm kalınlığında yatık yongalı yongalevha ve 18 mm kalınlığında orta yoğunlukta Lif Levha (Medium Density Fiberboard: MDF), ait programa veri olarak girilen fiziksel ve mekaniksel özellikleri verilmiştir (Bozkurt ve Göker 1987).

Tablo 3.1 Kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekaniksel özellikleri.

Malzeme	Yoğunluk (gr/cm ³)	Rutubet (%)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastiklik Modülü (N/mm ²)
Doğu Kayını	0,65	10,2	129,67	15700
MDF	0,62	7,1	32,12	2780
Yongalevha	0,58	6,9	16,58	1822

3.3 METOT

3.3.1 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılacak ağaç malzemeler Karabük Yenice ilçesinde lokal bir firmadan ve kompozit malzemeler ise Kastamonu ilindeki lokal bir firmadan temin edilmiştir. Doğu kayını ahşap malzemeler brüt ölçülerinde kesildikten sonra doğrudan güneş ışığı almayan havalandırılabilen bir ortamda aralarına göknar lataları konularak istiflenmiş ve yaklaşık bir yıl süre ile istifte bekletilmişlerdir. Böylece masif ahşap malzemenin yaklaşık hava kurusu ($r \cong \%12$) rutubete ulaşmaları sağlanmıştır. Daha sonra, tüm elemanlar önce planya makinesinde rendelenmiş, daha sonra kalınlık makinesinde 18 mm kalınlığa düşürülmüş, son olarak da daire testere makinesinde genişlikleri 100 mm ve her elemanın boyu 2000 mm olacak şekilde net ölçülerine getirilmiştir. Tüm elemanların kesitlerinin eşit ölçülerde olması sağlanmıştır.

Bir araya getirilen tablaların arakesit yüzeyine polivinilasetat (PVAc) tutkalı $150 \pm 10 \text{g/m}^2$ olacak şekilde sürülmüştür. Birleşen arakesit yüzeyine düzgün dağılımlı 2N/mm^2 lik basınç uygulanmıştır. Ortalama 2 saatlik basınç süresinden sonra, $20 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 3$ bağıl rutubet şartlarında $18 \times 300 \times 2000$ mm ölçüsünde masif paneller elde edilmiştir.

Mobilya yapımında 3 çeşit malzeme (Doğu kayını, MDF ve YL) Tablo 3.2'deki kesim listesine göre çizicili yatar daire makinesinde kesilmiştir. Çoklu delik makinesinden yararlanılarak montaj delik işlemleri yapılmıştır. Yedi farklı bağlantı elemanı (trapez, plastik

dübelli minifiks, metal dübelli minifiks, metal T bağlantı, pipo bağlantı, ay bağlantı ve vida) kullanılarak bu parçaların montajı yapılmıştır. Daha sonra arkalık montajı işlemine geçilmiş olup, 3,5×16 vida kullanılarak sadece yan tablalara montajı yapılmış ve böylece Şekil 3.9’da belirtilen ölçülerde 21 adet kitaplık hazırlanmıştır.

Tablo 3.2 Kutu tipi mobilyanın eleman listesi (mm).

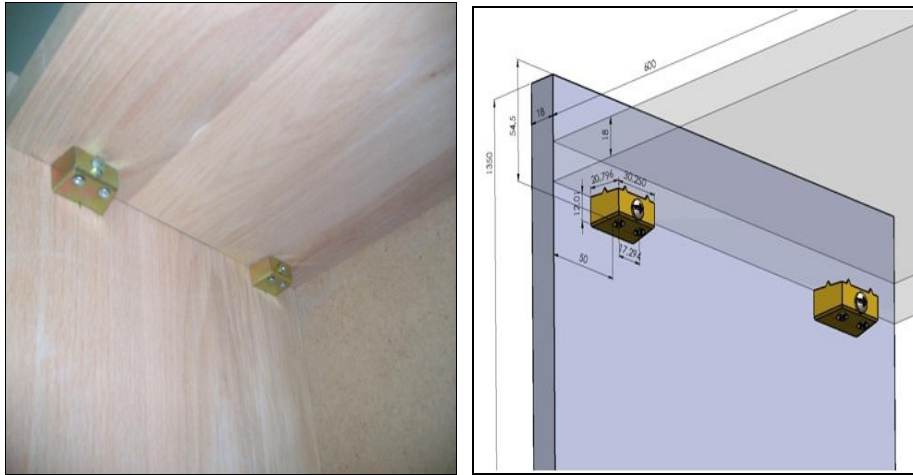
Eleman Adı	Eleman Sayısı	Masif Panel (mm)			Kompozit Malzeme (mm)		
		Boy	Genişlik	Kalınlık	Boy	Genişlik	Kalınlık
Yan Tabla	2	1350	290	18	1350	290	18
Üst Tabla	1	564	290	18	564	290	18
Alt Tabla	1	564	290	18	564	290	18
Raf	2	564	290	18	564	290	18
Arkalık	1	4×600×1350 mm ölçülerinde MDF					



Şekil 3.9 Kutu tipi mobilya ölçüleri (mm).

3.3.1.1 Trapez Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği

Şarızlı matkap makinesinden yararlanılarak trapez bağlantı elemanın iç parçasının merkezi, raf kenarlarından genişlik yönünde 6 mm içeride, derinlik yönünde 50 mm içeride simetrik olacak şekilde toplam iki adet trapez bağlantı elemanın iç parçası 3,5×16 mm ölçülerinde vida ile monte edilmiştir (Şekil 3.10). Trapez bağlantı elemanın üst parçasının merkezi, yan tablanın kenarlarından derinlik yönünde 50 mm içeride, simetrik olacak şekilde iki adet trapez bağlantı elemanın üst parçası 3,5×16 mm ölçülerinde vida ile monte edilmiştir. Daha sonra mobilya parçaları birleştirilirken iç parça, üst parçanın tırnakları arasına oturtulmuş ve özel bağlantı vidası ile ön kilitleme sağlanmıştır.

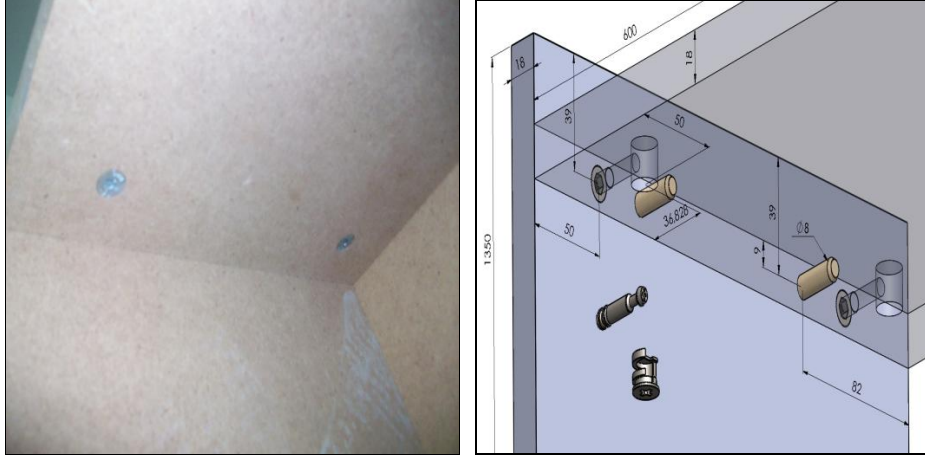


Şekil 3.10 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.

3.3.1.2 Plastik Dübelli Minifiks Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği

Çoklu delik makinesinden yararlanılarak minifiks deliği merkezleri, raf içeride, kalınlık yönünde ise tam orta ekseninde olacak şekilde 8 mm çapında, 40 mm derinliğinde eksantrik milin geçebileceği iki adet delik simetrik olarak açılmıştır (Şekil 3.11). Kavela deliği merkezleri, minifiks deliği merkezinden 32 mm içeride, kalınlık yönünde ise tam orta ekseninde olacak şekilde 8 mm çapında, 24 mm derinliğinde iki adet delik simetrik olarak açılmıştır. Daha sonra eksantrik kafa yeri merkezleri, raf kenarlarından genişlik yönünde 34 mm, derinlik yönünde 50 mm içeride, 15 mm çapında, 13 mm derinliğinde simetrik olarak iki adet delik açılmıştır. Plastik dübelin merkezleri, yan tablanın yüzeyine kenarlardan derinlik

yönünde merkezleri 50 mm, genişlik yönünde merkezi 9 mm içeride, 10 mm çapında, 12 mm derinliğinde parça yüzeyine simetrik olarak iki delik açılmıştır. Plastik dübellere bu deliklere yerleştirilmiştir. Kavela deliği merkezleri, yan tablanın yüzeyine kenarlardan derinlik yönünde 82 mm, genişlik yönünde merkezi 9 mm içeride, 8 mm çapında, 12 mm derinliğinde parça yüzeyine simetrik olarak iki delik açılıp ve bu deliklere kavelalar yerleştirilmiştir. Daha sonra iki parça bağlantı elemanı yardımı ile birbirine bağlanmıştır.

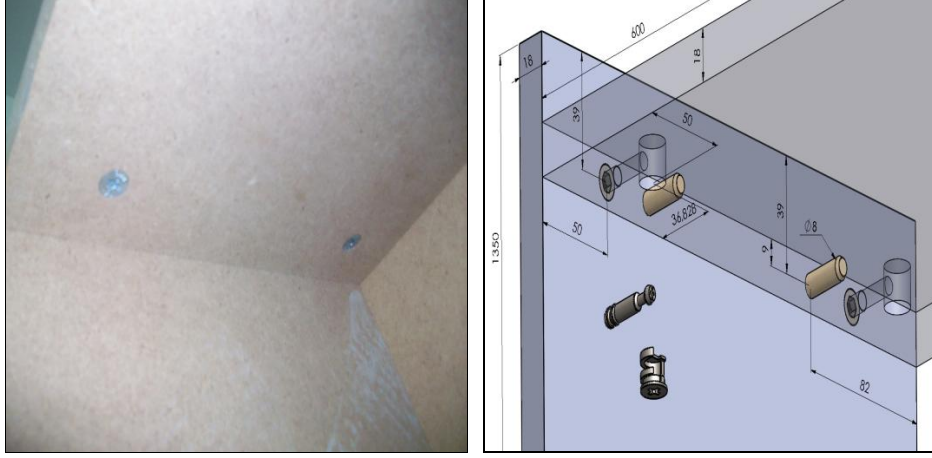


3.11 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.

3.3.1.3 Metal Dübelli Minifiks Bağlantı Elemanı İle Birleştirilmiş Deney Örneği

Çoklu delik makinesi kullanılarak minifiks deliği merkezleri, raf kenarlarından derinlik yönünde 50 mm içeride, kalınlık yönünde ise tam orta eksende olacak şekilde 8 mm çapında, 40 mm derinliğinde eksantrik milin geçebileceği iki adet delik simetrik olarak açılmıştır (Şekil 3.12). Kavela deliği merkezleri, minifiks deliği merkezinden 32 mm içeride, kalınlık yönünde ise tam orta eksende olacak şekilde 8 mm çapında, 24 mm derinliğinde iki adet delik simetrik olarak açılmıştır. Daha sonra eksantrik kafa yeri merkezleri, raf kenarlarından genişlik yönünde 34 mm, derinlik yönünde 50 mm içeride, 15 mm çapında, 13 mm derinliğinde simetrik olarak iki adet delik açılmıştır. Plastik dübelin merkezleri, yan tablanın yüzeyine kenarlardan derinlik yönünde merkezleri 50 mm, genişlik yönünde merkezi 9 mm içeride, 10 mm çapında, 12 mm derinliğinde parça yüzeyine simetrik olarak iki delik açılmıştır. Metal dübellere bu deliklere yerleştirilmiştir. Kavela deliği merkezleri, yan tablanın yüzeyine kenarlardan derinlik yönünde 82 mm, genişlik yönünde merkezi 9 mm içeride, 8 mm çapında, 12 mm derinliğinde parça yüzeyine simetrik olarak iki adet delik açılıp ve bu

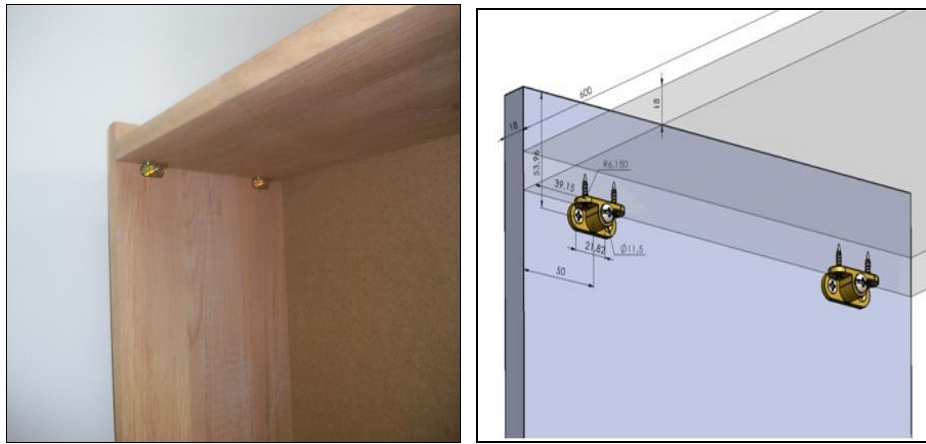
deliklere kavelalar yerleştirilmiştir. Daha sonra iki parça bağlantı elemanı yardımı ile birbirine bağlanmıştır.



3.12 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.

3.3.1.4 Metal T Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği

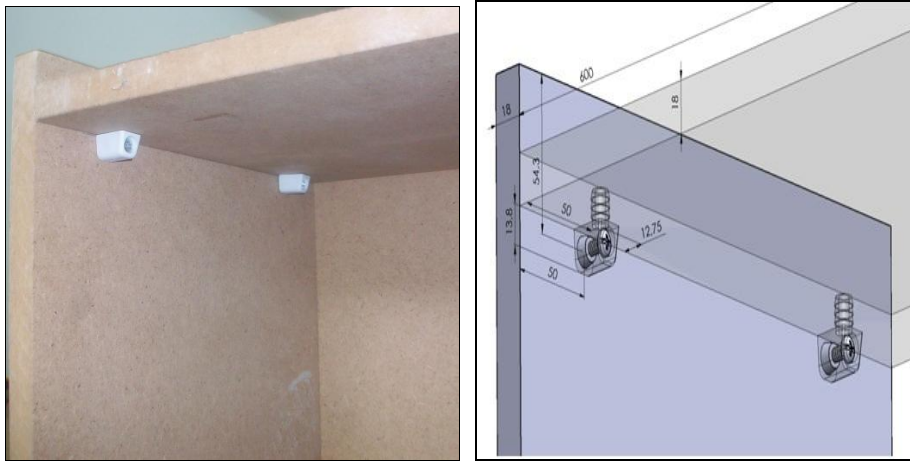
Şarzlı matkap makinesi kullanılarak metal T bağlantı elemanın bir parçasının merkezi, raf kenarlarından derinlik yönünde 50 mm içeride simetrik olacak şekilde toplam iki adet metal T bağlantı elemanın parçası 3,5×16 mm ölçülerinde vida ile monte edilmiştir (Şekil 3.13). Bağlantı elemanın diğer parçası yan tablanın kenarlarından derinlik yönünde 50 mm içeride simetrik olacak şekilde toplam iki adet metal T bağlantı elemanın diğer parçası 3,5×16 mm ölçülerinde vida ile monte edilmiştir Bağlantı elemanın parçaları özel vida ile monte edilmiştir.



Şekil 3.13 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.

3.3.1.5 Pipo Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği

Çoklu delik makinesi kullanılarak pipo bağlantı elemanın plastik dübelin merkezi, raf kenarlarından genişlik yönünde 16 mm içeride, derinlik yönünde 50 mm içeride simetrik olacak şekilde 10 mm çapında ve 10,5 mm derinliğinde simetrik olarak iki adet delik açılmıştır(Şekil 3.14). Pipo bağlantı elemanın plastik dübeli açılan bu deliklere monte edilmiştir. Daha sonra yan tablanın kenarlarından derinlik yönünde 50 mm içeride, rafın yan tablayla birleştiği yan tablanın kenarından genişlik yönünde 2,5 mm içeride, yan tabla yüzeyine 5 mm çapında, 13,5 mm derinliğinde iki delik açılmıştır. Pipo bağlantı elemanın kendinden dübelli kısmı bu deliklere monte edilmiştir. Daha sonra pipo bağlantı elemanın parçaları özel vida ile monte edilmiştir.

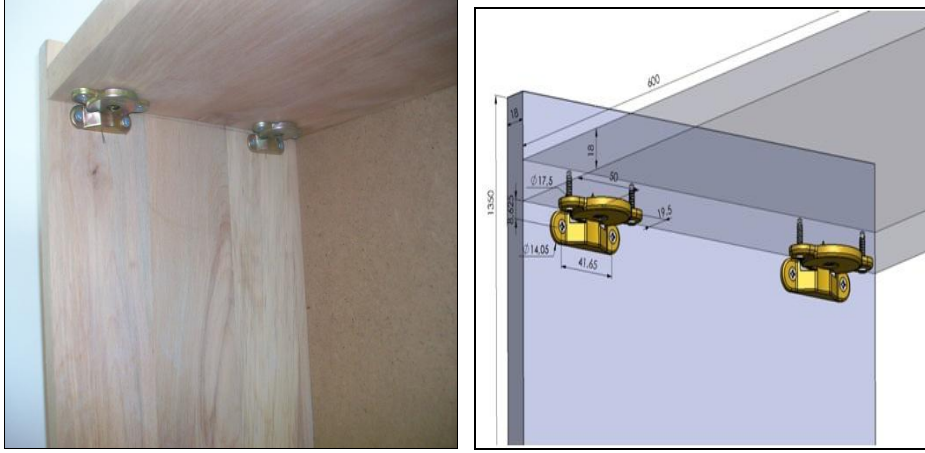


Şekil 3.14 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.

3.3.1.6 Ay Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği

Şarlı matkap makinesi kullanılarak ay bağlantı elemanın iç parçasının merkezi, raf kenarlarından genişlik yönünde 14 mm içeride, derinlik yönünde 50 mm içeride simetrik olacak şekilde ay bağlantı elemanın iç parçası 3,5×16 (mm) ölçülerinde vida ile monte edilmiştir (Şekil 3.15). Ay bağlantı elemanın üst parçasının merkezi, yan tablanın kenarlarından genişlik yönünde 13,5 mm derinlik yönünde 50 mm içeride, simetrik olacak şekilde ay bağlantı elemanın üst parçası 3,5×16 mm ölçülerinde vida ile monte edilmiştir.

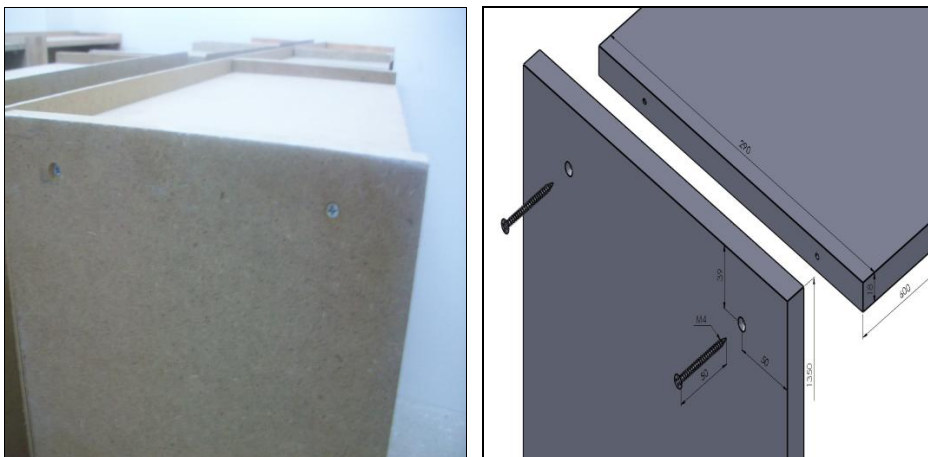
Daha sonra mobilya parçaları birleştirilirken iç parça, üst parçanın tırnakları arasına oturtulup tornavida ile ön kilitleme sağlanmıştır.



Şekil 3.15 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.

3.3.1.7 Vida Bağlantı Elemanı ile Birleştirilmiş Deney Örneği

Vidalı birleştirme yapılacak olan örneklerin tüm elemanlarında kılavuz deliği (2,5 mm çapında ve 32 mm derinliğinde) açmak için çoklu delik makinesinden yararlanılarak delme işlemleri yapılmıştır. Vida deliği merkezleri, parça kesitinin kenarlarından genişlik yönünde 50 mm içeride, simetrik olarak toplam iki delik ve kalınlık yönünde ise tam orta ekseninde olacak şekilde ayarlanmıştır. Vidalı birleştirmelerde, 4 mm çapında ve 50 mm boyundaki yıldız başlı vidalar kullanılarak kutu tipi kitaplıklar hazırlanmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş deney örneği.

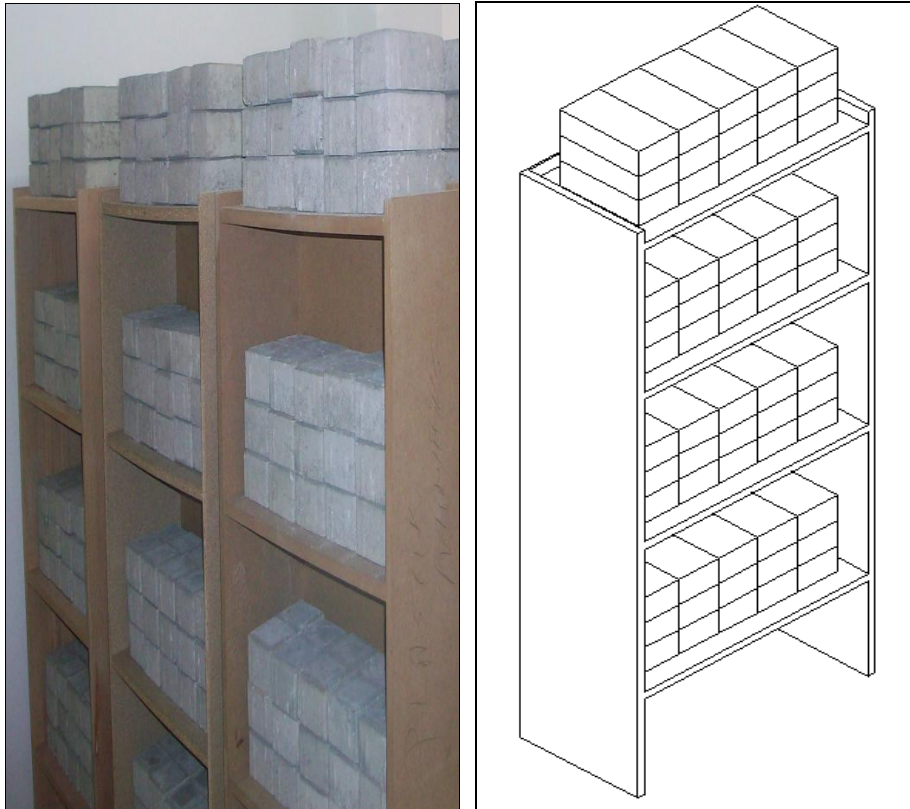
3.3.2 DENEYLERİN YAPILIŞI

Deney örneklerin hazırlanmasında 3 malzeme çeşidi ve 7 farklı bağlantı elemanı kullanılarak, 4 raflı 21 kitaplık hazırlanmıştır.

3.3.2.1Deney Yüklerin Konulması

Deney yükü olarak ebatları 60×100×200 mm, ağırlığı 2600 gr, yeknesak ve homojen yapıda olan briket tuğlalar kullanılmıştır. Her bir rafa, rafın ön ve arka kenarından 50 mm içeride ve yan kenarından ise 32 mm olacak şekilde toplam 15 adet briket tuğlası yerleştirilmiştir (Şekil 3.17).

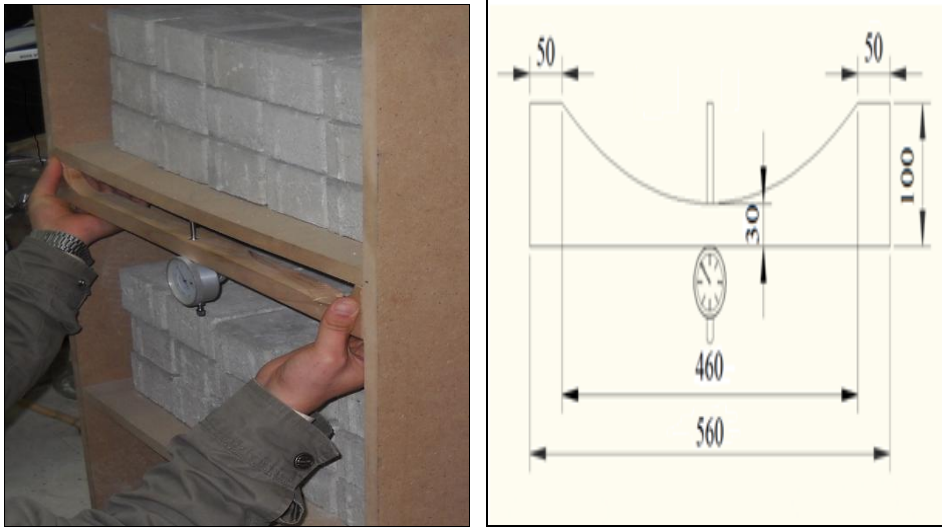
British education standartlarına (BS 4875; 1975) göre mm² ye normal olarak 2,5 kg yük konulması ön görülmektedir. Kitaplığın raf ölçüleri 290×564 mm olup alanı 163560 mm² dir. Kitaplıktaki her bir rafa toplam 39 kg yük ve toplam da dört rafa ise 156 kg yük konulmuştur (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Deney örneklerine yük konulması.

3.3.2.2 Sehim Ölçülerin Alınması

Sehim ölçümlerinde, 0.001 mm hassasiyetinde ölçüm yapabilen ölçü saati (komparatörler) kullanılmıştır (Şekil 3.18). İlk önce 21 kitaplık toplamda seksen dört rafın yük konulmadan önceki sehim ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra her bir rafa 39 kg yük konulup elastik deformasyonu saptamak amacı ile anlık sehim ölçümleri alınmış ve bu ölçümler 15, 30 ve 60 dakika arayla tekrarlanarak yapılmıştır. Sünme performansını saptamak amacı ile toplamda yüklü halde 210 günlük ölçüm yapılmış, ölçüm aralıkları ilk hafta her gün, daha sonra haftalık ve aylık ölçümler olarak tekrarlanmıştır. 210 günlük ölçümden sonra, raflardaki yükler kaldırılmış ve boş halde sehim ölçüleri elastik geri kazanımı saptamak amacı ile anlık ve saatlik ölçümler olarak alınmıştır. Sünme geri kazanımlarını saptamak amacıyla da boşaltıldıktan sonra 5 gün boyunca tek ölçüm alınarak deneyler tamamlanmıştır.



Şekil 3.18 Sehim ölçümlerin alınması (mm).

3.3.2.3 Elastik Deformasyon

Katı bir cismin dışarıdan tesir eden bir kuvvet ile yüklenmesinde meydana gelen uzama, kısalma, eğilme gibi deformasyonları yükün kaldırılması halinde bertaraf ederek tekrar başlangıçtaki orijinal şeklini alabilmesi kabiliyetine elastiklik denmektedir. Ahşap malzemede şekil değişmesi (deformasyon) meydana getiren kuvvetler çeşitli şekillerde tesir edebilmekte ve buna göre deformasyon da değişik olabilmektedir. İki ucundan dayanan bir

kirişin ortasına uygulanan bir yükleme ile kirişte eksenden uzaklaşma ve eğilme meydana gelmektedir. Şekil değişmesi mm veya cm olarak ölçülmekte ve birim uzunluktaki değer olarak belirtilmektedir. Buna, birim deformasyon veya bağıl deformasyon denmektedir. Birim deformasyon miktarı Eşitlik 3.5 ile hesaplanmaktadır (İmirzi 2008).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L} \quad (3.5)$$

Burada;

ε = birim deformasyon miktarı.

Δl = deformasyon miktarı.

L = cismin başlangıçtaki orijinal uzunluğu.

Gerilme (σ), bir (F) yüzeyine tesir eden (P) kuvvetinin veya yükünün birim alan (mm^2 veya cm^2) ye isabet eden kısmı olup, Kg/mm^2 veya Kg/cm^2 olarak ifade edilmektedir. Bir cm boyunda olan bir (L) çubuğunun her 1 Kg/cm^2 'lik gerilmeye karşılık meydana getirdiği deformasyon (α) ile gösterilmekte ve Eşitlik 3.6 ile hesaplanmaktadır (İmirzi 2008).

$$\alpha = \frac{\Delta l}{L \times \sigma} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{Kg}} \right) \quad (3.6)$$

Burada;

α = deformasyon sabitesi.

Δl = belirli bir gerilmede meydana gelen deformasyon miktarı.

L = deneme çubuğu uzunluğu (1cm).

σ = gerilme miktarı (Kg/cm^2).

Deformasyon gerilmenin bir sonucu olduğuna göre, her ikisi arasında bir ilişki bulunmaktadır. Çoğunlukla katı cisimlerde ve bu arada ahşap malzemede, elastiklik sınırına kadar deformasyon (ε) ile gerilme (σ) arasındaki ilişki doğru orantılı ve Hooke kanunu geçerli olup elastiklik sınırı içerisindeki gerilme miktarı Eşitlik 3.7 ile hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon = \alpha \times \sigma_p \text{ dir.} \quad (3.7)$$

Burada;

ε = birim deformasyon.

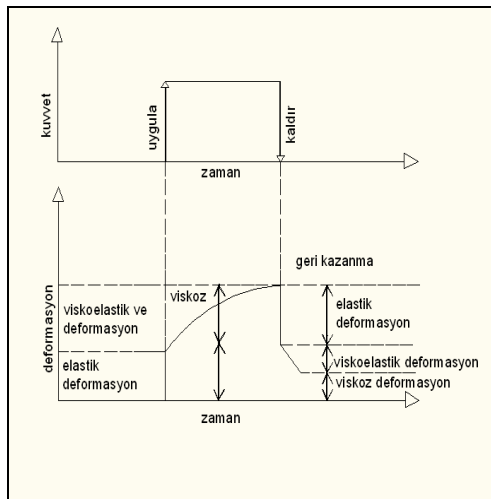
α = deformasyon sabitesi.

σ_p = elastiklik sınırı içerisindeki gerilmedir.

Yukarıdaki eşitliğe göre, elastiklik sınırına kadar gerilme arttıkça bununla doğru orantılı olarak deformasyon da artmaktadır. Bu yasa katı cisimlerde uzama ve kısalmadan başka eğilmeler için de geçerlidir (İmirzi 2008).

3.3.2.4 Sünme

Cisimlerin sabit yük altında zamana bağlı şekil değiştirmelerine sünme denmektedir. Ahşap ve kompozitleri yük altında uzun süreli bırakıldığında sünme meydana gelir. Sünme moleküler yapıda meydana gelen değişimler sonucu oluşmaktadır. Sünme deneylerinin büyük bir kısmı küçük kirişler üzerinde yapılmaktadır. Kirişler orta noktalarından sabit bir yüklemeye maruz bırakılmakta ve aynı noktadaki eğilmeler belirli bir zaman dilimi içinde kayıt edilmektedir. Sünme özellikleri bu eğilmelerin zaman grafiklerinden çıkarılmaktadır (Şekil 3.19). Yüklemenin ilk yapıldığı anda sünme hızlıdır (primer sünme) ve giderek azalan bir eğilim gösterir ve bir süre sonra sabit bir hıza kavuşur (sekonder sünme) (Güntekin 2003).



Şekil 3.19 Ahşapta kuvvet-zaman ve deformasyon-zaman ilişkisi (Güntekin 2003).

Ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin sünme miktarı Eşitlik 3.8 ile hesaplanmaktadır (Güntekin 2003).

$$H = \frac{d_t - d_o}{d_o} \quad (3.8)$$

Burada;

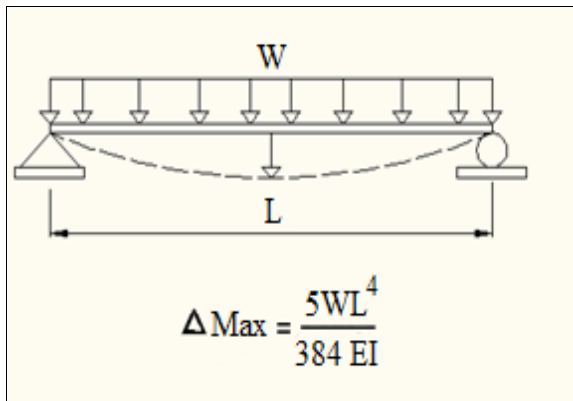
H= bağıl sünme (mm).

d_t = t zamandaki deformasyon (mm).

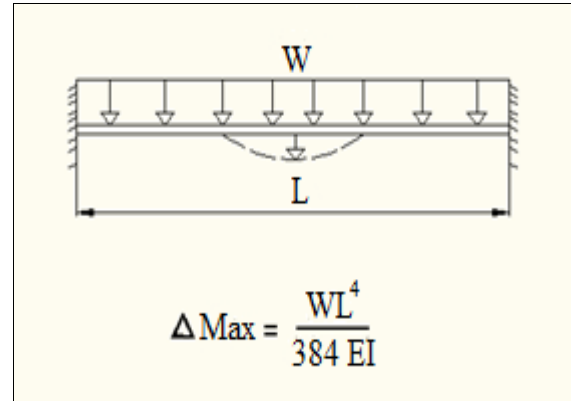
d_o = ilk elastik deformasyon(mm).

3.3.2.5 Rijitlik

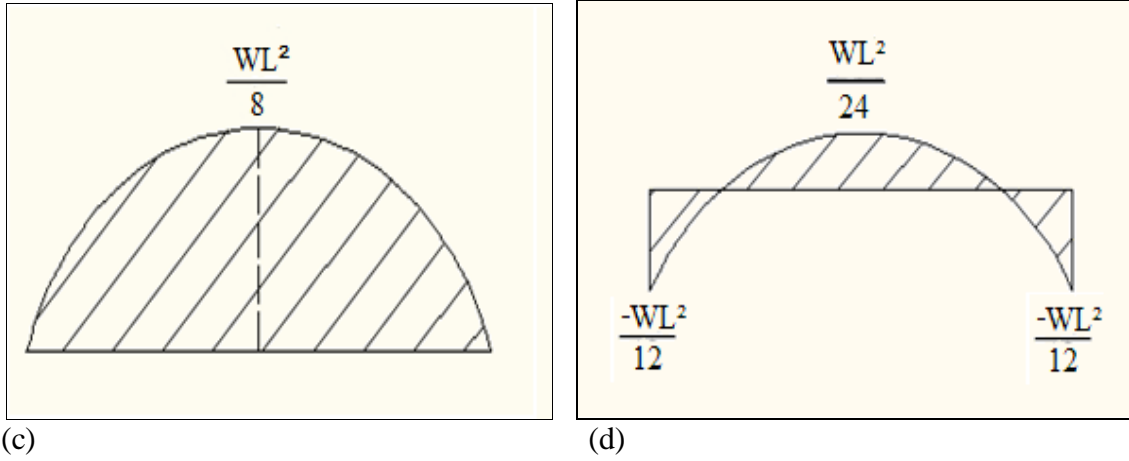
Rijitlik kelimesi İngilizcedeki karşılığı olan *Stiffness* den alınmıştır. Kelime itibariyle rijitlik, eğilmezlik veya bükülmezlik anlamına gelir. Yapı statığında rijitlik geniş anlamı ile belirli bir doğrultuda bir birim deplasman (bir yerden bir yere hareket, yer değiştirme) elde edebilmek için, taşıyıcı sisteme uygulanması gereken kuvvet anlamına gelir. Ancak bu tanımın tamam olabilmesi için, deplasmanın ve uygulanması gereken kuvvetin doğrultu, yön ve uygulama noktalarının da açık olarak belirtilmesi gerekmektedir(Lin,1963).Düzgün yayılı yükle yüklenmiş basit ve ankastre kirişlerin statik olarakdeformasyon formülleri ve eğilme momenti diyagramları ile ilgili formüller verilmiştir (Şekil 3.20).



(a)



(b)



Şekil 3.20 Düzgün yayılı yüklerle yüklenmiş basit ve ankastre kirişlerin statik olarak deformasyon formülleri ve eğilme momenti diyagramları (a) Basit kiriş, (b) Ankastre kiriş, (c) Eğilme momenti diyagramı, (d) Eğilme momenti diyagramı (Denizli 2001).

Statik yük altında rafın ortasında oluşan deformasyon miktarı Eşitlik 3.9 ve atalet momenti ise Eşitlik 3.10 ile hesaplanmaktadır (Denizli 2001).

$$\Delta_{\max} = \frac{WL^4}{384EI} \quad (3.9)$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (3.10)$$

Burada;

Δ_{\max} = rafın orta noktasındaki deformasyon (mm).

W= rafa uygulanan yük (kg).

L= raf uzunluğu (mm).

E= elastikiyet modülü.

I= atalet momenti.

b= raf genişliği (mm).

h= raf kalınlığı (mm).

Rijitlik katsayısı k ile gösterilir. Bu değer 1 ile 5 arasında olup, 1 değeri rijit 5 ise rijit olmayan durumu göstermektedir. Rijitlik katsayısı Eşitlik 3.11 ile hesaplanmaktadır (Denizli 2001).

$$k = \frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{\text{elastik}}} \quad (3.11)$$

Burada;

k = rijitlik katsayısı.

Δ_{\max} = rafin orta noktasındaki deformasyon (mm).

Δ_{elastik} = Elastik deformasyon (mm)

3.4 BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜÇ BOYUTLU ANALİZLER

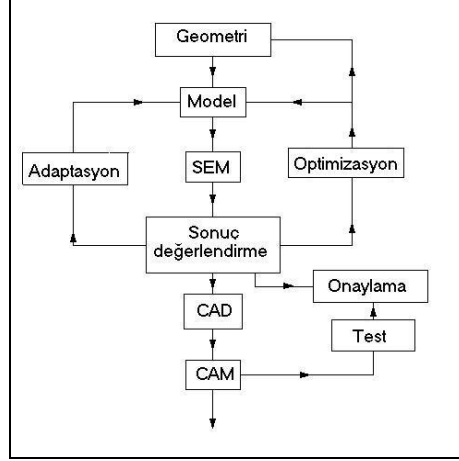
Bilgisayar destekli analizler bir sonlu elemanlar yazılımı olan ANSYS12.1 programında yapılmıştır. Sonlu elemanlar metodu pratikte normal yöntemlerle sonucu bulunamayan veya çözüm zor mühendislik problemlerinin analizinde çok kullanılan nümerik bir yöntemdir (Güntekin 2004).

Sonlu elemanlar analiz prosedürü temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Genel olarak bu aşamalar ANSYS™ gibi bilgisayar programlarındaki temel işlem aşamalarında temsil edilmektedirler. Bu aşamalar:

Giriş modülü (Preprocessor): Bu aşamada eleman tipleri, eleman sabitleri, elemanların özellikleri, modelin geometrisi, eleman büyüklüğü belirlenilerek ağ oluşturulur.

Hesap modülü (Solution): Bu aşamada hangi analizin yapılacağı, sınır şartları ve yüklemeler belirlenerek analiz başlatılır.

Çıktı modülü (General Postprocessor): Bu aşamada sonuçlar rakamsal veya grafik olarak okunur.



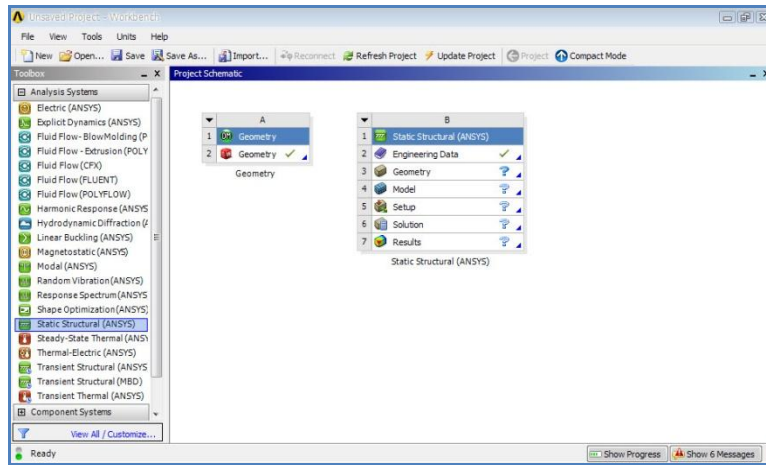
Şekil 3.21 Tasarımda sonlu elemanlar metodunun rolü (MacNeal 1993).

3.4.1 Kutu Tipi Köşe Birleştirmelerin Sonlu Elemanlar Analizine Örnek Uygulama

Burada ANSYS programında örnek uygulama olarak kutu tipi birleştirmelerde elastik deformasyon, toplam deformasyon, sünme, rijitlik ve geri dönüşüm deneyine ait bir örnek gösterilmiştir. Örnek olarak 18 mm kalınlığında Doğu kayını ve birleştirme olarak vidalı birleştirme örneği seçilmiştir.

3.4.1.1 Analiz Tipinin Belirlenmesi

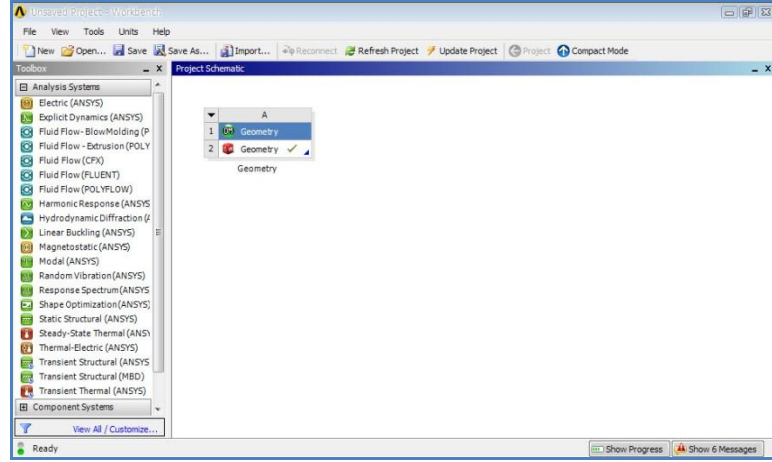
Workbench Analysis Systems menüsünden static structural (ANSYS) işaretlenir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 ANSYS 12.1 sonlu elemanlar paket programı analiz tipinin belirlenmesi.

3.4.1.2 Modelin Oluşturulması

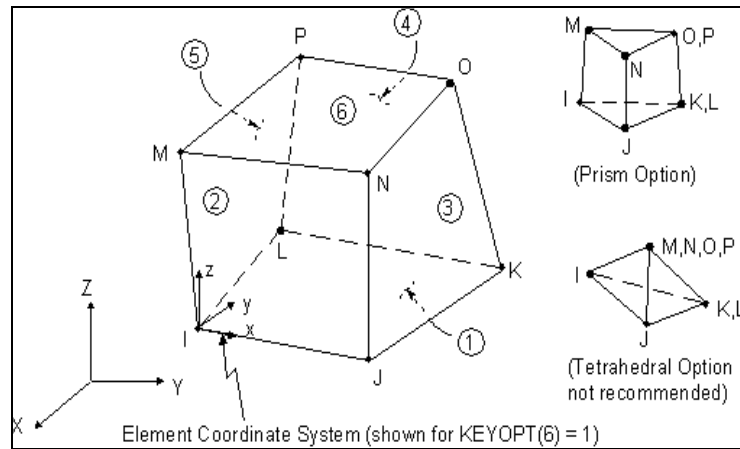
Katı model solidworks programında çizildikten sonra export edilir ve iges veya sat uzantılı olarak kaydedilir. Daha sonra ANSYS 12.1 programında bu çizim import edilir (Şekil 3.23)



Şekil 3.23 Modellerin ANSYS programına aktarılması.

3.4.1.3 Eleman Tipi ve Özelliklerinin Belirlenmesi

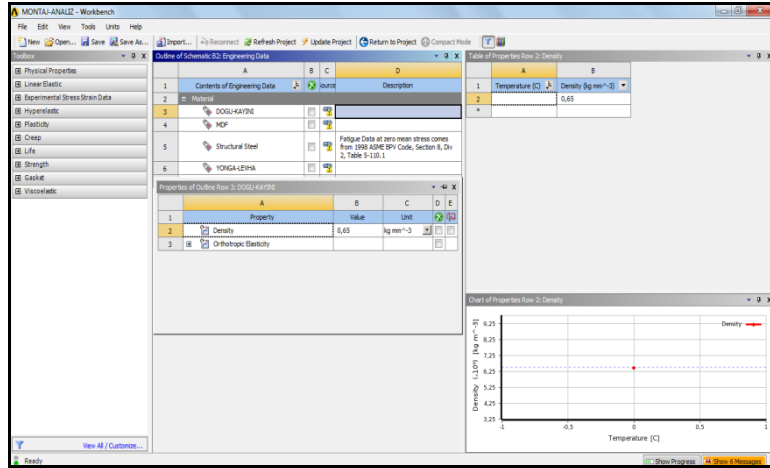
Kutu tipi mobilyaları modellemek için ANSYS®'in bünyesinde yer alan eleman tiplerinden Solid 64 elemanı kullanılmıştır. Solid 64 elemanı çekmede çatlama, basınçta ezilme, plastik deformasyon ve sünme özelliklerini barındıran 8 düğüm noktalı solid elemandır (Şekil 3.24). Her düğüm noktasında x, y ve z yönlerinde 3 ötelenme serbestlik derecesine sahiptir (www.ansys.com).



Şekil 3.24 Solid 64 sonlu eleman özellikleri.

3.4.1.4 Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

Ahşap ve ahşap kompozit malzeme ortotropik yapıdadır. Malzemenin mekanik özellikleri girilir. Main Menu> Preprocessor > Material Props > Material Models tıklanır. Çıkan pencerede Material Model Number > Structural > Linear > Elastic > Orthotropic seçilir ve malzemelerin mekanik özellikleri girilir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Malzeme özelliklerinin belirlenmesi.

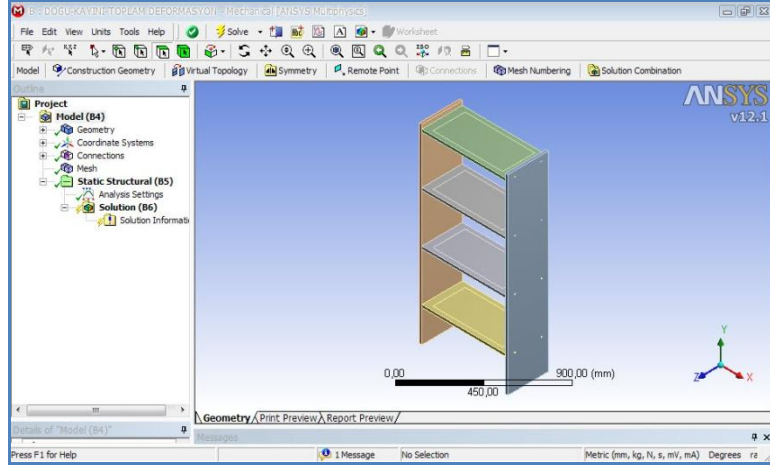
Ortotropik ve izotropik malzemeler için ANSYS 12.1 programında istenen elastik sabit değerler ve deneylerde kullanılan malzemeler için programa girilen teknolojik özellikleri Tablo 3.3’de verilmiştir (Gawroński 2006).

Tablo 3.3 Malzemelerin programa girilen elastik sabit değerleri.

Malzeme	Elastiklik modülü (N/mm ²)			Poisson sabiti			G rijitlik modülü (N/mm ²)		
	E _X	E _Y	E _Z	v _{XY}	v _{YZ}	v _{XZ}	G _{XY}	G _{YZ}	G _{XZ}
Doğu Kayını	14010	1160	2280	0,448	0,073	0,708	470	1640	1080
MDF	3200	3400	50	0,45	0,5	0,5	68	68	58
Yongalevha	1900	1900	95	0,3	0,3	0,3	794	137	137
Plastik	1100			0,42			-		
Metal	200.000			0,3			-		

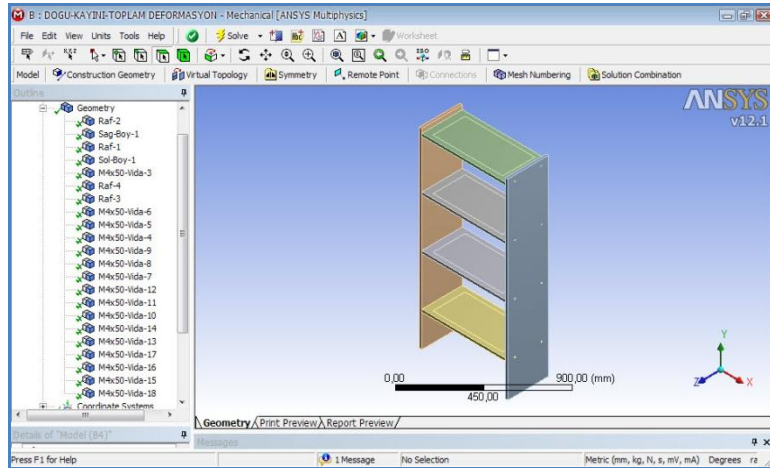
Malzeme özellikleri her malzeme için için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Levhalar için ayrı vida için ayrıdır. Programın x,y ve z koordinat sistemine göre her malzemenin yönleri de bu

koordinat sistemine göre tanımlanmıştır. Bu işlemin yapılması için çalışma düzlemleri (work plane) belirlenmiştir (Şekil 3.26).



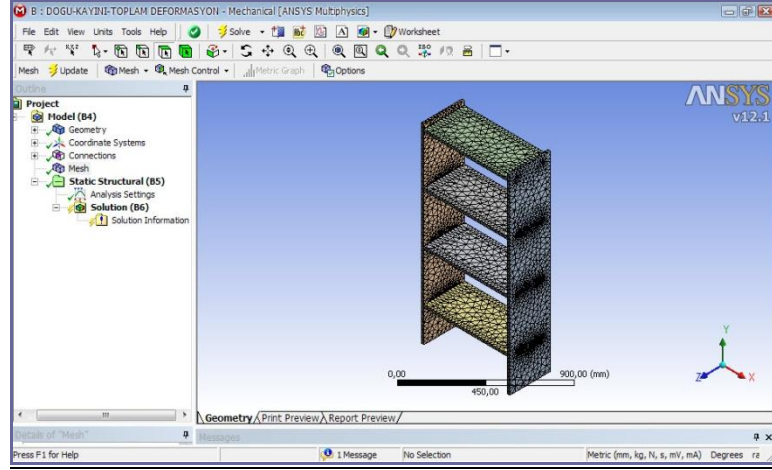
Şekil 3.26 Çalışma düzlemlerinin belirlenmesi (work plane).

Main Menu> Preprocessor > Modeling > Operate>Booleans>Glue>Volumes, yolu izlenerek, hacimlerin birleştirilmesinde Glue komutu kullanılır, burada örnek olarak Doğu kayını ile vidanın hacimlerinin birleştirilmesi verilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil.3.27 Doğu kayını ile vidanın birleştirilmiş görünümü.

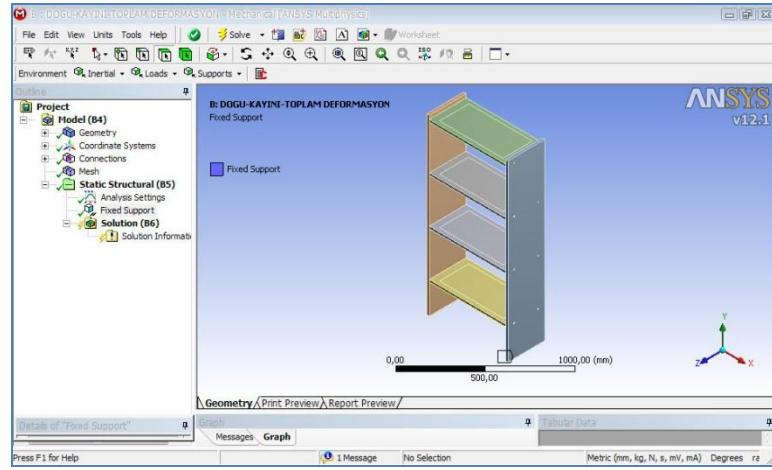
Parçalar analiz edilmeden önce ağ örme (Mesh) işlemi yapılır. Sonlu eleman sayısı arttıkça yapılan analizin hassasiyeti artmaktadır. Kutu tipi mobilyanın mesh işlemi yapıldıktan sonraki görüntüsü gösterilmiştir (Şekil 3.28).



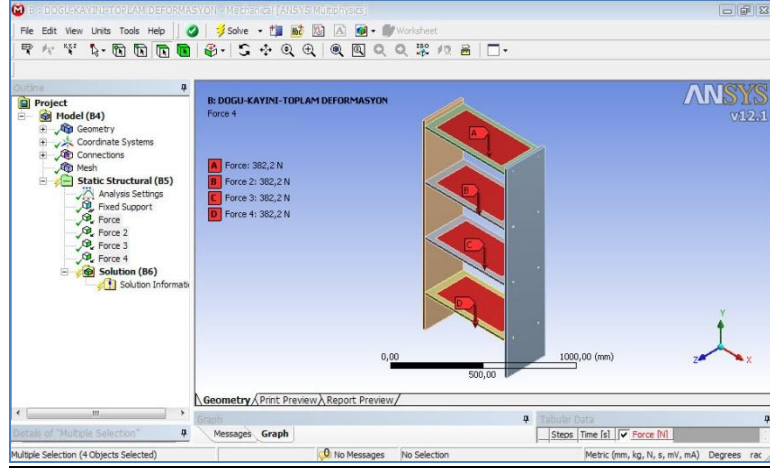
Şekil 3.28 Kutu tipi mobilya deney örneklerin mesh işlemi.

3.4.1.5 Sınır Şartlarının (mesnet noktaları) ve Yüklemenin Tanımlanması

Elemanlara bölünmüş levhanın sınır şartları belirlenir. Main Menü > Solution> Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Nodes tıklanır. -Y yönünde kuvvet uygulanır. Main Menü > Solution> Define Loads > Apply> Structural > Force/Moment >On Nodes tıklanır. Düzgün yayılı yük deneyi elemanlarında sınır şartları (Şekil 3.29) ve kutu tipi mobilyalarda yükleme modeli verilmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.29 Kutu tipi mobilya deney örneklerin statik yük altında sınır şartları.



Şekil 3.30 Kutu tipi mobilya deney örneklerin yükleme modeli.

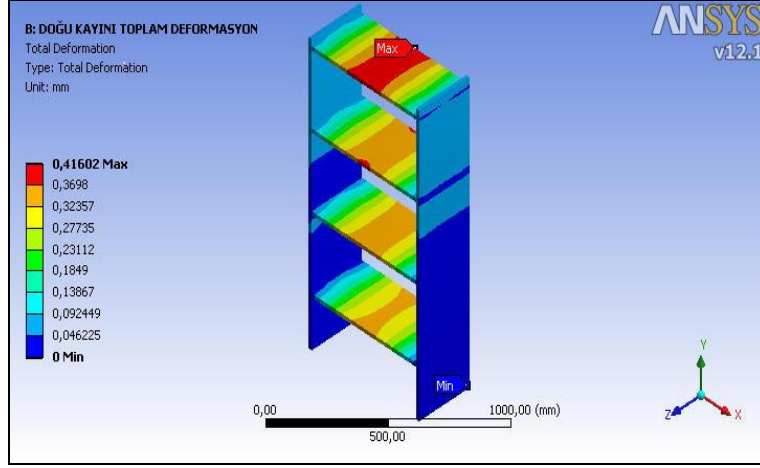
3.4.1.6 Çözüm Aşaması

Main Menü > Solution> Solve > Current LS tıklanır. Çıkan ekranda 'Ok' tuşuna basılır.

3.4.1.7 Sonuçların Okunması

General Postproc> Plot Results > Contour Plot > Nodal Solu tıklanır. Çıkan pencerede DOF Solution ve Z-Component of displacement seçilir.

İstenilen çıktı değerleri şekil değişimi, gerilme, yorulma gibi seçilerek sonuçlar Solution başlığı altında elde edilir. 18 mm kalınlığındaki Doğu kayını ile vida bağlantı elemanı kullanılarak üretilen kutu tipi mobilya deney örneklerinin yük deformasyon sonucunda elde edilen ANSYS sonuçları gösterilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 Kutu tipi mobilya deney örneklerin yük deformasyon sonucu ANSYS sonuçları.

3.5 İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Deneylerden elde edilen veriler SPSS paket programında değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında incelenen etki faktörleri arasındaki farkın belirlenmesinde MANOVA varyans analizi kullanılmış ve gruplar veya kademeler arasındaki farkların anlamlı ($P < 0,05$ 'e göre) bulunması durumunda Duncan testi uygulanarak değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır.

Belirlenen ortalama, üst ve alt değerleri, varyans analizlerine ilişkin değerler, varyans analizinde anlamlı (%95 güven düzeyinde) bulunan gruplara ilişkin Duncan testine ait sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

BÖLÜM 4

BULGULAR

Deneyisel çalışmaların yanı sıra sonlu elemanlar yöntemi (Finite Element Analysis) kullanarak bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analizler yapılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçların, bilgisayar destekli analizler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Deneylerde birleştirmelerin herhangi bir elemanın da ya da birleştirme noktasında yer değiştirmeler meydana gelinceye kadar yük uygulanmış ve meydana gelen deformasyonlara bakılarak bilgisayar destekli analiz programıyla kıyaslanmıştır.

4.1 UYGULAMALI DENEYSEL ÇALIŞMALARA AİT BULGULAR

Uygulamalı deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular toplam deformasyon, elastik deformasyon, sünme, rijitlik ve geri dönüşüm deneyi olarak beş ayrı başlık altında verilmektedir.

4.1.1 Toplam Deformasyon Deneyi

Denemeler sonucunda elde edilen toplam deformasyon değerlerine ait ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi en düşük toplam deformasyon değeri 0,387 mm ile Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek toplam deformasyon değeri 4,248 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir.

Tablo 4.1 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri (mm).

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Doğu Kayını	TÇ	0.466	0,231	0,594	0,108
	MP	0.436	0,219	0,582	0,128
	MM	0.387	0,142	0,505	0,145
	T	0.530	0,263	0,626	0,265
	P	0.690	0,531	0,778	0,290
	AY	0.589	0,377	0,740	0,189
	V	0.415	0,168	0,531	0,138
MDF	TÇ	2.565	2,071	2,729	0,366
	MP	2.718	2,171	3,028	0,362
	MM	2.521	2,011	2,968	0,323
	T	2.832	2,261	3,119	0,374
	P	2.705	2,109	3,166	0,377
	AY	2.711	2,169	3,226	0,355
	V	2.495	2,009	2,766	0,369
YL	TÇ	3.797	3,259	4.296	1,138
	MP	4.248	3,253	4.445	1,294
	MM	3.854	3,288	4.254	1,211
	T	3.962	3,325	4.265	1,220
	P	4.197	3,365	4.356	1,182
	AY	3.861	3,405	4,202	1,151
	V	4.208	3,335	4,550	1,138

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Farklı bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların, toplam deformasyon değerlerine ait MANOVA varyans analizi sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Toplam deformasyon değerlerine ait MANOVA varyans analizi sonuçları.

Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<%5
Malzeme Çeşidi (A)	6	12,795	2,133	11,395	0,000
Bağlantı Çeşidi (B)	2	3165,005	1582,502	8455,771	0,000
Etkileşim A*B	12	17,219	1,435	7,667	0,000
Hata	2415	451,969	0,187		
Toplam	2435	12771,198			

MANOVA varyans analizi sonuçlarına göre, malzeme çeşidi, bağlantı çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin toplam deformasyon miktarına etkilerinin 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5’de verilmiştir. Farklı harfler P<0,05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3 Faktörlerin toplam deformasyon miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Doğu Kayını-MM	0,387	A	MDF-AY	2,711	B
Doğu Kayını-V	0,415	A	MDF-MP	2,718	B
Doğu Kayını-MP	0,436	A	MDF-T	2,832	B
Doğu Kayını-TÇ	0,466	A	YL-TÇ	3,797	C
Doğu Kayını-T	0,530	A	YL-MM	3,854	CD
Doğu Kayını-AY	0,589	A	YL-AY	3,861	CD
Doğu Kayını-P	0,690	A	YL-T	3,962	CD
MDF-V	2,495	B	YL-P	4,197	DE
MDF-MM	2,521	B	YL-V	4,208	DE
MDF-TÇ	2,565	B	YL-MP	4,248	DE
MDF-P	2,705	B			

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Bağlantı çeşidinin, toplam deformasyon değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.4’ de verilmiştir.

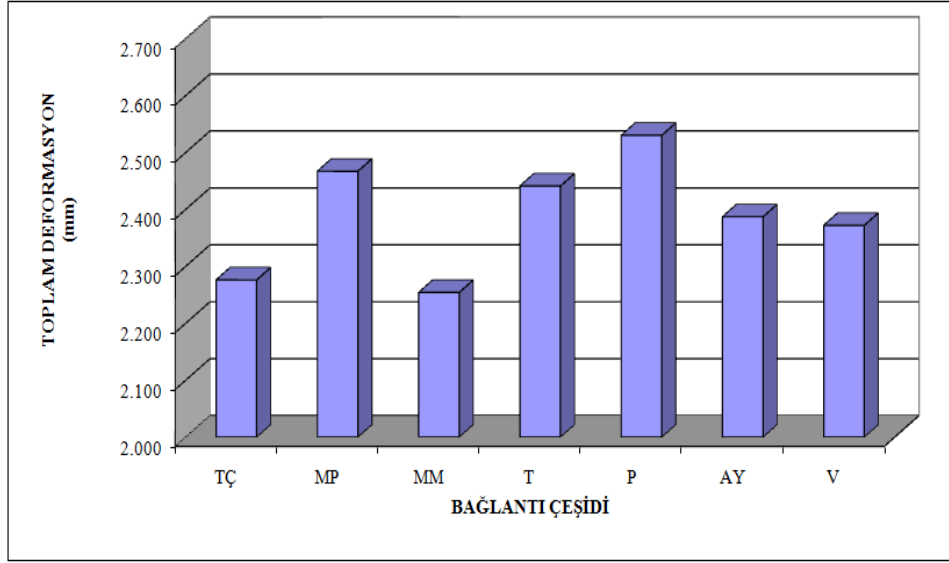
Tablo 4.4 Toplam deformasyon değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testisonuçları.

Bağlantı çeşidi	X (mm)	HG
Metal dübelli minifiks	2,254	A
Trapez	2,276	A
Vida	2,372	B
Ay bağlantı	2,387	B
Metal T bağlantı	2,441	BC
Plastik dübelli minifiks	2,467	BC
Pipo bağlantı	2,530	C

Yapılan Duncan testi sonucuna göre uygulanan metal dübelli minifiks, trapez ayrıca vida bağlantı, ay bağlantı elemanları arasında %95 güven düzeyinde fark yoktur. Ayrıca % 95 güven düzeyinde metal T ve plastik dübelli minifiks bağlantıları arasında fark olmadığı ve aynı grup içerisinde yer aldıkları görülmüştür. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.4’de gösterilmiştir.

Tablo 4.4’deki bağlantı çeşidine göre toplam deformasyon değeri, pipo bağlantı (2,530 mm), metal dübelli minifiks birleştirmelerden (2,254 mm), % 10,90 daha yüksek çıkmıştır. Bağlantı türüne ait elde edilen deformasyon ortalamaları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Sonuç olarak metal dübelli minifiks ve trapez birleştirme elemanları, diğer bağlantı elemanlarına göre daha az deforme olmuş ve daha kararlı bağlantılar oluşturmuşlardır.



Şekil 4.1 Bağlantı çeşidi toplam deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Malzeme çeşidinin, toplam deformasyon değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.5’de verilmiştir.

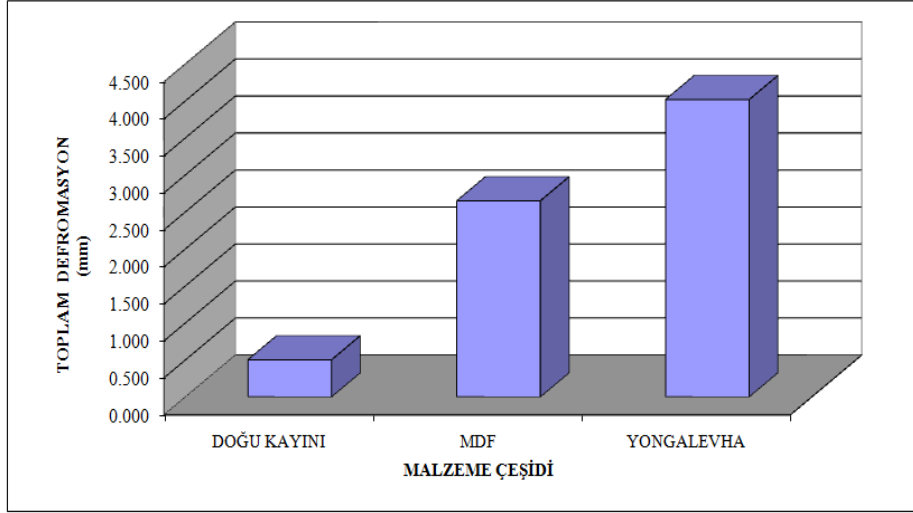
Tablo 4.5 Toplam deformasyon değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları.

Malzeme çeşidi	X (mm)	HG
Doğu Kayını	0,502	A
MDF	2,650	B
Yongalevha	4,018	C

Malzeme çeşidi değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.5’de gösterilmiştir.

Tablo 4.5’deki malzeme çeşidine göre toplam deformasyon değeri, yongalevha(4,018 mm), Doğu kayınından (0,502 mm), % 700,39 daha yüksek çıkmıştır. Malzeme çeşidine ait elde edilen toplam deformasyon ortalamaları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Sonuç olarak beklenildiği gibi elastiklik modülü (EM) yüksek olan masif kayın panel çok daha az deforme olmuş ve onu yine elastiklik modülü ile ilişkili olarak MDF ve yongalevha izlemiştir.



Şekil 4.2 Malzeme çeşidi toplam deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

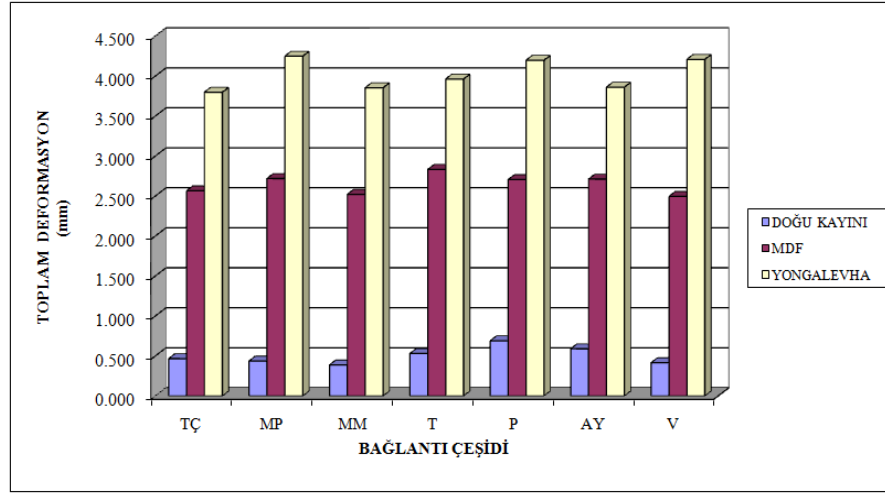
Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin toplam deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre toplam deformasyon ortalama değerleri (mm).

Bağlantı çeşidi	Malzeme çeşidi		
	Doğu Kayını	MDF	Yongalevha
Trapez	0.466	2.565	3.797
Plastik Dübelli Minifiks	0.436	2.718	4.248
Metal Dübelli Minifiks	0.387	2.521	3.854
Metal T Bağlantı	0.530	2.832	3.962
Pipo Bağlantı	0.690	2.705	4.197
Ay Bağlantı	0.589	2.711	3.861
Vida	0.415	2.495	4.208

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından, en düşük toplam deformasyon değeri 0,387 mm ile Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek toplam deformasyon değeri ise 4,248 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen

kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir. Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine ait grafik Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin toplam deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Tablo 4.6’da görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında en iyi performansı metal dübelli minifiks ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı vida ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise metal T bağlantı elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı trapez ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

4.1.2 Elastik Deformasyon Deneyi

Denemeler sonucunda elde edilen elastik deformasyon değerlerine ait ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerler Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7’de görüldüğü gibi en düşük elastik deformasyon değeri 0,319 mm ile Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu

mobilyalarda, en yüksek elastik deformasyon değeri 2,946 mm ile yongalevha ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir.

Tablo 4.7 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan elastik deformasyon değerleri (mm).

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Doğu Kayını	TÇ	0,396	0,317	0,475	0,127
	MP	0,366	0,288	0,445	0,162
	MM	0,319	0,240	0,398	0,140
	T	0,447	0,368	0,526	0,232
	P	0,597	0,455	0,689	0,227
	AY	0,513	0,434	0,592	0,230
	V	0,347	0,268	0,426	0,126
MDF	TÇ	1,988	1,806	2,169	0,119
	MP	2,096	1,914	2,277	0,106
	MM	1,924	1,743	2,106	0,056
	T	2,140	1,959	2,321	0,147
	P	2,019	1,838	2,201	0,052
	AY	2,108	1,927	2,289	0,074
	V	1,930	1,749	2,112	0,169
YL	TÇ	2,610	2,428	2,791	0,167
	MP	2,927	2,746	3,109	0,272
	MM	2,673	2,492	2,855	0,245
	T	2,750	2,568	2,931	0,161
	P	2,946	2,765	3,128	0,177
	AY	2,692	2,511	2,874	0,074
	V	2,938	2,911	3,274	0,393

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Farklı bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların, elastik deformasyon değerlerine ait MANOVA varyans analizi sonuçları Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 Elastik deformasyon değerlerine ait MANOVA varyans analizi sonuçları.

Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<%5
Malzeme Çeşidi (A)	2	81,803	40,901	1242,618	0,000
Bağlantı Çeşidi (B)	6	0,426	0,071	2,156	0,059
Etkileşim A*B	12	0,761	0,063	1,926	0,048
Hata	63	2,074	0,033		
Toplam	84	345,564			

MANOVA varyans analizi sonuçlarına göre, malzeme çeşidi ve malzeme çeşidi-bağlantı çeşidi etkileşimlerinin elastik deformasyon miktarına etkilerinin 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli, ancak bağlantı çeşidinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11’de verilmiştir. Farklı harfler P<0,05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.9 Faktörlerin elastik deformasyon miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Doğu Kayını-MM	0,319	A	MDF-MP	2,096	BC
Doğu Kayını-V	0,347	A	MDF-AY	2,108	BC
Doğu Kayını-MP	0,366	A	MDF-T	2,140	C
Doğu Kayını-TÇ	0,396	A	YL-TÇ	2,610	D
Doğu Kayını-T	0,447	A	YL-MM	2,673	D
Doğu Kayını-AY	0,513	A	YL-AY	2,692	D
Doğu Kayını-P	0,597	A	YL-T	2,750	DE
MDF-MM	1,924	B	YL-MP	2,927	DEF
MDF-V	1,930	BC	YL-V	2,938	DEF
MDF-TÇ	1,988	BC	YL-P	2,946	DEF
MDF-P	2,019	BC			

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

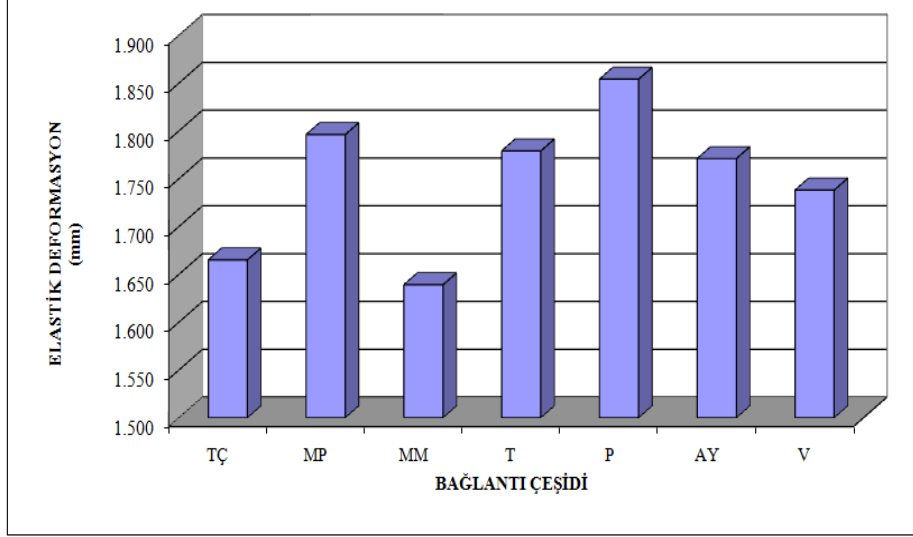
Bağlantı çeşidinin, elastik deformasyon değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Elastik deformasyon değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan test sonuçları.

Bağlantı çeşidi	X (mm)	HG
Metal dübelli minifiks	1,639	A
Trapez	1,665	A
Vida	1,738	AB
Ay bağlantı	1,771	AB
Metal T bağlantı	1,779	AB
Plastik dübelli minifiks	1,796	AB
Pipo bağlantı	1,854	B

Yapılan Duncan testi sonucuna göre uygulanan metal dübelli minifiks bağlantı ve trapez bağlantı elemanları arasında farklılık %95 güven düzeyinde anlamsız yani aralarında fark yoktur. Ayrıca % 95 güven düzeyinde vida, ay bağlantı, metal T bağlantı ve plastik dübelli minifiks elemanları arasında fark olmadığı ve aynı grup içerisinde yer aldıkları görülmüştür. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10'daki bağlantı çeşidine göre elastik deformasyon değeri, pipo bağlantı (1,854 mm), metal dübelli minifiks birleştirmelerden (1,639 mm), % 13,11 daha yüksek çıkmıştır. Bağlantı çeşidine ait elde edilen elastik deformasyon ortalamaları Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Bağlantı çeşidi elastik deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Sonuç olarak Şekil 4.4'e göre metal dübelli minifiks birleştirme elemanı, diğer bağlantı elemanlarına göre daha iyi performans göstermiştir.

Malzeme çeşidinin, elastik deformasyon değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.11'de verilmiştir.

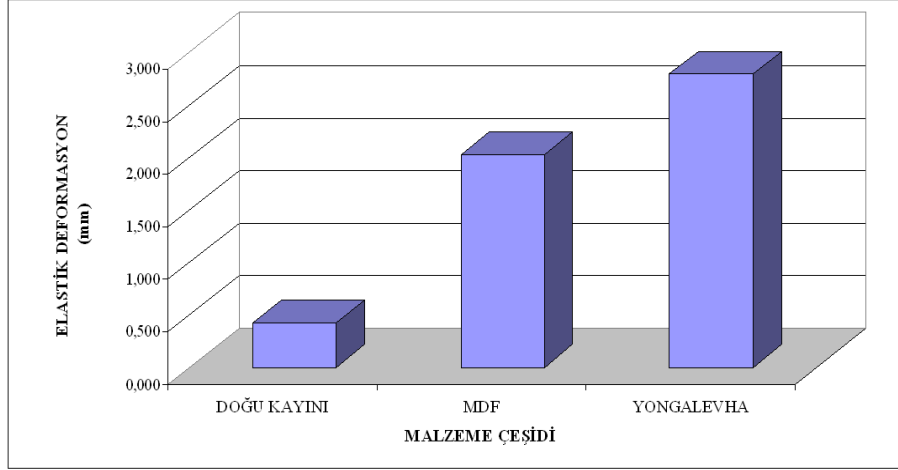
Tablo 4.11 Elastik deformasyon değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları.

Malzeme çeşidi	X (mm)	HG
Doğu Kayını	0,426	A
MDF	2,029	B
Yongalevha	2,790	C

Malzeme çeşidi değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.11'de gösterilmiştir.

Tablo 4.11'deki malzeme çeşidine göre elastik deformasyon değeri, yongalevha(2,790 mm), Doğu kayınından (0,426 mm), % 554,92 daha yüksek çıkmıştır. Malzeme çeşidine ait elde edilen elastik deformasyon ortalamaları Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

Sonuç olarak beklenildiği gibi bağlantıların malzeme bazlı elastik deformasyonları elastiklik modülleri ile ilişkili olarak masif kayın panel, MDF ve daha sonra yongalevha şeklinde sıralanmıştır.



Şekil 4.5 Malzeme çeşidi elastik deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

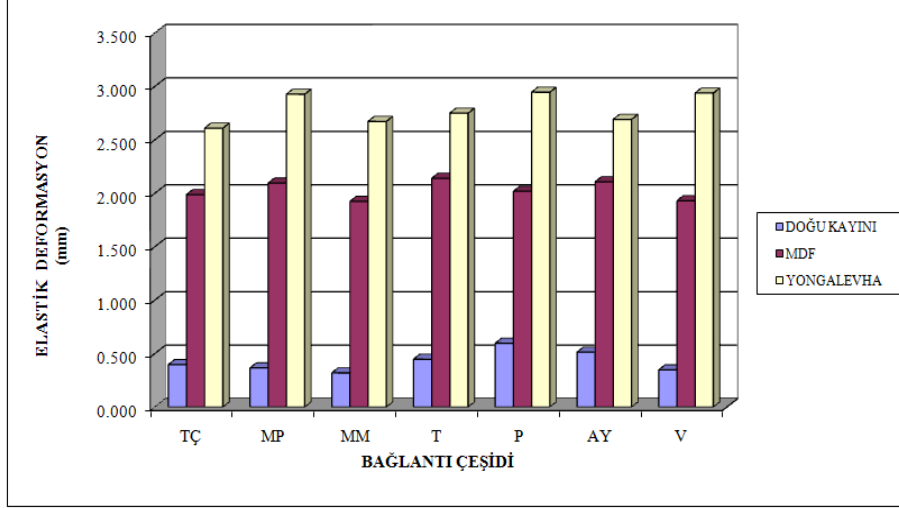
Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin elastik deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre elastik deformasyon ortalama değerleri (mm).

Bağlantı çeşidi	Malzeme çeşidi		
	Doğu Kayını	MDF	Yongalevha
Trapez	0,396	1,988	2,610
Plastik Dübelli Minifiks	0,366	2,096	2,927
Metal Dübelli Minifiks	0,319	1,924	2,673
Metal T Bağlantı	0,447	2,140	2,750
Pipo Bağlantı	0,597	2,019	2,946
Ay Bağlantı	0,513	2,108	2,692
Vida	0,347	1,930	2,938

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından, en düşük elastik deformasyon değeri 0,319 mm ile Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek elastik deformasyon değeri 2,946 mm

ile yongalevha ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir. Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine ait grafik Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin elastik deformasyon değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Tablo 4.12’de görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında en iyi performansı metal dübelli minifiks ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı metal dübelli minifiks ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise metal T elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı trapez ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı vermiştir.

4.1.3 Sünme Deneyi

Denemeler sonucunda elde edilen sünme değerlerine ait ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerler Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13’de görüldüğü gibi en düşük sünme değeri 0,068 mm ile Doğu kayını metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ve vida bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu

konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek sünme değeri 1,321 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir.

Tablo 4.13 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan sünme değerleri (mm).

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Doğu Kayını	TÇ	0,070	0,015	0,166	0,025
	MP	0,070	0,018	0,122	0,024
	MM	0,068	0,012	0,115	0,025
	T	0,083	0,031	0,134	0,038
	P	0,093	0,046	0,179	0,074
	AY	0,076	0,021	0,134	0,038
	V	0,068	0,017	0,128	0,020
MDF	TÇ	0,577	0,526	0,629	0,041
	MP	0,622	0,571	0,674	0,060
	MM	0,597	0,545	0,649	0,014
	T	0,692	0,641	0,744	0,015
	P	0,686	0,634	0,737	0,056
	AY	0,603	0,552	0,655	0,074
	V	0,565	0,495	0,598	0,013
YL	TÇ	1,187	1,136	1,239	0,078
	MP	1,321	1,269	1,372	0,068
	MM	1,181	1,129	1,232	0,052
	T	1,212	1,161	1,264	0,080
	P	1,251	1,199	1,303	0,084
	AY	1,169	1,117	1,220	0,043
	V	1,270	1,218	1,322	0,048

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Farklı bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların, sünme değerlerine ait MANOVA varyans analizi sonuçları Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14 Sünme değerlerine ait MANOVA varyans analizi sonuçları.

Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<%5
Malzeme Çeşidi (A)	2	18,198	9,099	3407,000	0,000
Bağlantı Çeşidi (B)	6	0,061	0,010	3,796	0,003
Etkileşim A*B	12	0,097	0,008	3,024	0,002
Hata	63	0,168	0,003		
Toplam	84	53,408			

MANOVA varyans analizi sonuçlarına göre, malzeme çeşidi, bağlantı çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin sünme miktarına etkilerinin 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.15, Tablo 4.16, Tablo 4.17'de verilmiştir. Farklı harfler $P<0,05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.15 Faktörlerin sünme miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Doğu Kayını-MM	0,068	A	MDF-MP	0,622	BC
Doğu Kayını-V	0,068	A	MDF-P	0,686	C
Doğu Kayını-TÇ	0,070	A	MDF-T	0,692	D
Doğu Kayını-MP	0,070	A	YL-AY	1,169	DE
Doğu Kayını-AY	0,076	A	YL-MM	1,181	DEF
Doğu Kayını-T	0,083	A	YL-TÇ	1,187	EF
Doğu Kayını-P	0,093	A	YL-T	1,212	EFG
MDF-V	0,565	B	YL-P	1,251	FG

Tablo 4.15 (devam ediyor)

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
MDF-TÇ	0,577	BC	YL-V	1,270	FG
MDF-MM	0,597	BC	YL-MP	1,321	G
MDF-AY	0,603	BC			

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

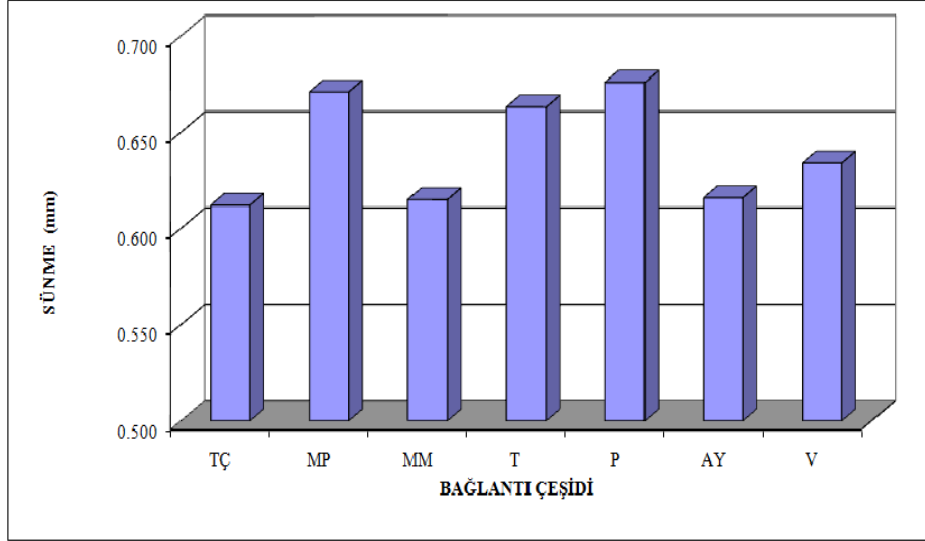
Bağlantı çeşidinin, sünme değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 Sünme değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları.

Bağlantı çeşidi	X (mm)	HG
Trapez	0,612	A
Metal dübelli minifiks	0,615	A
Ay bağlantı	0,616	A
Vida	0,634	B
Metal T bağlantı	0,663	C
Plastik dübelli minifiks	0,671	C
Pipo bağlantı	0,676	C

Yapılan Duncan testi sonucuna göre uygulanan trapez, metal dübelli minifiks ve ay bağlantı elemanları arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamsız yani aralarında fark yoktur ve aynı grup içerisinde yer aldıkları görülmüştür. Ayrıca % 95 güven düzeyinde vida bir grup, metal T bağlantı, plastik dübelli minifiks ve pipo bağlantı bir grup olarak görülmektedir. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.16'daki bağlantı çeşidine göre sünme değeri, pipo bağlantı (0,676 mm), trapez birleştirmelerden (0,612 mm), % 9,46 daha yüksek çıkmıştır. Bağlantı türüne ait elde edilen sünme ortalamaları Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Bağlantı çeşidi sünme değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Sonuç olarak Şekil 4.7'e göre trapez, metal dübelli minifiks ve ay bağlantı birleştirme elemanları, diğer bağlantı elemanlarına göre daha iyi performans göstermişlerdir.

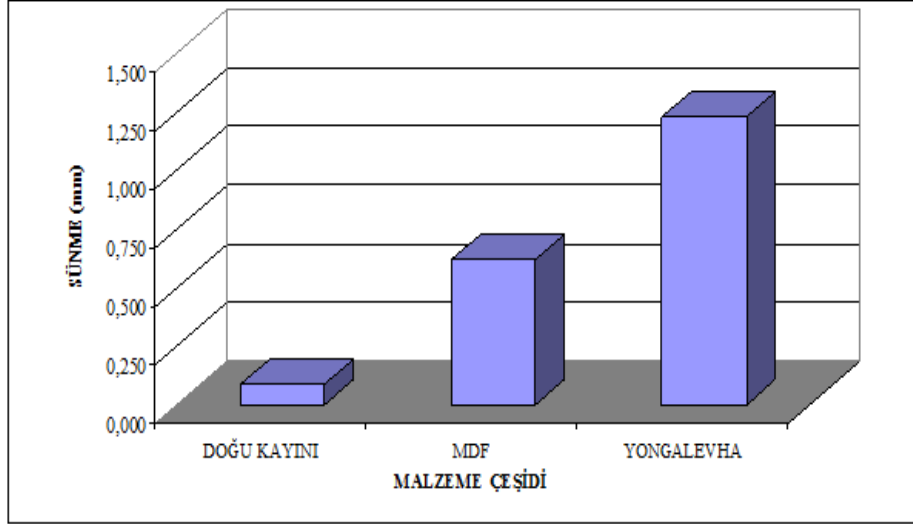
Malzeme çeşidinin, sünme değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17 Sünme değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları.

Malzeme çeşidi	X (mm)	HG
Doğu Kayını	0,075	A
MDF	0,620	B
Yongalevha	1,227	C

Malzeme çeşidi değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17'deki malzeme çeşidine göre sünme değeri, yongalevha (1,227 mm), Doğu kayınından (0,075 mm), % 1536 daha yüksek çıkmıştır. Malzeme çeşidine ait elde edilen sünme ortalamaları Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Malzeme çeşidi sünme değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

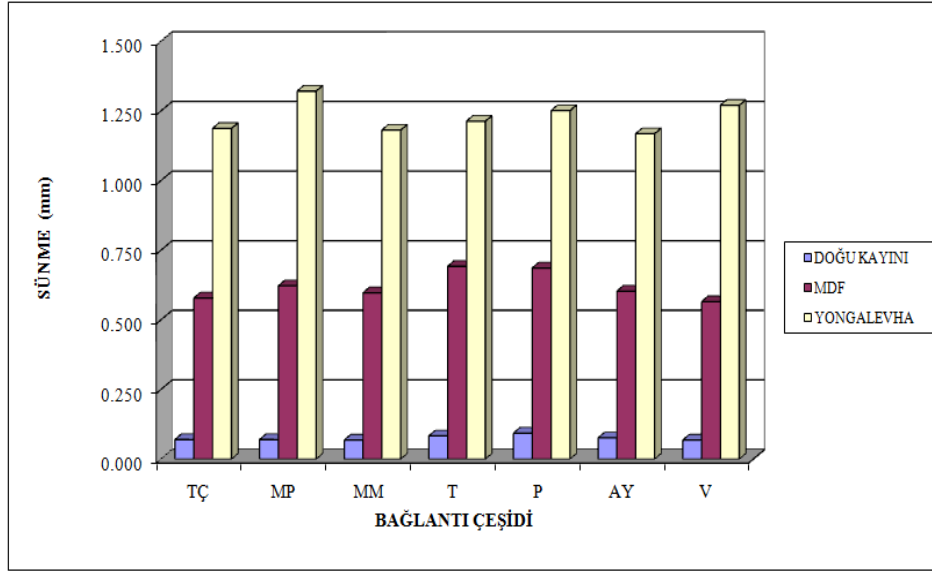
Şekil 4.8’de görüldüğü gibi malzeme çeşitlerinin ortalama sünmeye karşı gösterdikleri performansları elastiklik modülleri ile ilişkili olarak, en yüksek kayın panel, MDF ve daha sonra yongalevha olarak sıralanmıştır.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin sünme değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre sünme ortalama değerleri (mm).

Bağlantı çeşidi	Malzeme çeşidi		
	Doğu Kayını	MDF	Yongalevha
Trapez	0,070	0,577	1,187
Plastik Dübelli Minifiks	0,070	0,622	1,321
Metal Dübelli Minifiks	0,068	0,597	1,181
Metal T Bağlantı	0,083	0,692	1,212
Pipo Bağlantı	0,093	0,686	1,251
Ay Bağlantı	0,076	0,603	1,169
Vida	0,068	0,565	1,270

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından, en düşük sünme değeri 0,068 mm ile Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ve vida bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek sünme değeri ise 1,321 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir. Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine ait grafik Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin sünme değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Tablo 4.18 de görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında en iyi performansı metal dübelli minifiks ve vida ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı vida ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise metal T bağlantı elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı ay bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

4.1.4 Rijitlik Deneyi

Denemeler sonucunda elde edilen rijitlik katsayılarına ait ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerler Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19'da görüldüğü gibi en iyi performansı rijitlik katsayı 1,4 ile Doğu kayını ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en kötü performansı rijitlik katsayısı 2,7 ile yongalevha trapez bağlantı elemanı ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir.

Tablo 4.19 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan rijitlik katsayı değerleri.

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Doğu Kayını	TÇ	2,0	1,5	2,6	0,37761
	MP	2,2	1,6	2,7	0,70755
	MM	2,6	2,1	3,2	1,41496
	T	1,8	1,3	2,4	0,69012
	P	1,4	1,0	1,9	0,47761
	AY	1,6	1,1	2,2	0,35611
	V	2,4	1,8	3,0	1,42064
MDF	TÇ	2,3	1,7	2,8	0,22263
	MP	2,2	1,6	2,8	0,19846
	MM	2,4	1,9	2,9	0,1047
	T	2,2	1,6	2,7	0,27318
	P	2,3	1,8	2,9	0,09824
	AY	2,2	1,7	2,7	0,13893
	V	2,4	1,9	2,9	0,31581

Tablo 4.19 (devam ediyor).

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
YL	TÇ	2,7	2,1	3,2	0,37761
	MP	2,4	1,8	2,9	0,70755
	MM	2,7	2,1	3,3	1,41496
	T	2,6	2,1	3,1	0,69012
	P	2,4	1,8	3,0	0,44629
	AY	2,6	2,0	3,2	0,35611
	V	2,4	1,8	3,0	1,42064

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Tablo 4.19’da görüldüğü gibi en iyi performansı rijitlik katsayı 1,4 ile Doğu kayını ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en kötü performansı rijitlik katsayısı 2,7 ile yongalevha trapez bağlantı elemanı ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir.

Farklı bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların, rijitlik katsayılarına ait çoklu MANOVA analizi sonuçları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20 Rijitlik katsayılarına ait MANOVA varyans analizi sonuçları.

Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<%5
Malzeme Çeşidi (A)	2	0,992	9,099	0,496	1,623
Bağlantı Çeşidi (B)	6	1,436	0,010	0,239	0,784
Etkileşim A*B	12	2,24	0,008	0,187	0,611
Hata	63	19,245	0,003	0,305	
Toplam	84	1141,404	9,099		

MANOVA varyans analizi sonuçlarına göre, malzeme çeşidi, bağlantı çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin rijitlik katsayı miktarına etkilerinin 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.21, Tablo 4.22, Tablo 4.23’de verilmiştir.

Tablo 4.21 Faktörlerin rijitlik katsayı miktarına ait Duncan testi sonuçları.

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Doğu Kayını-P	1,4	A	MDF-MM	2,4	B
Doğu Kayını-AY	1,6	A	MDF-V	2,4	B
Doğu Kayını-T	1,8	A	YL-MP	2,4	B
Doğu Kayını-TÇ	2,0	B	YL-P	2,4	B
Doğu Kayını-MP	2,2	B	YL-V	2,4	B
MDF-P	2,2	B	Doğu Kayını-MM	2,6	B
MDF-T	2,2	B	YL-T	2,6	B
MDF-AY	2,2	B	YL-AY	2,6	B
MDF-TÇ	2,3	B	YL-TÇ	2,7	B
MDF-P	2,3	B	YL-MM	2,7	B
Doğu Kayını-V	2,4	B			

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

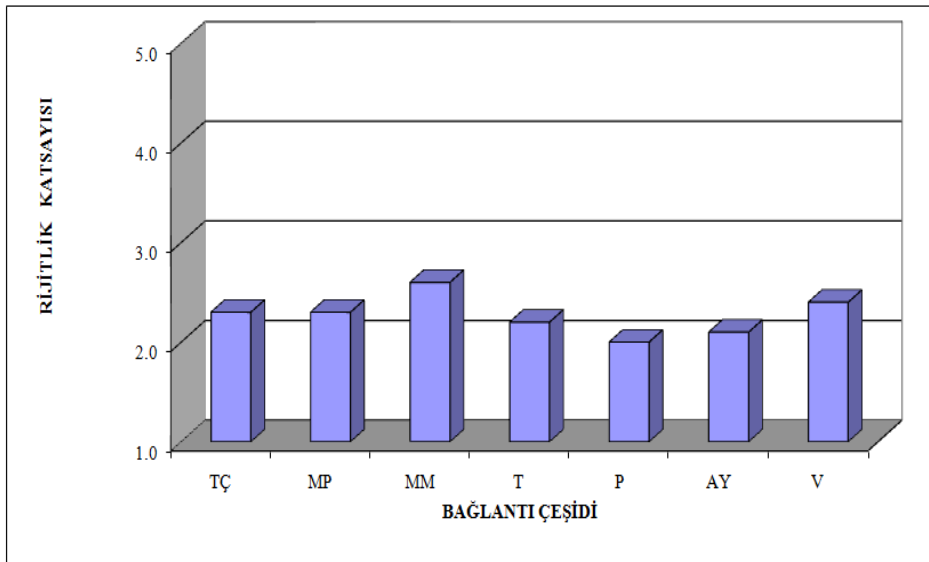
Bağlantı çeşidinin, rijitlik katsayılarına ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22 Rijitlik katsayı değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testis sonuçları.

Bağlantı çeşidi	X	HG
Pipo bağlantı	2,0	A
Ay bağlantı	2,1	A
Metal T bağlantı	2,2	A
Trapez	2,3	A
Plastik dübelli minifiks	2,3	A
Vida	2,4	A
Metal dübelli minifiks	2,6	A

Yapılan Duncan testi sonucuna göre uygulanan bağlantı çeşidi değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.22'deki bağlantı çeşidine göre rijitlik katsayısı, metal dübelli minifiks bağlantı(2,6), pipo birleştirmelerden (2,0), % 30 daha yüksek çıkmıştır. Bağlantı çeşidine ait elde edilen rijitlik katsayı ortalamaları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Bağlantı çeşidi rijitlik katsayı değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

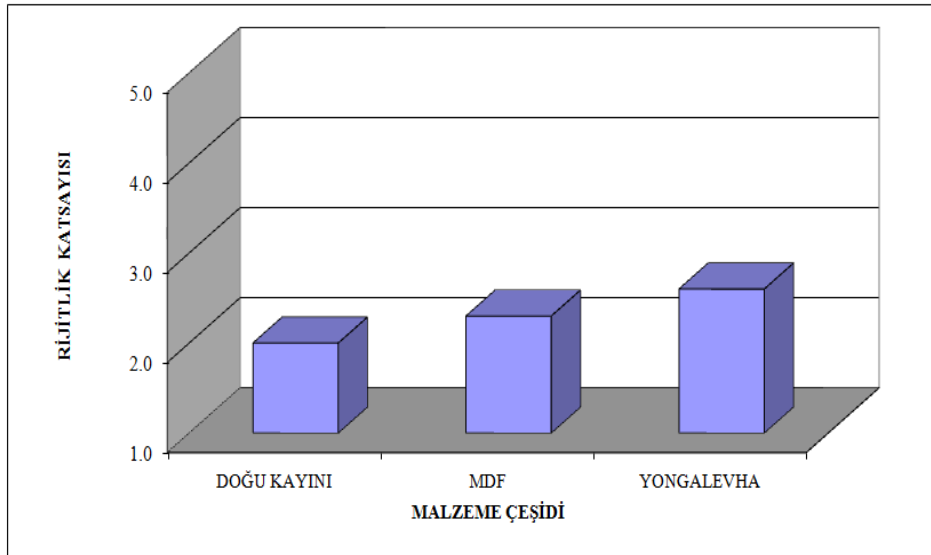
Malzeme çeşidinin, rijitlik katsayılarına ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.23'de verilmiştir.

Tablo 4.23 Rijitlik katsayı değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları.

Malzeme çeşidi	X (mm)	HG
Doğu Kayını	2,0	A
MDF	2,3	A
Yongalevha	2,6	A

Malzeme çeşidi değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.23'deki malzeme çeşidine göre rijitlik katsayısı, yongalevha (2,6), Doğu kayınından (2,0), % 23,07 daha yüksek çıkmıştır. Malzeme çeşidine ait elde edilen rijitlik katsayı ortalamaları Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



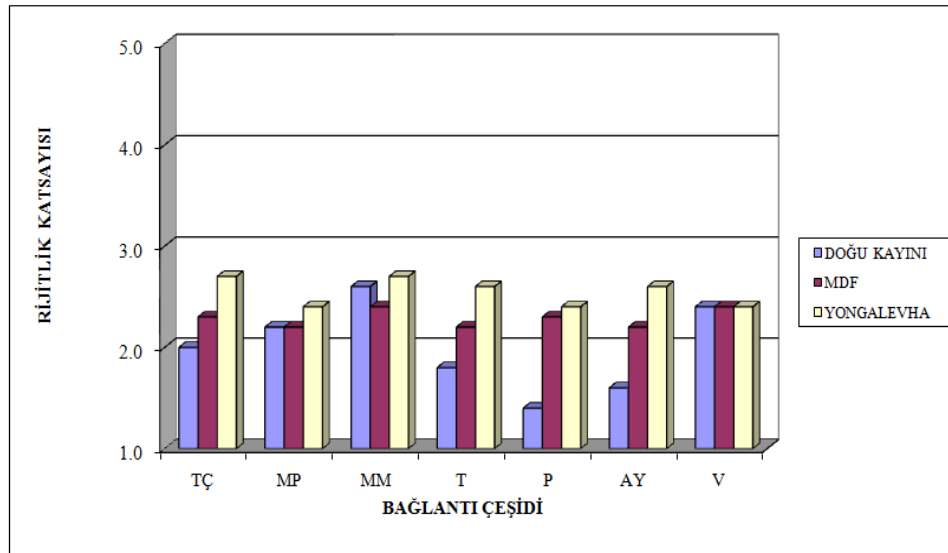
Şekil 4.11 Malzeme çeşidi rijitlik katsayı değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin rijitlik katsayılarına ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.24'de verilmiştir.

Tablo 4.24 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre rijitlik katsayı ortalama değerleri.

Bağlantı çeşidi	Malzeme çeşidi		
	Doğu Kayını	MDF	Yongalevha
Trapez	2,0	2,3	2,7
Plastik Dübelli Minifiks	2,2	2,2	2,4
Metal Dübelli Minifiks	2,6	2,4	2,7
Metal T Bağlantı	1,8	2,2	2,6
Pipo Bağlantı	1,4	2,3	2,4
Ay Bağlantı	1,6	2,2	2,6
Vida	2,4	2,4	2,4

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından, en iyi performansı rijitlik katsayısı 1,4 ile Doğu kayını ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en kötü performansı rijitlik katsayısı 2,7 ile yongalevha ve trapez, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir. Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine ait grafik Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin rijitlik katsayı değerlerine ait Ortalamaların karşılaştırılması.

Sonuç olarak bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi göz önüne alındığında 1-5 lik rijitlik skalasına göre demonte bağlantı elamanları tam rijit olmayan, yarı rijit bir birleşim sağlamaktadır. Trapez yongalevha kutu mobilya birleştirme kombinasyonu ve metal dübelli minifiks yongalevha kutu mobilya birleştirme kombinasyonları serbest rijitliğe sahiptir.

4.1.5 Geri Dönüşüm Deneyi

Denemelerden elde edilen geri dönüşüm, elastik geri dönüşüm ve sünme geri dönüşüm deneyi olarak iki ayrı başlık altında verilmektedir.

4.1.5.1 Elastik Geri Dönüşüm Deneyi

Denemeler sonucunda elde edilen elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerler Tablo 4.25’de verilmiştir.

Tablo 4.25’de görüldüğü gibi en düşük elastik geri dönüşüm değeri 0,248 mm ile Doğu kayını ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek elastik geri dönüşüm değeri 2,915 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir.

Tablo 4.25 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan elastik geri dönüşüm değerleri (mm).

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Doğu Kayını	TÇ	0,292	0,028	0,612	0,052
	MP	0,248	0,072	0,568	0,130
	MM	0,254	0,066	0,574	0,090
	T	0,394	0,074	0,714	0,232
	P	0,508	0,188	0,828	0,383
	AY	0,375	0,055	0,694	0,222
	V	0,292	0,028	0,612	0,133

Tablo 4.25 (devam ediyor).

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
MDF	TÇ	1,873	1,553	2,193	0,096
	MP	1,994	1,674	2,314	0,064
	MM	1,861	1,541	2,180	0,056
	T	2,089	1,769	2,409	0,213
	P	1,892	1,572	2,212	0,079
	AY	2,220	1,934	2,506	0,560
	V	1,816	1,496	2,136	0,213
YL	TÇ	2,559	2,239	2,879	0,363
	MP	2,915	2,595	3,234	0,084
	MM	2,673	2,353	2,993	0,515
	T	2,908	2,588	3,228	0,470
	P	2,692	2,372	3,012	0,259
	AY	2,794	2,425	3,163	0,604
	V	2,743	2,423	3,063	0,622

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Farklı bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların, elastik geri dönüşüm değerlerine ait çoklu MANOVA analizi sonuçları Tablo 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.26 Elastik geri dönüşüm değerlerine ait MANOVA varyans analizi sonuçları.

Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<%5
Malzeme Çeşidi (A)	2	83,662	41,831	407,861	0,000
Bağlantı Çeşidi (B)	6	0,604	0,101	0,982	0,445
Etkileşim A*B	12	0,523	0,044	0,425	0,948
Hata	63	6,461	0,103		
Toplam	84	328,360			

MANOVA varyans analizi sonuçlarına göre, malzeme çeşidinin, elastik geri dönüşüm miktarına etkilerinin 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli olduğu, ancak bağlantı çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.27, Tablo 4.28, Tablo 4.29’da verilmiştir. Farklı harfler $P < 0,05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.27 Faktörlerin elastik geri dönüşüm miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm).

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Doğu Kayını-MP	0,248	A	MDF-MP	1,994	B
Doğu Kayını-MM	0,254	A	MDF-T	2,089	B
Doğu Kayını-TÇ	0,292	A	MDF-AY	2,220	B
Doğu Kayını-V	0,292	A	YL-TÇ	2,559	C
Doğu Kayını-AY	0,375	A	YL-MM	2,673	C
Doğu Kayını-T	0,394	A	YL-P	2,692	C
Doğu Kayını-P	0,508	A	YL-V	2,743	C
MDF-V	1,816	B	YL-AY	2,794	C
MDF-MM	1,861	B	YL-T	2,908	C
MDF-TÇ	1,873	B	YL-MP	2,915	C
Doğu Kayını-MP	0,248	A			

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Bağlantı çeşidinin, elastik geri dönüşüm değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.28’de verilmiştir.

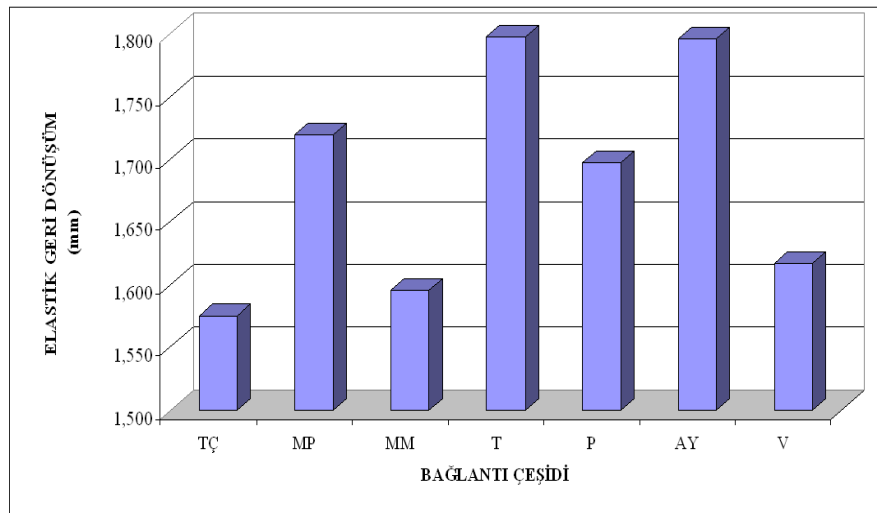
Tablo 4.28 Elastik geri dönüşüm değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testi sonuçları.

Bağlantı çeşidi	X (mm)	HG
Trapez	1,575	A
Metal dübelli minifiks	1,596	A
Vida	1,617	A
Pipo bağlantı	1,697	A
Plastik dübelli minifiks	1,719	A
Ay bağlantı	1,796	A
Metal T bağlantı	1,797	A

Yapılan Duncan testi sonucuna göre uygulanan bağlantı elemanları arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamsız yani aralarında fark yoktur. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.28’de gösterilmiştir.

Tablo 4.28’deki bağlantı çeşidine göre elastik geri dönüşüm değeri, metal T bağlantı (1,797 mm), trapez birleştirmelerden (1,575 mm), % 14,09 daha yüksek çıkmıştır. Bağlantı türüne ait elde edilen elastik geri dönüşüm ortalamaları Şekil 4.13’de gösterilmiştir.

Sonuç olarak vida, metal dübelli minifiks ve trapez birleştirme elemanları, diğer bağlantı elemanlarına göre daha az deforme olmuş ve daha kararlı bağlantılar oluşturmuşlardır.



Şekil 4.13 Bağlantı çeşidi elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Malzeme çeşidinin, elastik geri dönüşüm değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.29’da verilmiştir.

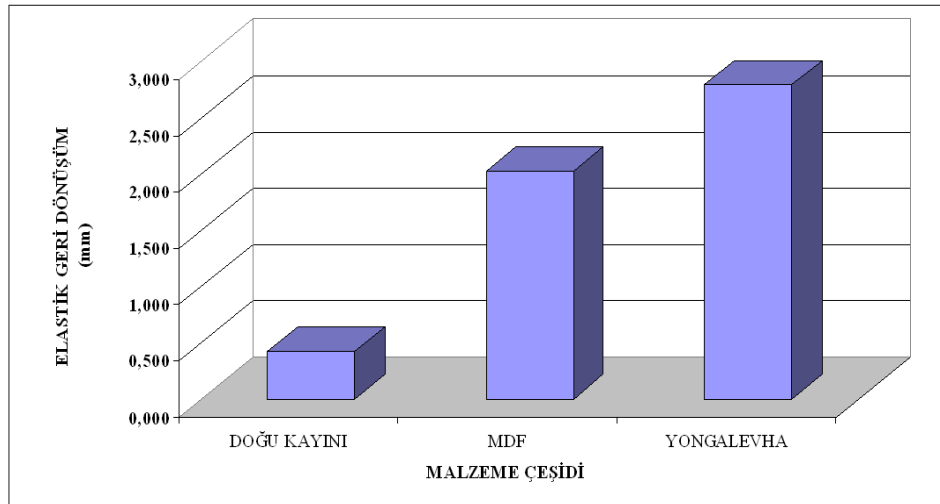
Tablo 4.29 Elastik geri dönüşüm değerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan testi sonuçları.

Malzeme çeşidi	X (mm)	HG
Doğu Kayını	0,337	A
MDF	1,964	B
Yongalevha	2,755	C

Malzeme çeşidi değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.29’da gösterilmiştir.

Tablo 4.29’daki malzeme çeşidine göre elastik geri dönüşüm değeri, yongalevha (2,755 mm), Doğu kayınından (0,337 mm), % 717,50 daha yüksek çıkmıştır. Malzeme çeşidine ait elde edilen elastik geri dönüşüm ortalamaları Şekil 4.14’ de gösterilmiştir.

Sonuç olarak, elastik geri dönüşümlerde birleştirme elemanının etkisi yok, elastik geri dönüşüm performansın malzeme çeşidine bağlı olduğu söylenebilir. Ayrıca en iyi performansı yongalevha, daha sonra MDF ve en son olarak masif panel kayın göstermiştir.



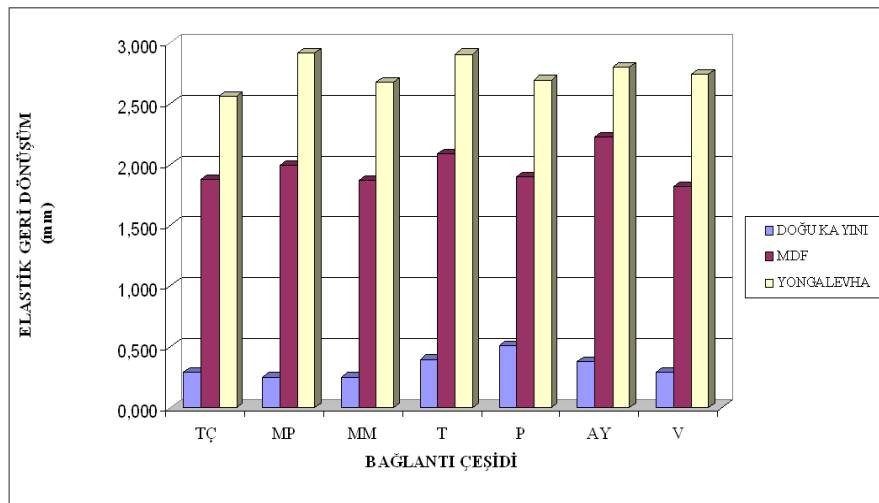
Şekil 4.14 Malzeme çeşidi elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.30’da verilmiştir.

Tablo 4.30 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre elastik geri dönüşüm ortalama değerleri (mm).

Bağlantı çeşidi	Malzeme çeşidi		
	Doğu Kayını	MDF	Yongalevha
Trapez	0,292	1,873	2,559
Plastik Dübelli Minifiks	0,248	1,994	2,915
Metal Dübelli Minifiks	0,254	1,861	2,673
Metal T Bağlantı	0,394	2,089	2,908
Pipo Bağlantı	0,508	1,892	2,692
Ay Bağlantı	0,375	2,220	2,794
Vida	0,292	1,816	2,743

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından, en düşük elastik geri dönüşüm değeri 0,248 mm ile Doğu kayını ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek elastik geri dönüşümdeğeri ise 2,915 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir. Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine ait grafik Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4.15 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin elastik geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Tablo 4.30 da görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında en iyi performansı plastik dübelli minifiks bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı pipo bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı vida ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise ay bağlantı elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı trapez bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

4.1.5.2 Sünme Geri Dönüşüm Deneyi

Denemeler sonucunda elde edilen sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerler Tablo 4.31’de verilmiştir.

Tablo 4.31’de görüldüğü gibi en düşük sünme geri dönüşüm değeri 0,225 mm ile Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek sünme geri dönüşüm değeri 2,741 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir.

Tablo 4.31 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan sünme geri dönüşüm değerleri (mm)

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Doğu Kayını	TÇ	0,264	0,211	0,318	0,015
	MP	0,226	0,171	0,278	0,011
	MM	0,225	0,171	0,278	0,016
	T	0,353	0,300	0,407	0,026
	P	0,497	0,443	0,550	0,007
	AY	0,327	0,273	0,380	0,022
	V	0,068	0,017	0,128	0,020
	MP	0,622	0,571	0,674	0,060

Tablo 4.31 (devam ediyor)

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
MDF	TÇ	1,689	1,634	1,741	0,090
	MP	1,786	1,733	1,840	0,114
	MM	1,709	1,656	1,763	0,112
	T	1,900	1,847	1,954	0,149
	P	1,723	1,670	1,777	0,084
	AY	1,790	1,736	1,843	0,120
	V	1,641	1,588	1,695	0,077
YL	TÇ	2,340	2,286	2,393	0,083
	MP	2,741	2,687	2,794	0,131
	MM	2,503	2,449	2,556	0,123
	T	2,728	2,675	2,782	0,105
	P	2,518	2,464	2,571	0,095
	AY	2,709	2,656	2,763	0,121
	V	2,556	2,502	2,610	0,121

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Farklı bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların, sünme geri dönüşüm değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 4.32’de verilmiştir.

Tablo 4.32 Sünme geri dönüşüm değerlerine ait MANOVA varyans analiz sonuçları.

Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<%5
Malzeme Çeşidi (A)	2	204,172	102,086	12518,910	0,000
Bağlantı Çeşidi (B)	6	1,341	,224	27,410	0,000
Etkileşim A*B	12	1,203	,100	12,289	0,000
Hata	210	1,712	,008		
Toplam	231	761,365			

MANOVA varyans analizi sonuçlarına göre, malzeme çeşidi, bağlantı çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin sünme geri dönüşüm miktarına etkilerinin 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.33, Tablo 4.34, Tablo 4.35’de verilmiştir. Farklı harfler P<0,05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.33 Faktörlerin sünme geri dönüşüm miktarına ait Duncan testi sonuçları (mm)

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Doğu Kayını-MM	0,225	A	MDF-MP	1,786	B
Doğu Kayını-MP	0,226	A	MDF-T	1,790	B
Doğu Kayını-TÇ	0,264	A	MDF-AY	1,900	B
Doğu Kayını-V	0,269	A	YL-TÇ	2,340	C
Doğu Kayını-AY	0,327	A	YL-MM	2,503	CD
Doğu Kayını-T	0,353	A	YL-P	2,518	CD
Doğu Kayını-P	0,497	A	YL-V	2,556	CD
MDF-V	1,641	B	YL-AY	2,709	DE
MDF-TÇ	1,689	B	YL-T	2,728	DEF
MDF-MM	1,709	B	YL-MP	2,741	F
MDF-P	1,723	B			

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida)

Bağlantı çeşidinin, sünme geri dönüşüm değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.34’de verilmiştir.

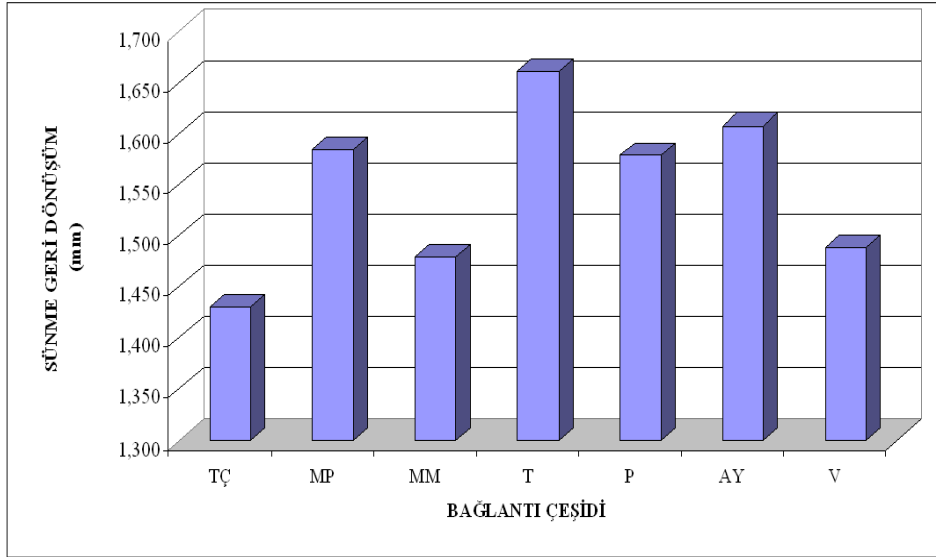
Tablo 4.34 Sünme geri dönüşüm değerlerinde bağlantı çeşidine ait Duncan testisonuçları.

Bağlantı çeşidi	X (mm)	HG
Trapez	1,431	A
Metal dübelli minifiks	1,479	B
Vida	1,489	B
Pipo bağlantı	1,579	C
Plastik dübelli minifiks	1,584	C
Ay bağlantı	1,608	C
Metal T bağlantı	1,661	D

Yapılan Duncan testi sonucuna göre uygulanan vida ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanları arasındaki farklılık % 95 güven düzeyinde anlamsız yani aralarında fark yoktur. Ayrıca % 95 güven düzeyinde pipo, plastik dübelli minifiks ve ay bağlantıları arasında fark olmadığı ve aynı grup içerisinde yer aldıkları görülmüştür. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.34’de gösterilmiştir.

Tablo 4.34’deki bağlantı çeşidine göre sünme geri dönüşüm değeri, metal T bağlantı (1,661 mm), trapez birleştirmelerden (1,431mm), % 16,07 daha yüksek çıkmıştır. Bağlantı türüne ait elde edilen sünme geri dönüşüm ortalamaları Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

Sonuç olarak trapez birleştirme elemanı, diğer bağlantı elemanlarına göre daha az deforme olmuş ve daha kararlı bağlantı oluşturmuştur.



Şekil 4.16 Bağlantı çeşidi sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Malzeme çeşidinin, sünme geri dönüşüm değerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.35’de verilmiştir.

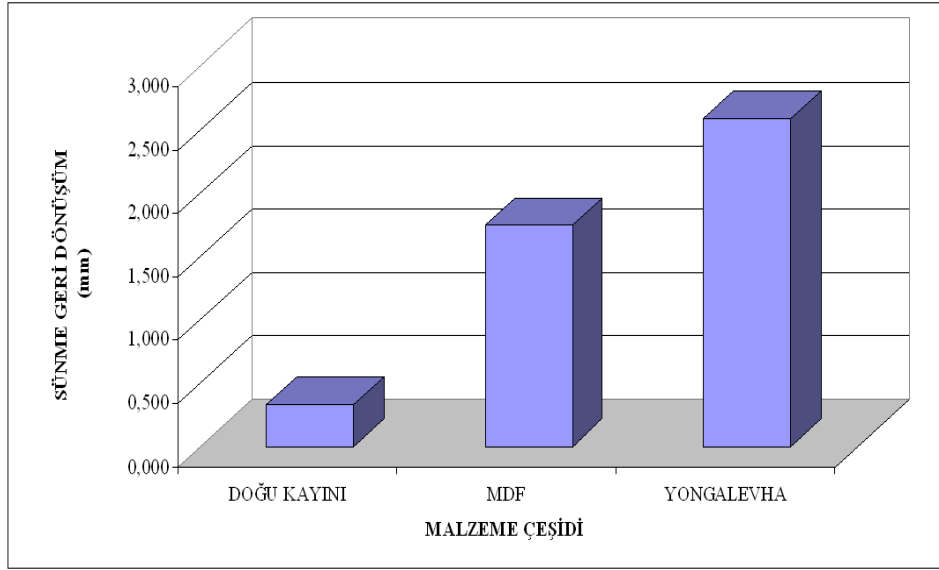
Tablo 4.35 Sünme geri dönüşümdeğerlerinde malzeme çeşidine ait Duncan test sonuçları.

Malzeme çeşidi	X (mm)	HG
Doğu Kayını	0,308	A
MDF	1,748	B
Yongalevha	2,585	C

Malzeme çeşidi değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında Tablo 4.35’de gösterilmiştir.

Tablo 4.35’deki malzeme çeşidine göre sünme geri dönüşüm değeri, yongalevha (2,585 mm), Doğu kayınından (0,308 mm), % 739,28 daha yüksek çıkmıştır. Malzeme çeşidine ait elde edilen sünme geri dönüşüm ortalamaları Şekil 4.17’de gösterilmiştir.

Sonuç olarak, sünme geri dönüşümlerde birleştirme elemanının etkisi yok, sünme geri dönüşüm performansın malzeme çeşidine bağlı olduğu söylenebilir. Ayrıca en iyi performansı yongalevha, daha sonra MDF ve en son olarak masif panel kayın göstermiştir.



Şekil 4.17 Malzeme çeşidi sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

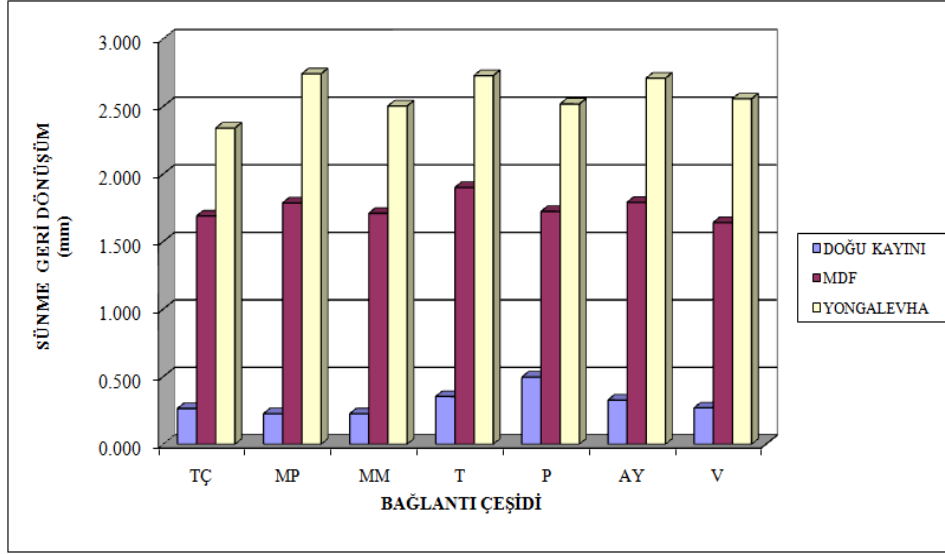
Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 4.36’da verilmiştir.

Tablo 4.36 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine göre sünme geridönüşüm ortalama değerleri (mm).

Bağlantı çeşidi	Malzeme çeşidi		
	Doğu Kayını	MDF	Yongalevha
Trapez	0,264	1,689	2,340
Plastik Dübelli Minifiks	0,226	1,786	2,741
Metal Dübelli Minifiks	0,225	1,709	2,503
Metal T Bağlantı	0,353	1,900	2,728
Pipo Bağlantı	0,497	1,723	2,518
Ay Bağlantı	0,327	1,790	2,709
Vida	0,269	1,641	2,556

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından, en düşük sünme geri dönüşüm değeri 0,225 mm ile Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek sünme geri dönüşümdeğeri ise 2,741 mm ile yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen

kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda belirlenmiştir. Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimine ait grafik Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşiminin sünme geri dönüşüm değerlerine ait ortalamaların karşılaştırılması.

Tablo 4.36 da görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında en iyi performansı metal dübelli minifiks ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı vida bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise metal T bağlantı elemanı vermiştir.

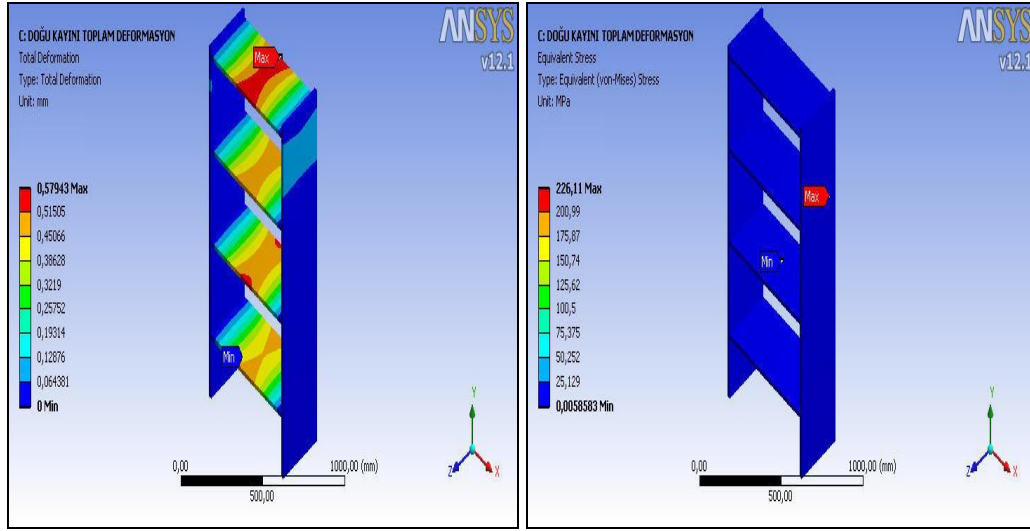
Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplıklarda ise en iyi performansı trapez bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en kötü performansı ise plastik dübelli minifiks elemanı vermiştir.

4.2 BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANSYS AİT BULGULAR

Deneylerden elde edilen malzemenin mekanik özellikleri Tablo 3.3’deki gibi ANSYS programında kullanılan malzeme özelliklerine veri olarak aktarılmıştır. Uygulamalı deneylerdeki şartlar göz önüne alınarak ANSYS ile analiz yapılmıştır.

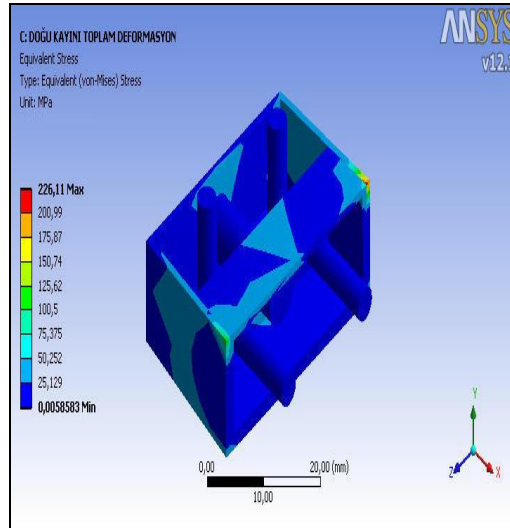
4.2.1 Toplam Deformasyon Analizi

Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



(a)

(b)

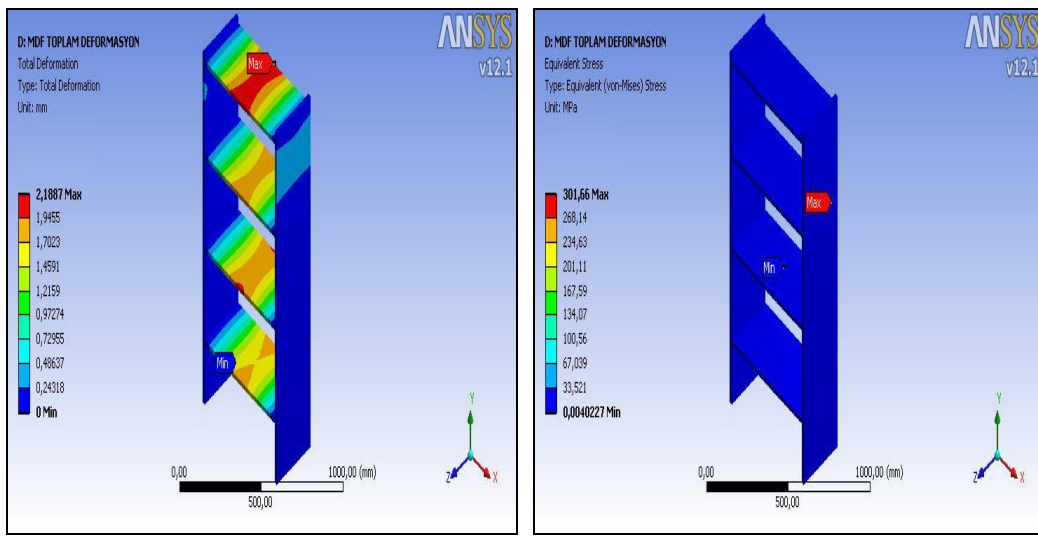


(c)

Şekil 4.19 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Trapez bağlantı gerilme değeri.

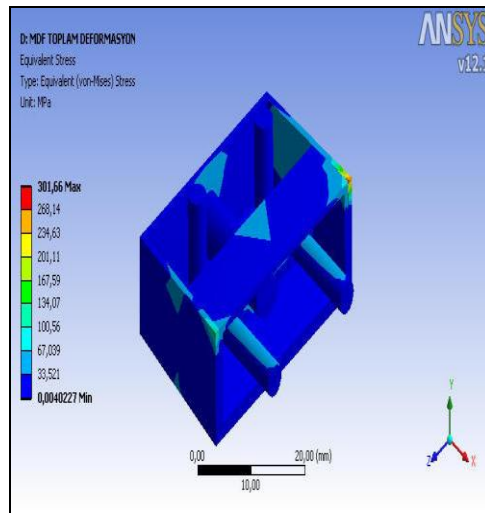
ANSYS analiz çalışmasında, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 0,579 mm olarak ölçülmüştür. Trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 226,11 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



(a)

(b)

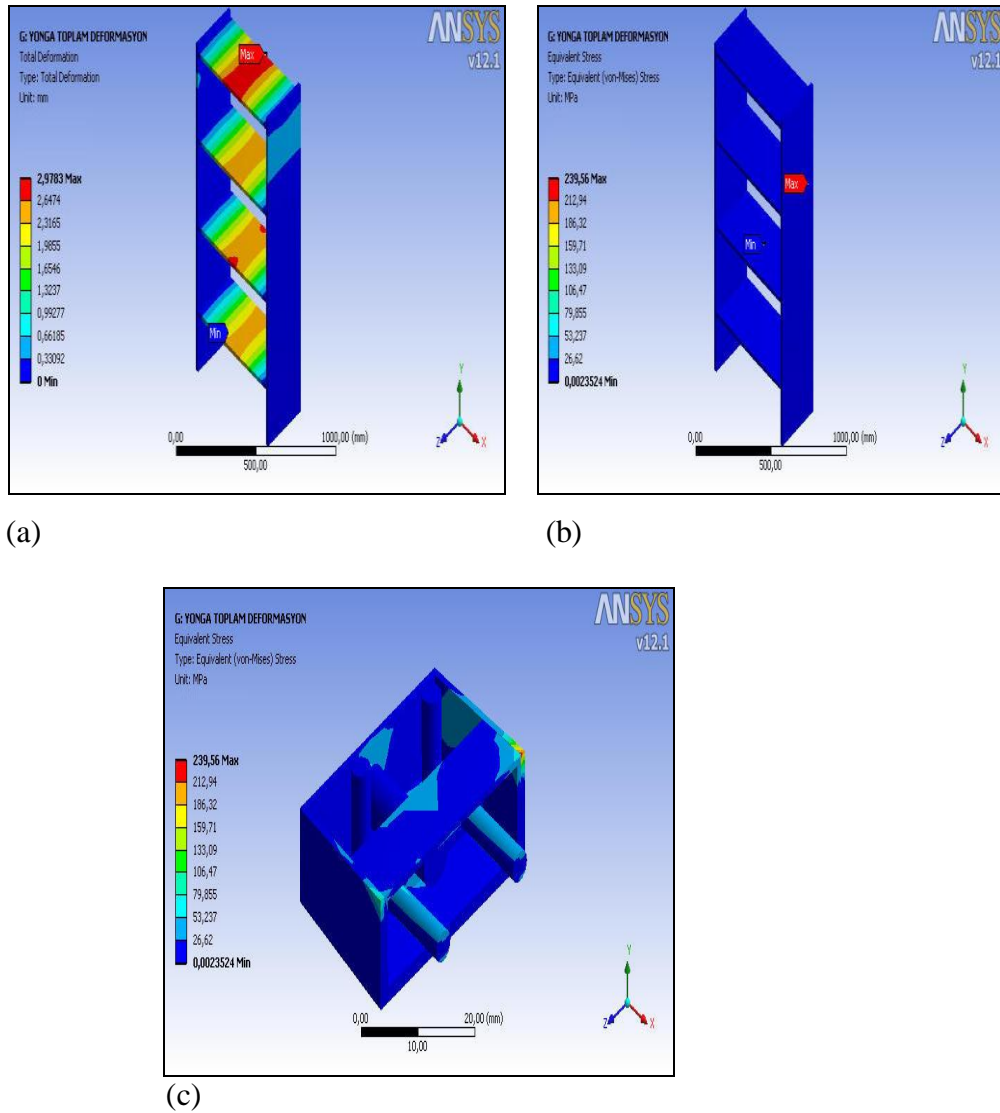


(c)

Şekil 4.20 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Trapez bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,189 mm olarak ölçülmüştür. Trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 301,66 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

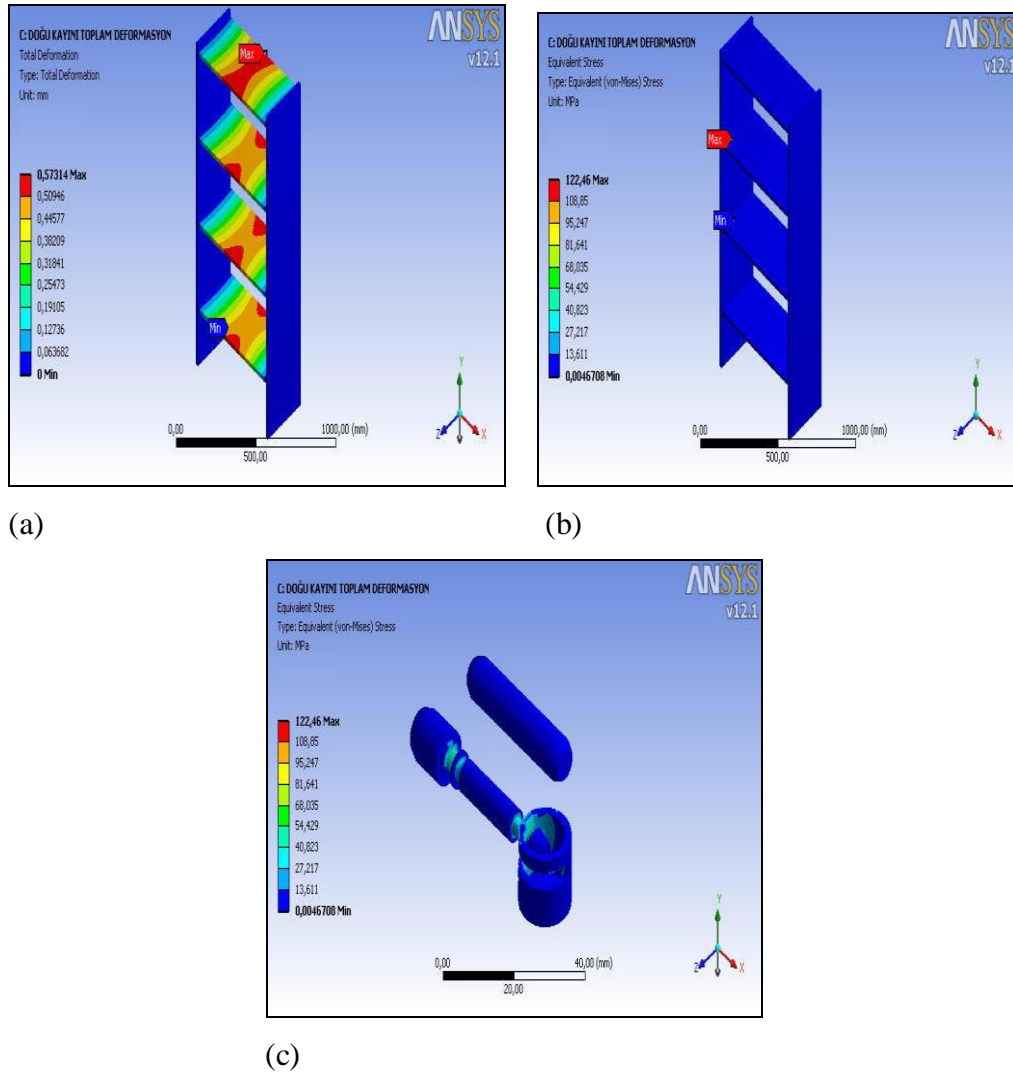
Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Trapez bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,978 mm olarak ölçülmüştür. Trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 239,56 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

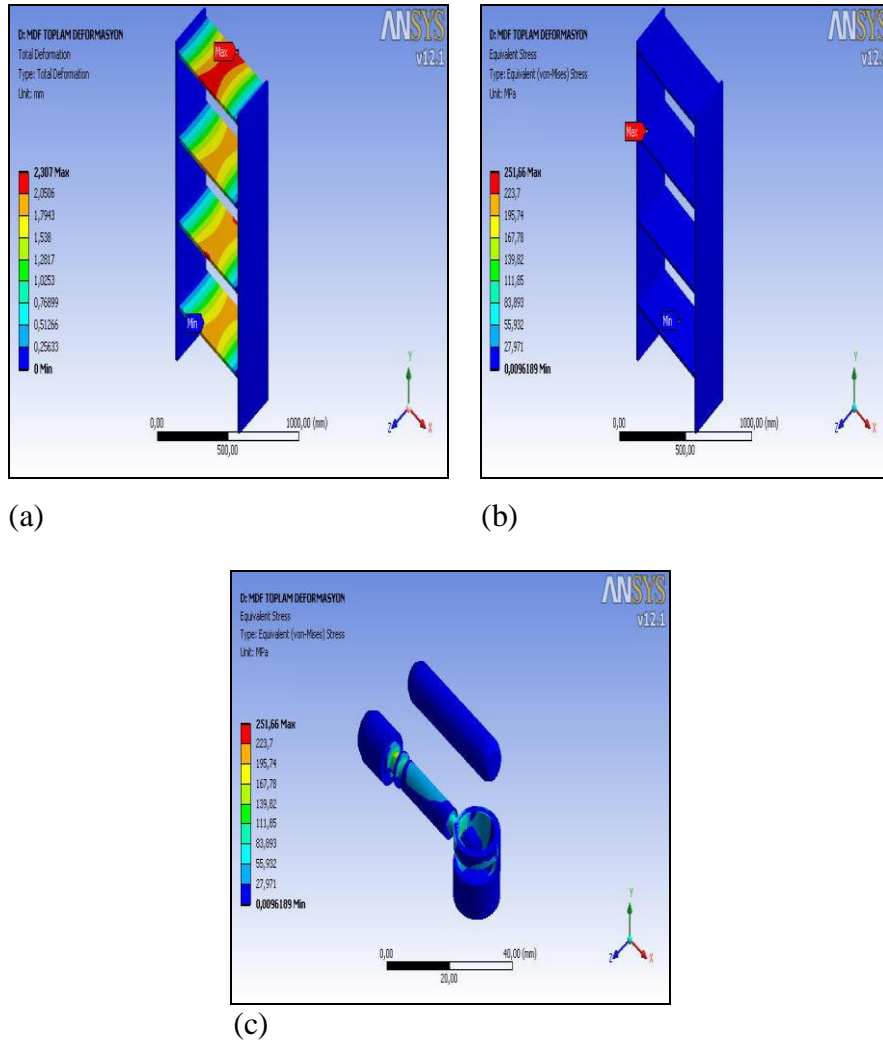
Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Plastik dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 0,573 mm ölçülmüştür. Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 122,46 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

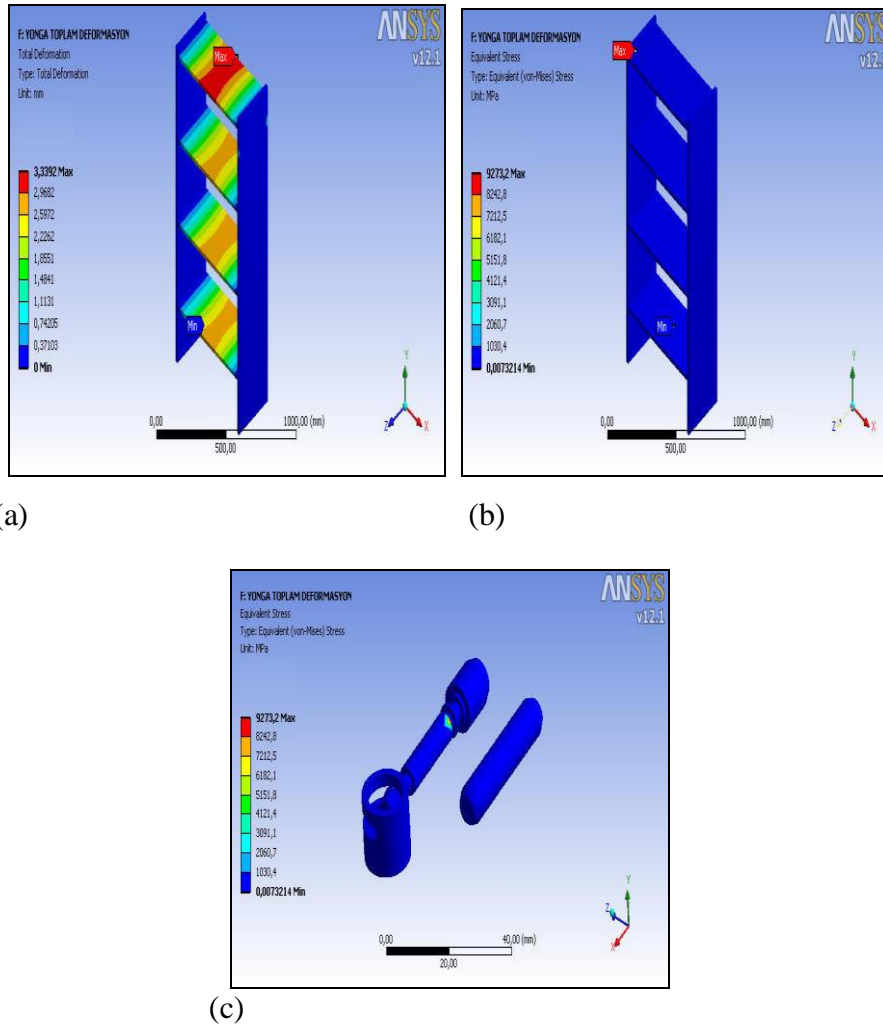
Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Plastik dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,307 mm olarak ölçülmüştür. Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 251,66 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

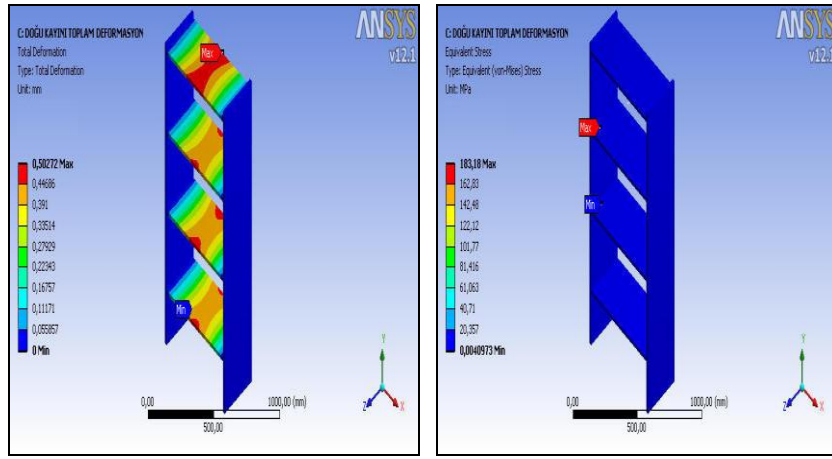
Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.24'de gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Plastik dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

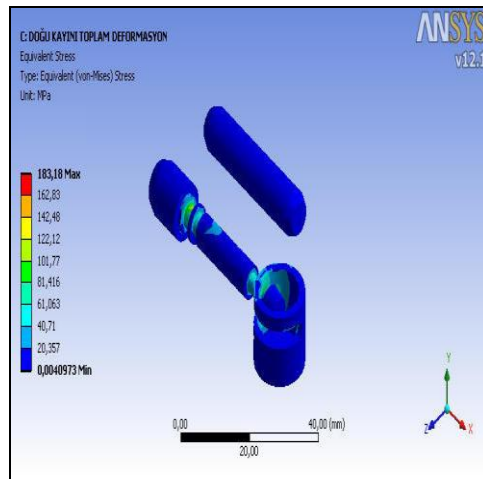
ANSYS analiz çalışmasında, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 3,339 mm olarak ölçülmüştür. Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 9273,20 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.25’de gösterilmiştir.



(a)

(b)

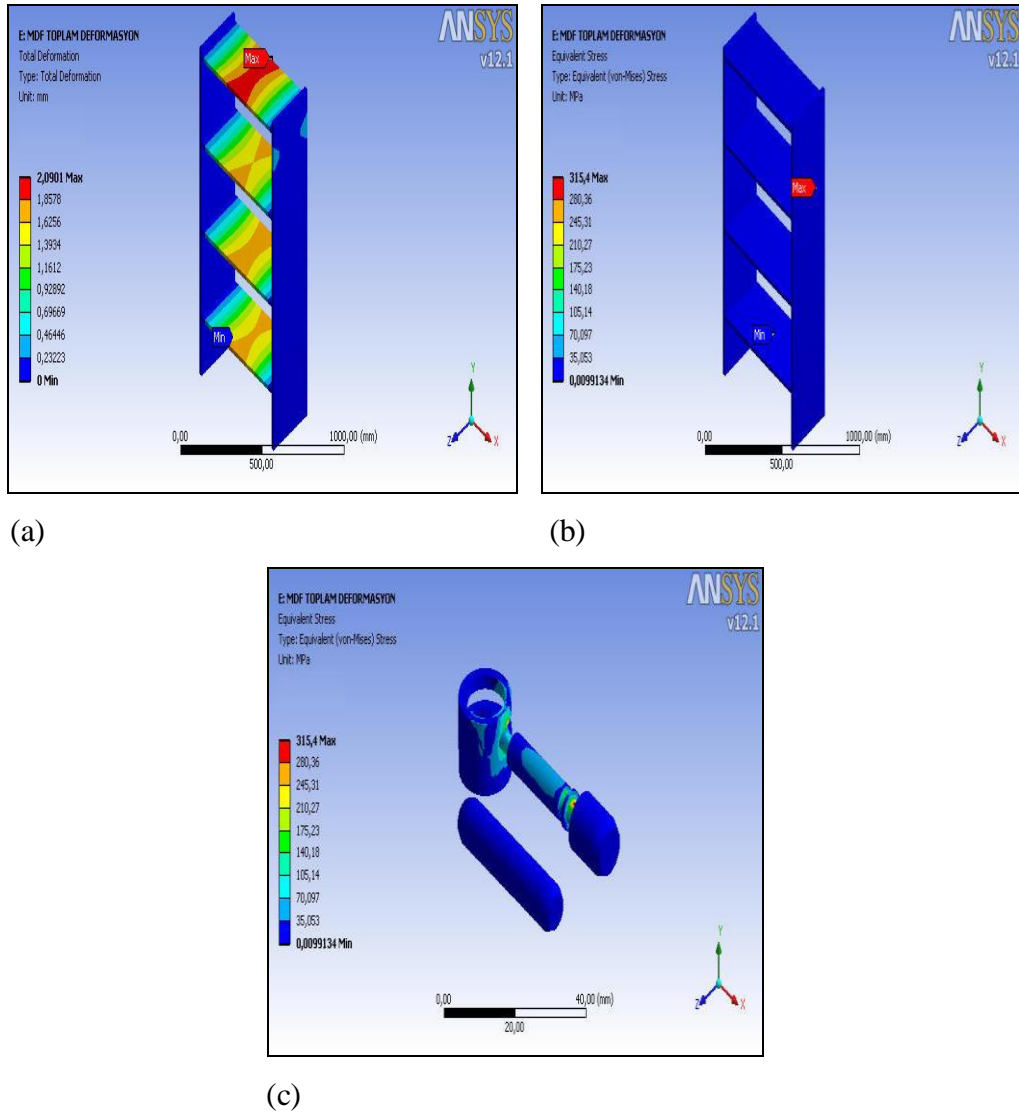


(c)

Şekil 4.25 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 0,502 mm olarak ölçülmüştür. Metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 183,18 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

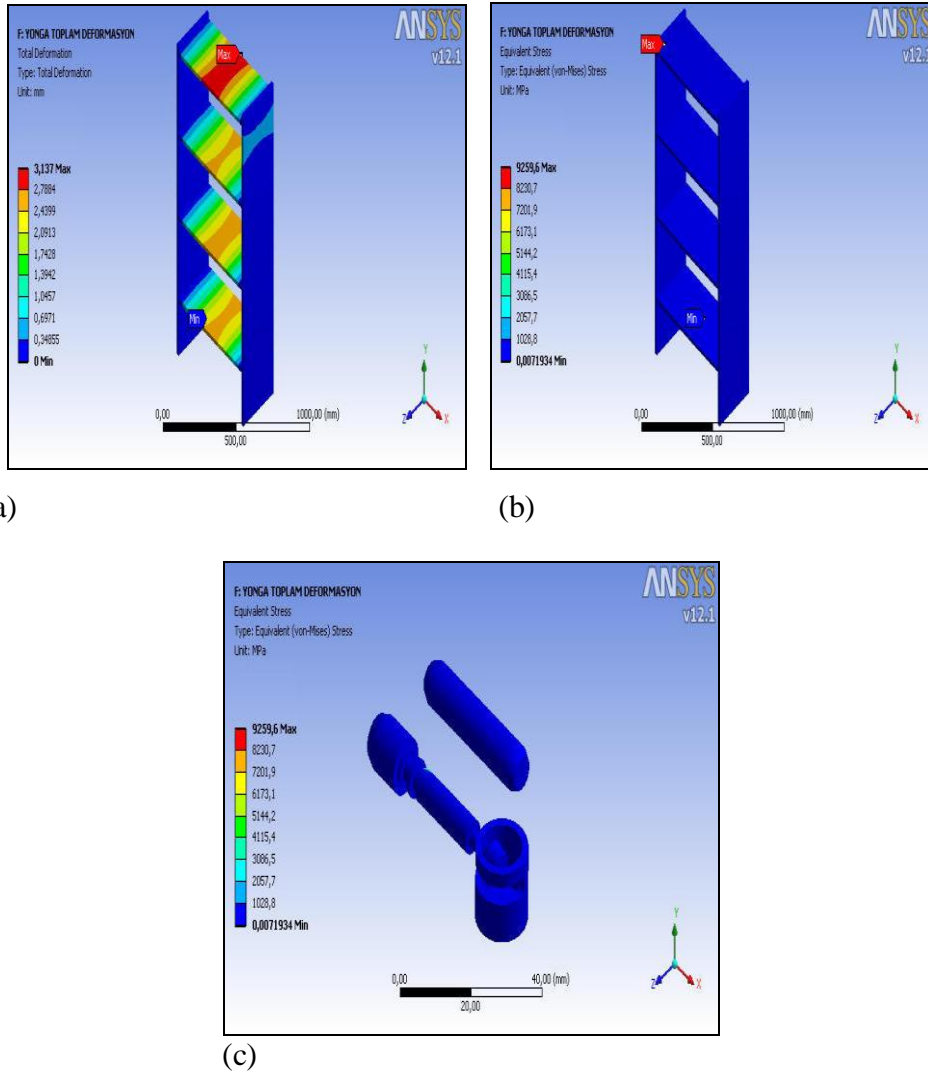
Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.26 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,090 mm olarak ölçülmüştür. Metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 315,40 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

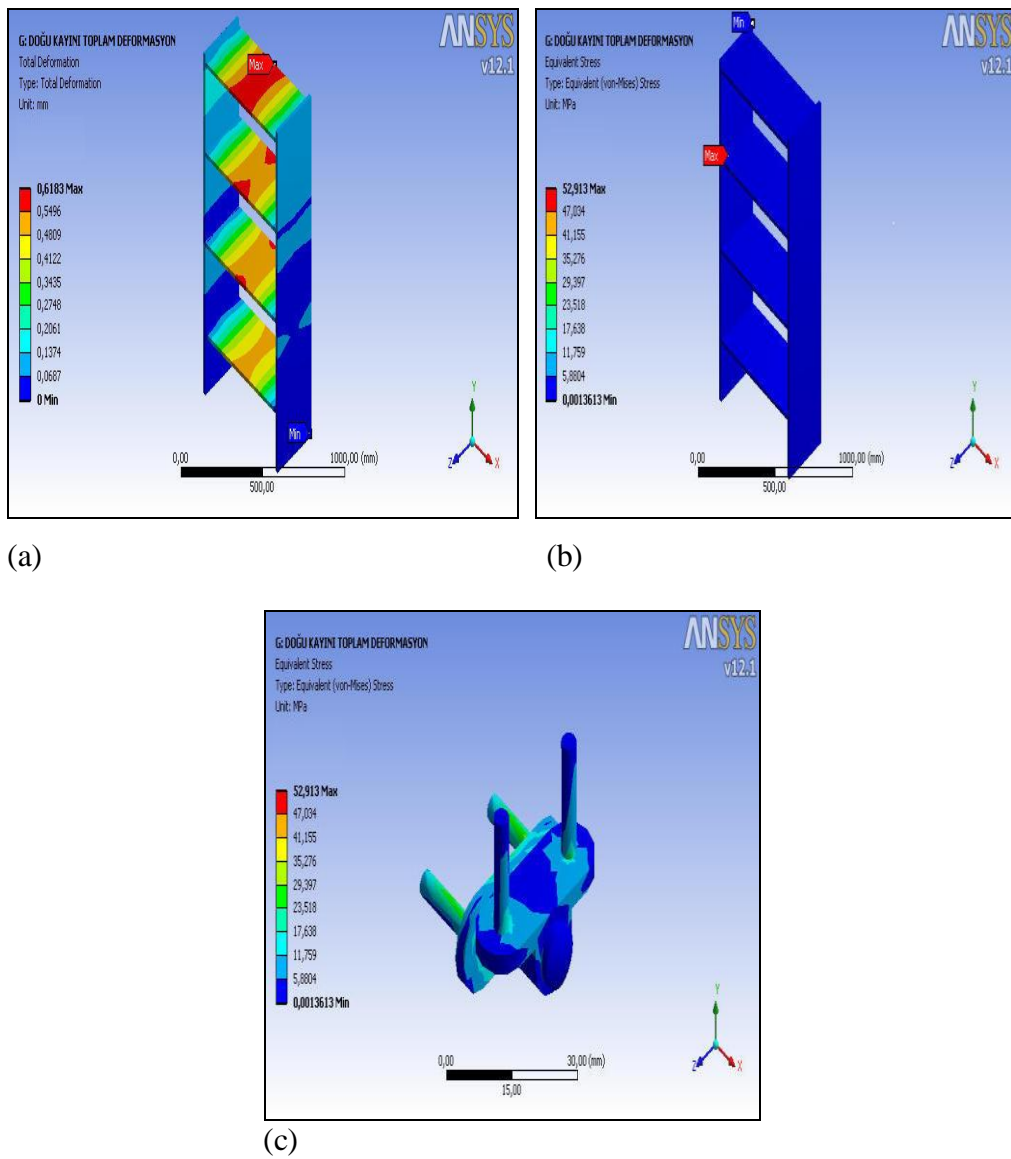
Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



Şekil 4.27 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 3,137 mm olarak ölçülmüştür. Metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 9259,60 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

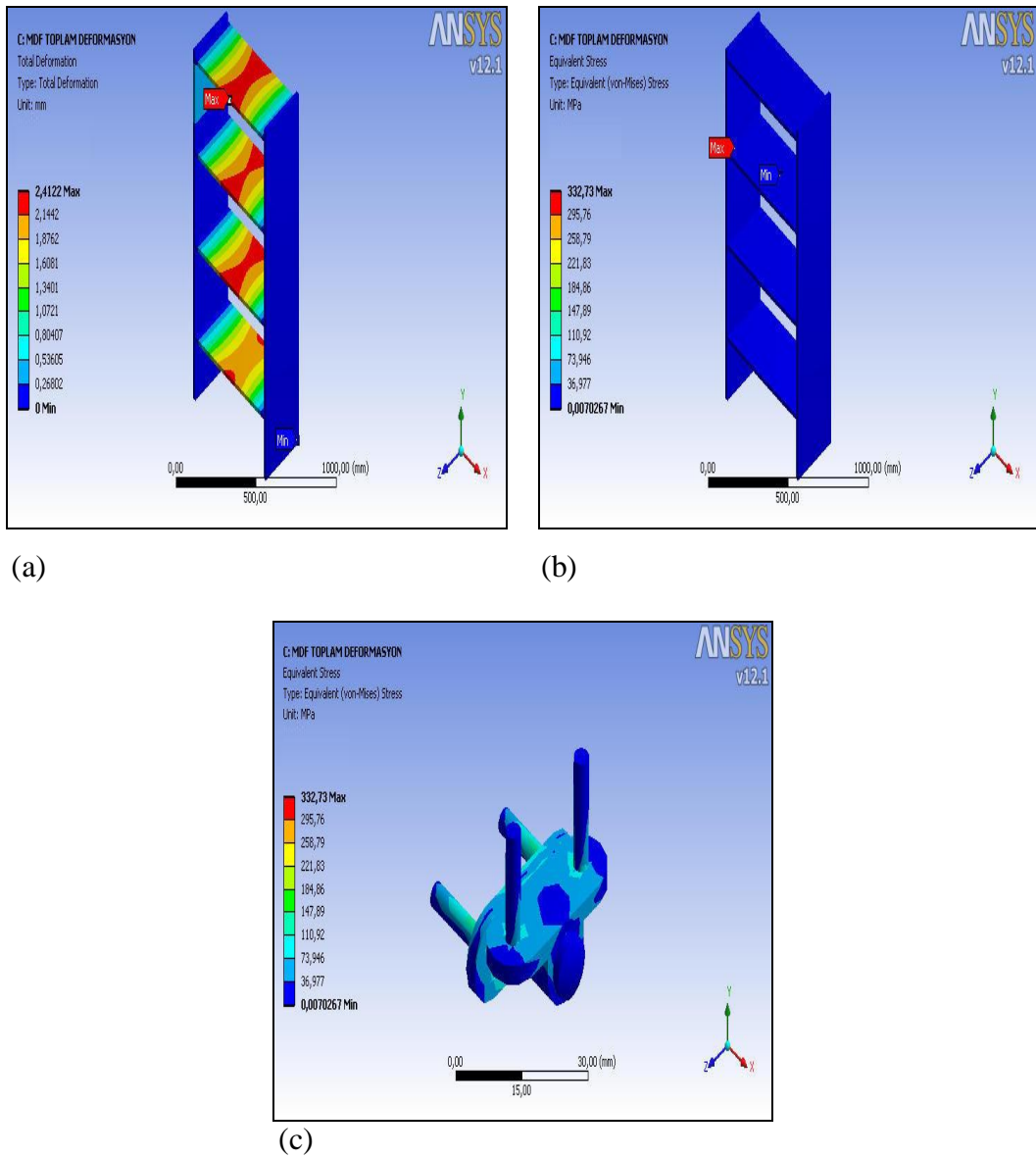
Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal T bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 0,618 mm olarak ölçülmüştür. Metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 52,91 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

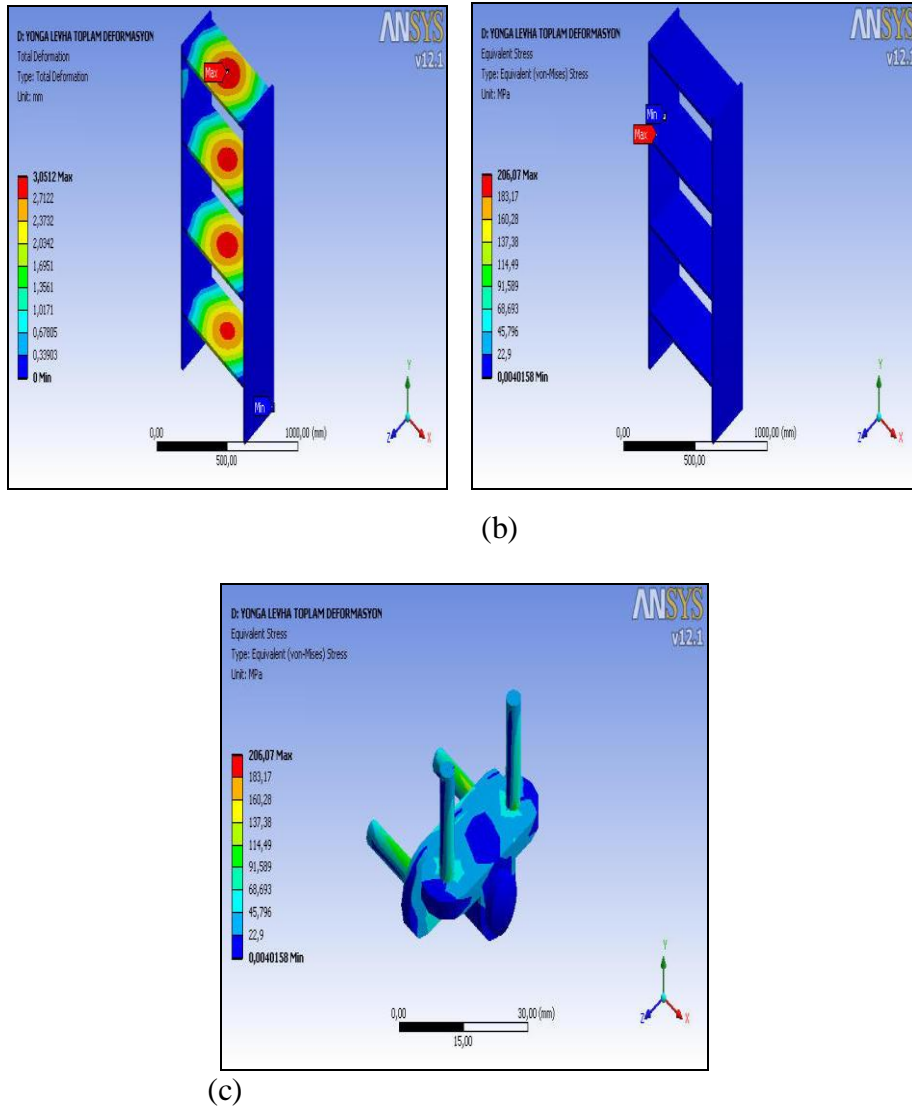
Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal T bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,412 mm olarak ölçülmüştür. Metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 332,73 Mpa olarak ölçülmüştür. Burada kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

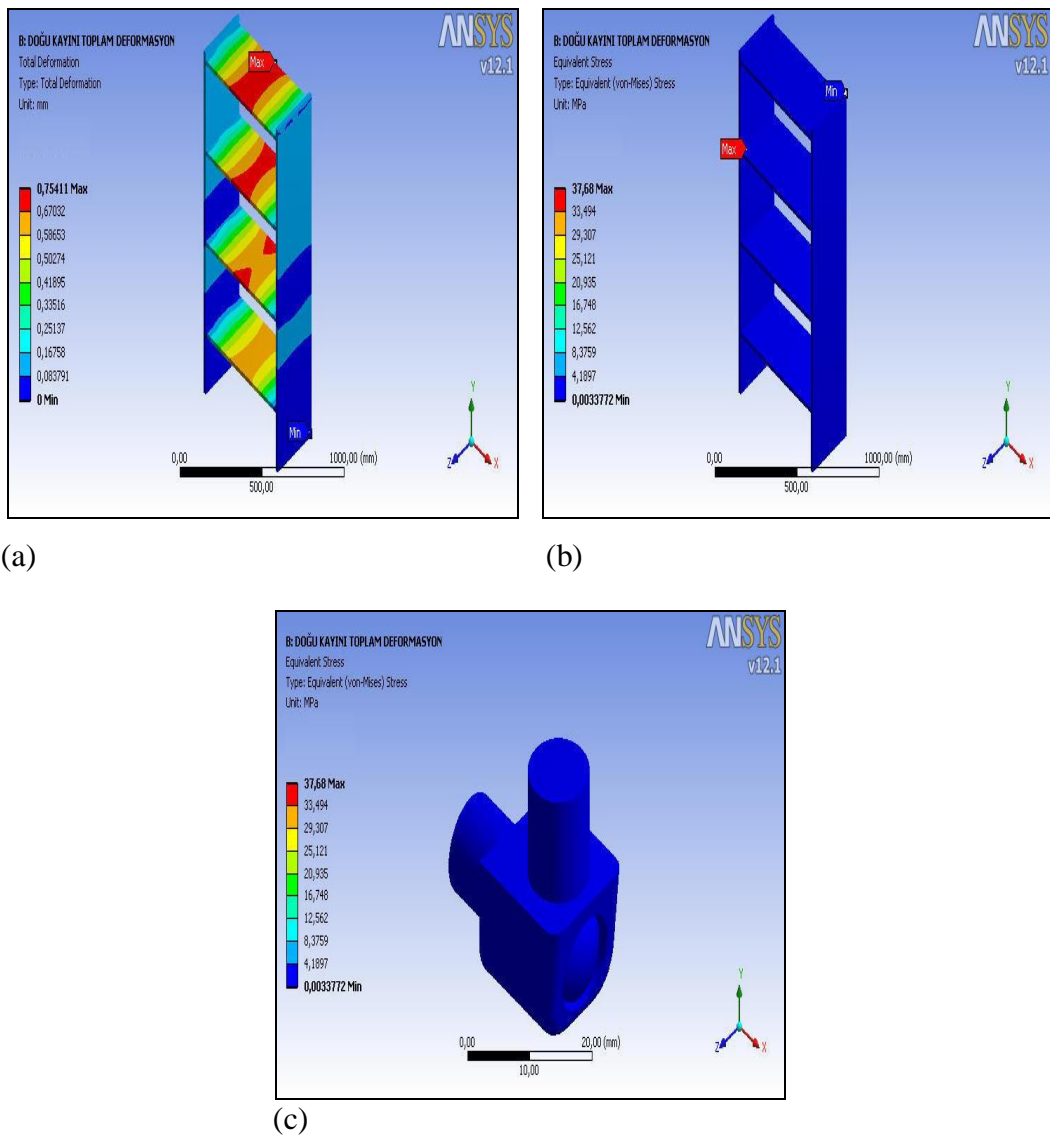
Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal T bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 3,051 mm olarak ölçülmüştür. Metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 206,07 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

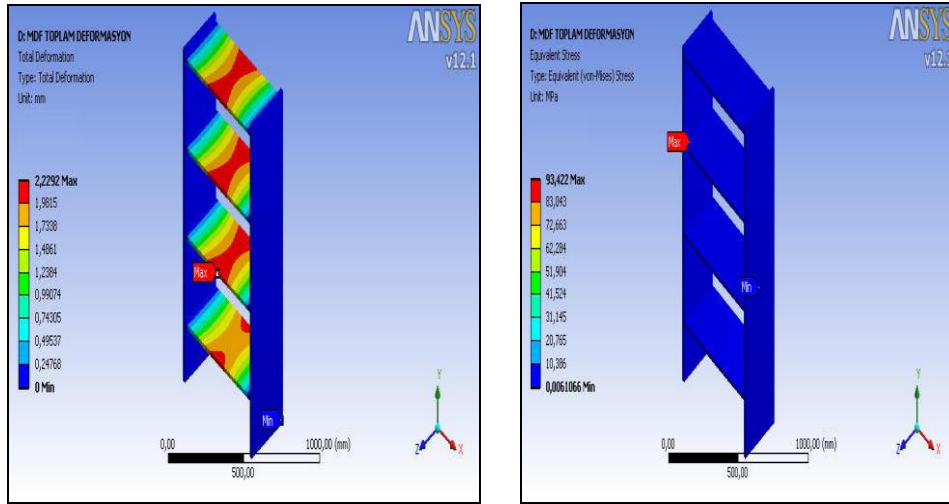
Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve pipo bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



Şekil 4.31 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını nı ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Pipo bağlantı gerilme değeri.

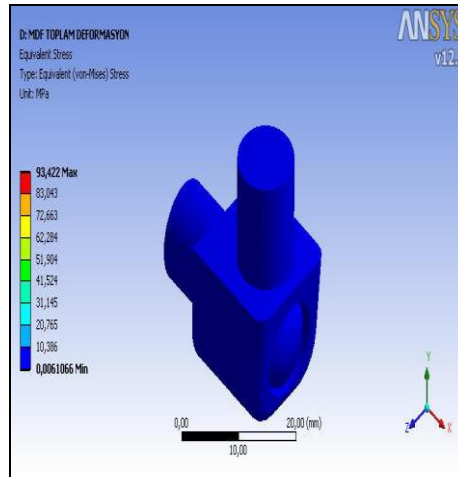
ANSYS analiz çalışmasında, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 0,754 mm olarak ölçülmüştür. Pipo bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 37,68 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve pipo bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



(a)

(b)



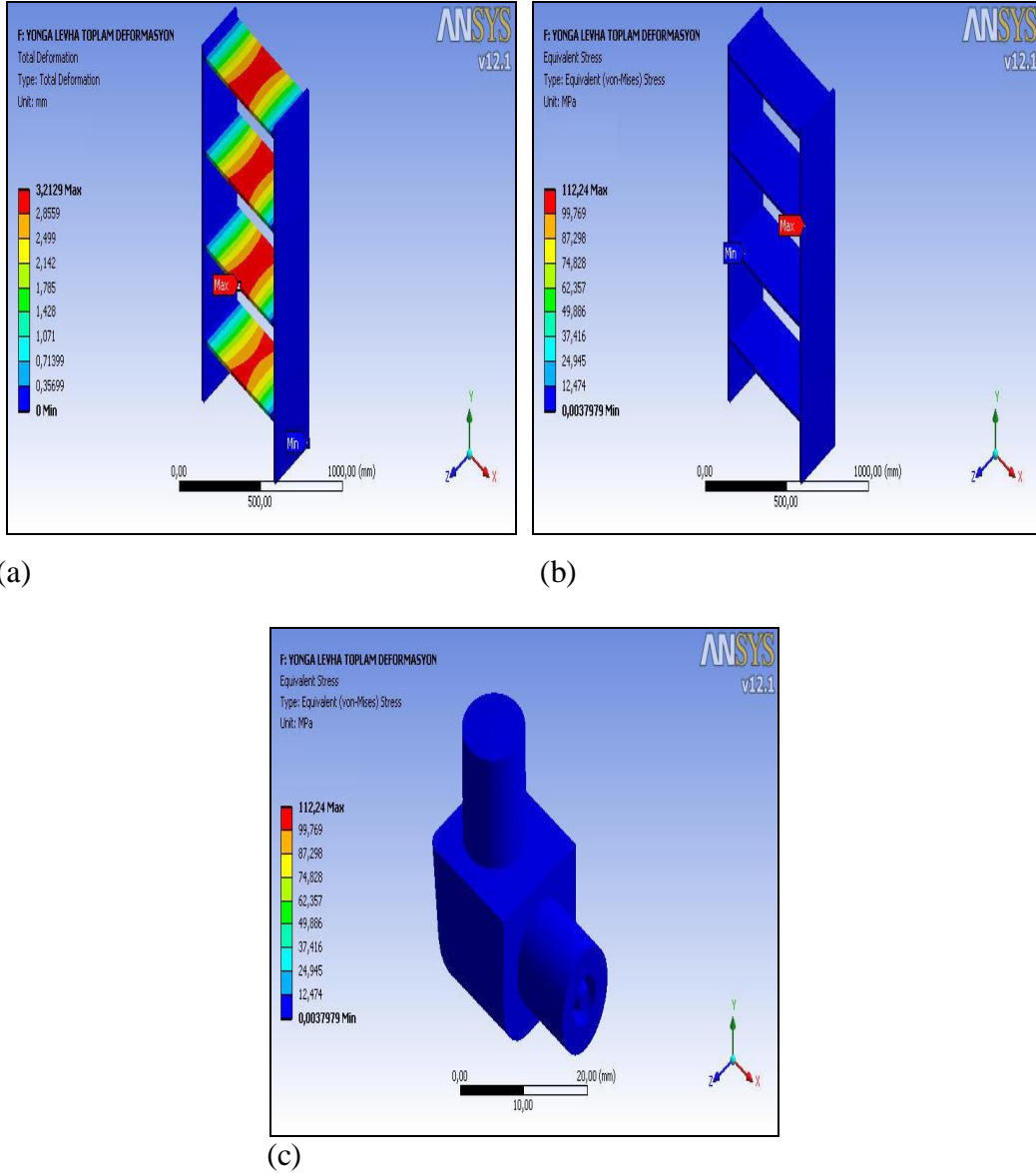
(c)

Şekil 4.32 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Pipo bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,229 mm olarak ölçülmüştür. Pipo

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 93,42 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve pipo bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.33’de gösterilmiştir.

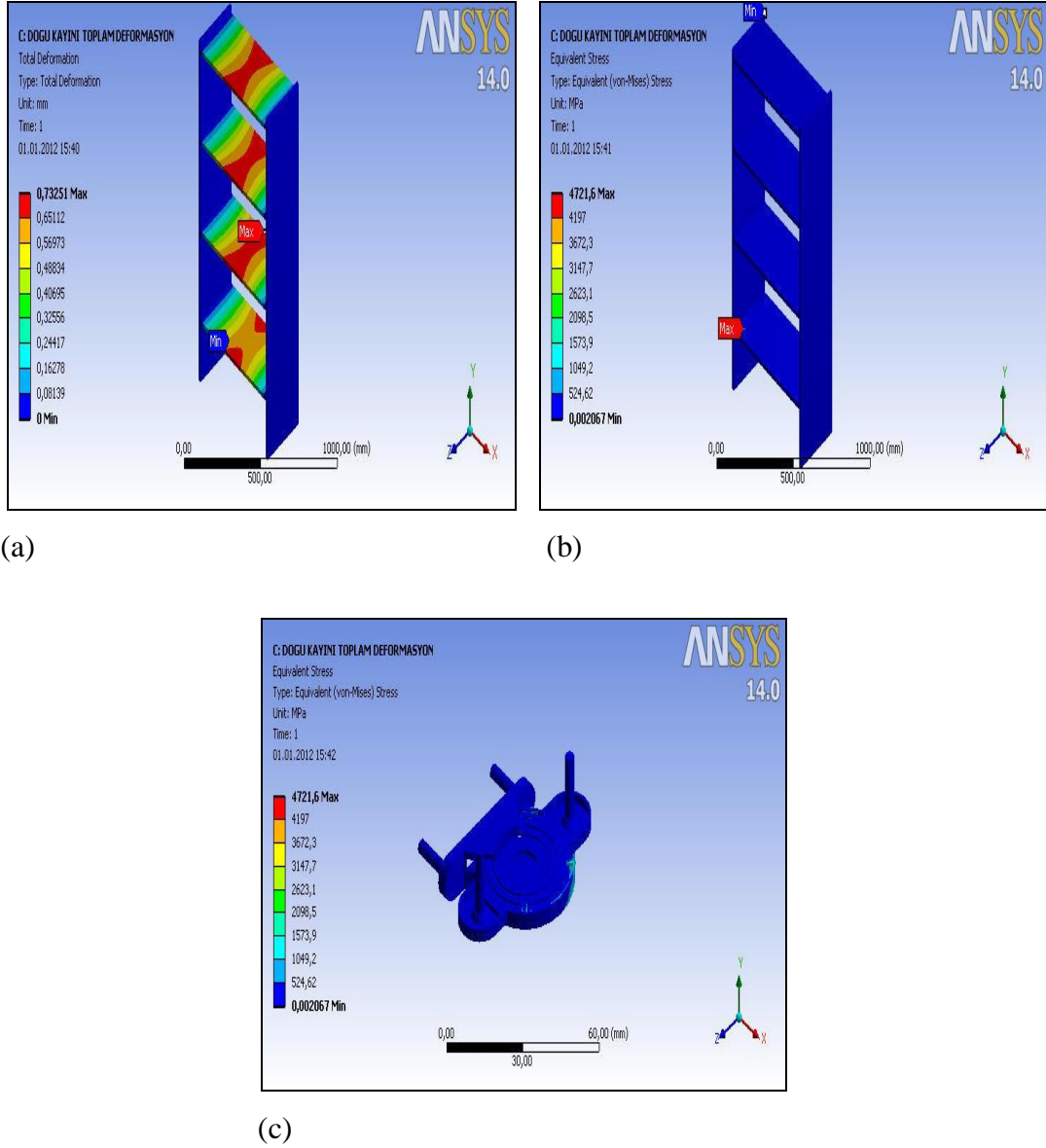


Şekil 4.33 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Pipo bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 3,213 mm olarak ölçülmüştür. Pipo

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 112,24 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve ay bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.34’de gösterilmiştir.

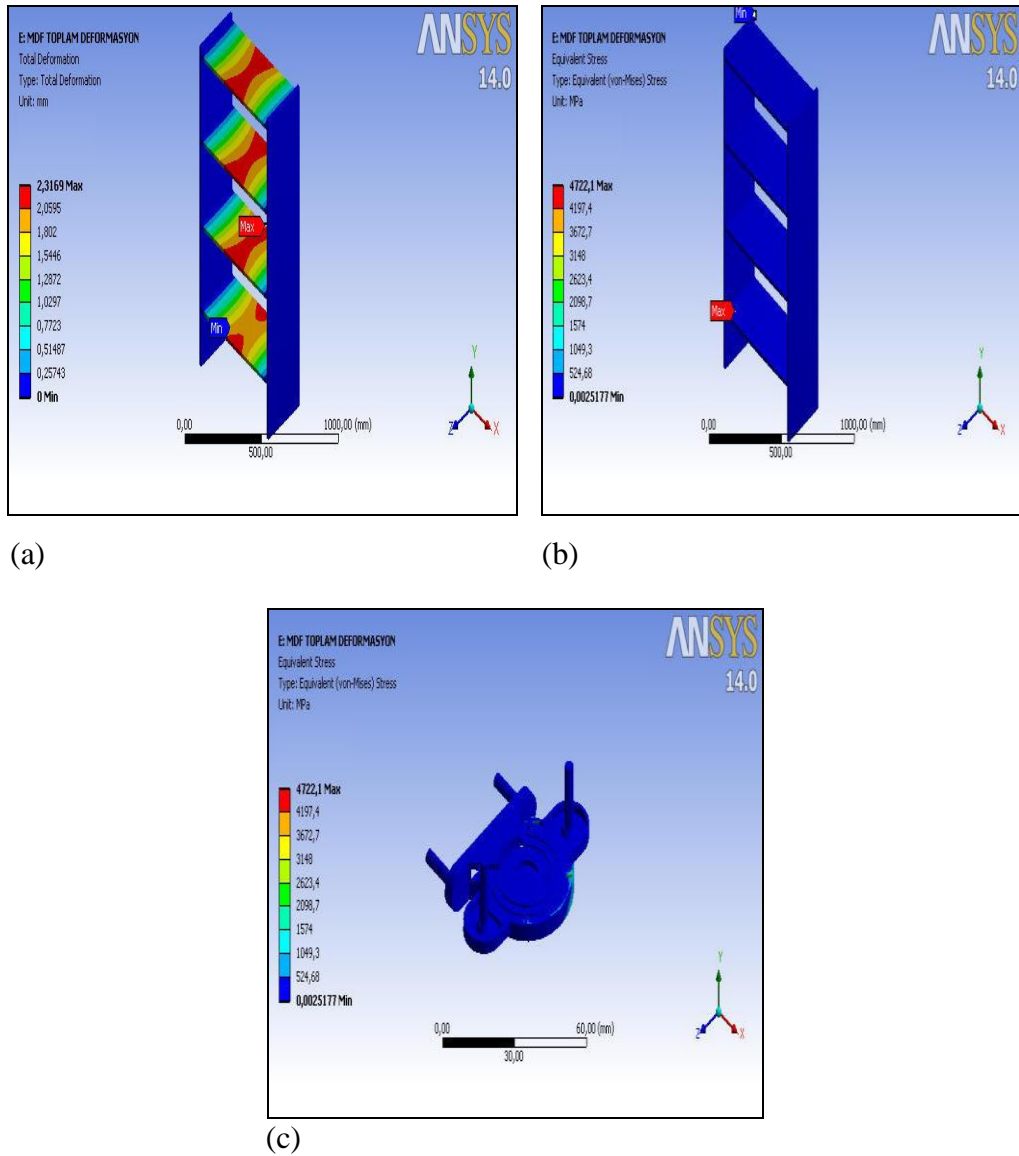


Şekil 4.34 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Ay bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 0,732 mm olarak ölçülmüştür. Ay

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 4721,10 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve ay bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.35’de gösterilmiştir.

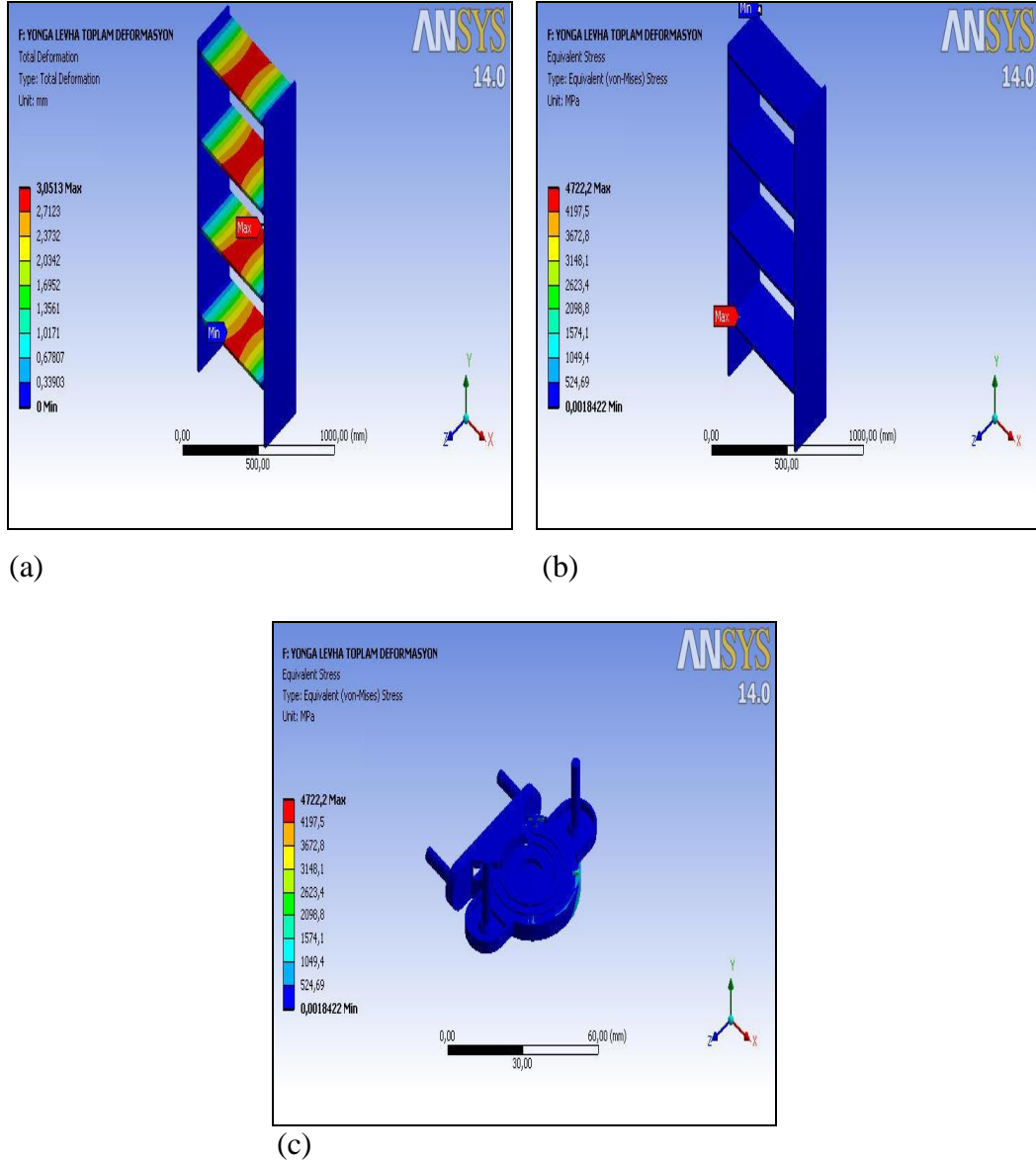


Şekil 4.35 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Ay bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,316 mm olarak ölçülmüştür. Ay bağlantı

elemanında oluşan gerilme değeri 4722,20 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve ay bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.36’da gösterilmiştir.

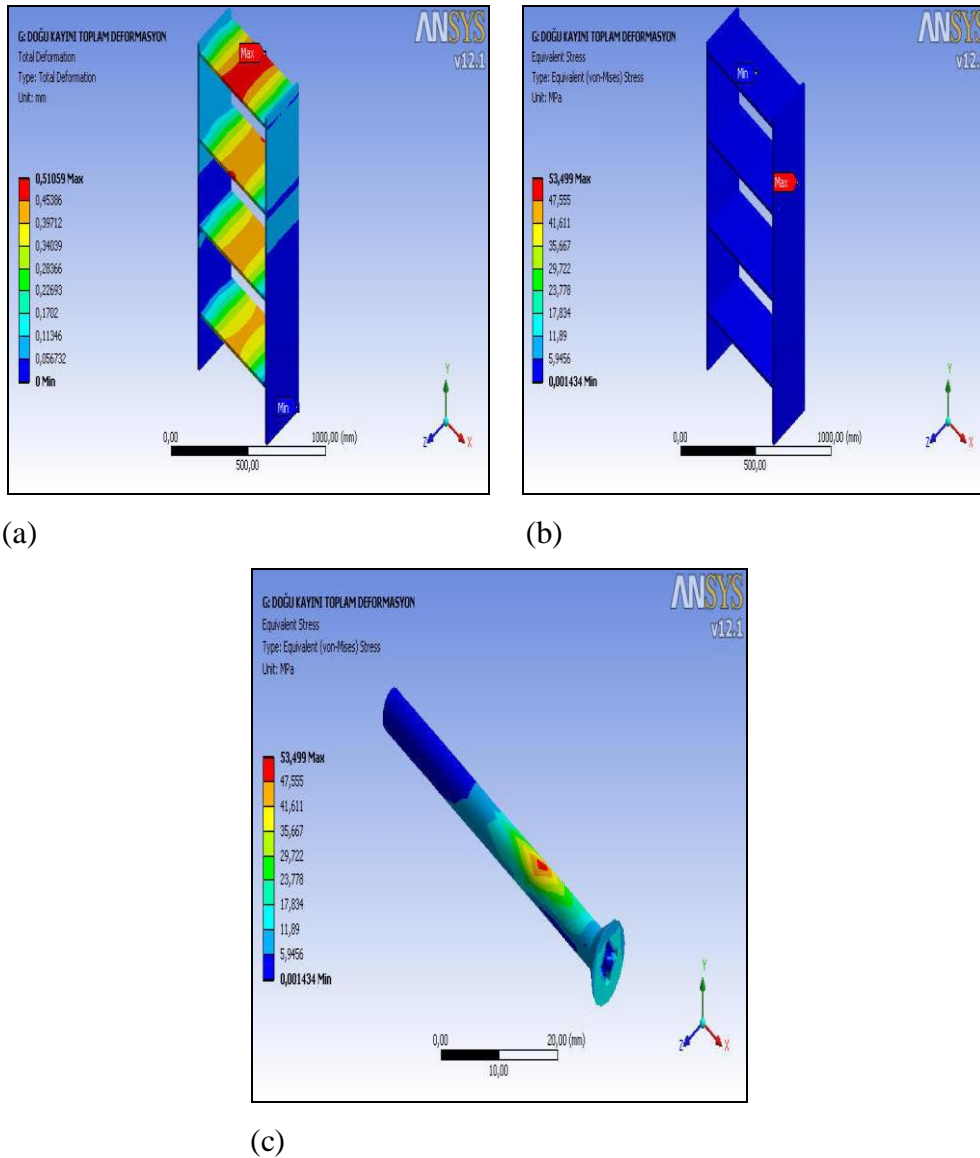


Şekil 4.36 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Ay bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 3,051 mm olarak ölçülmüştür. Ay

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 4722,20 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Vida ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve vida bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.37’de gösterilmiştir.

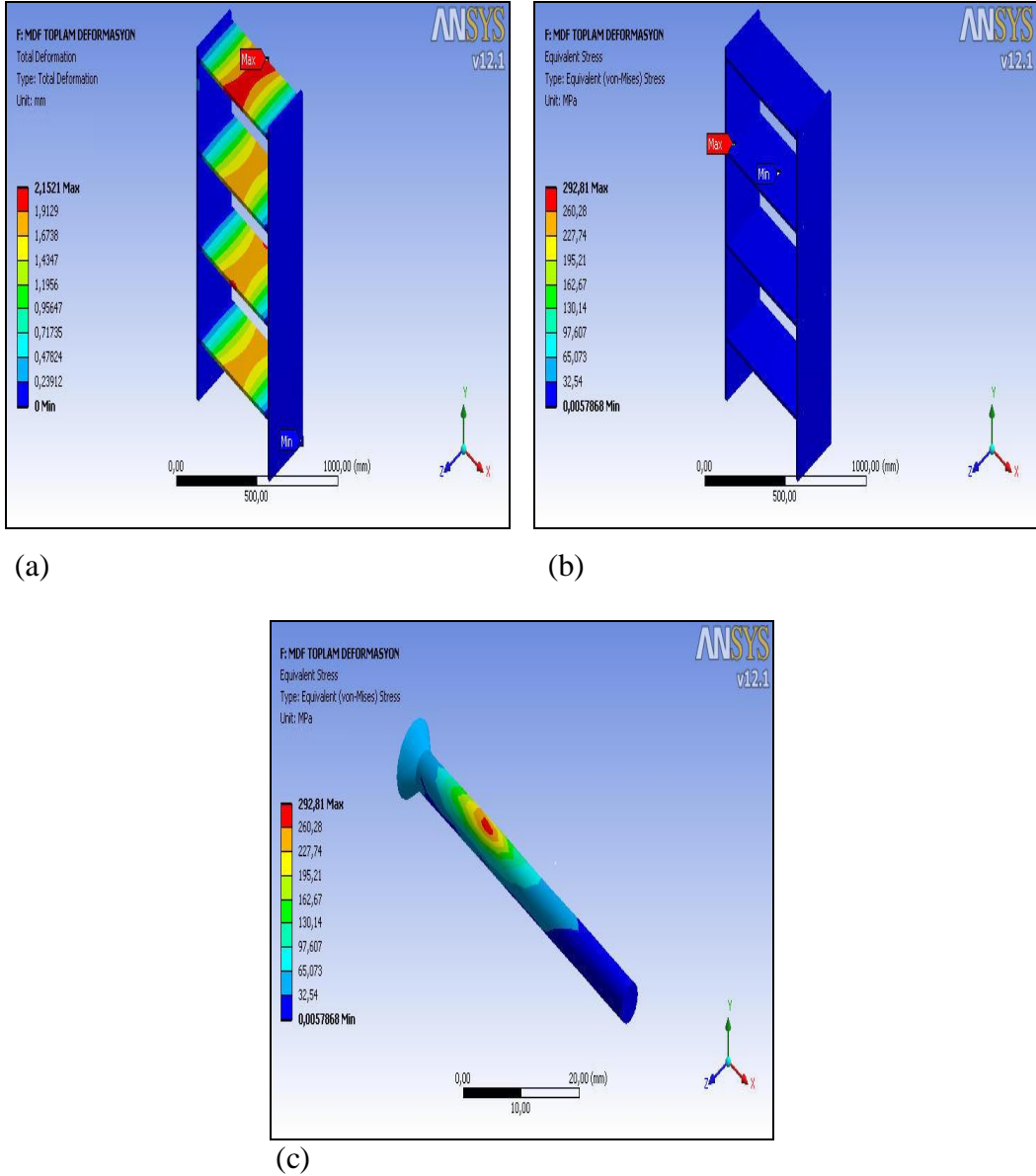


Şekil 4.37 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Vida bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 0,510 mm olarak ölçülmüştür. Vida

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 53,49 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Vida ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve vida bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.38’de gösterilmiştir.

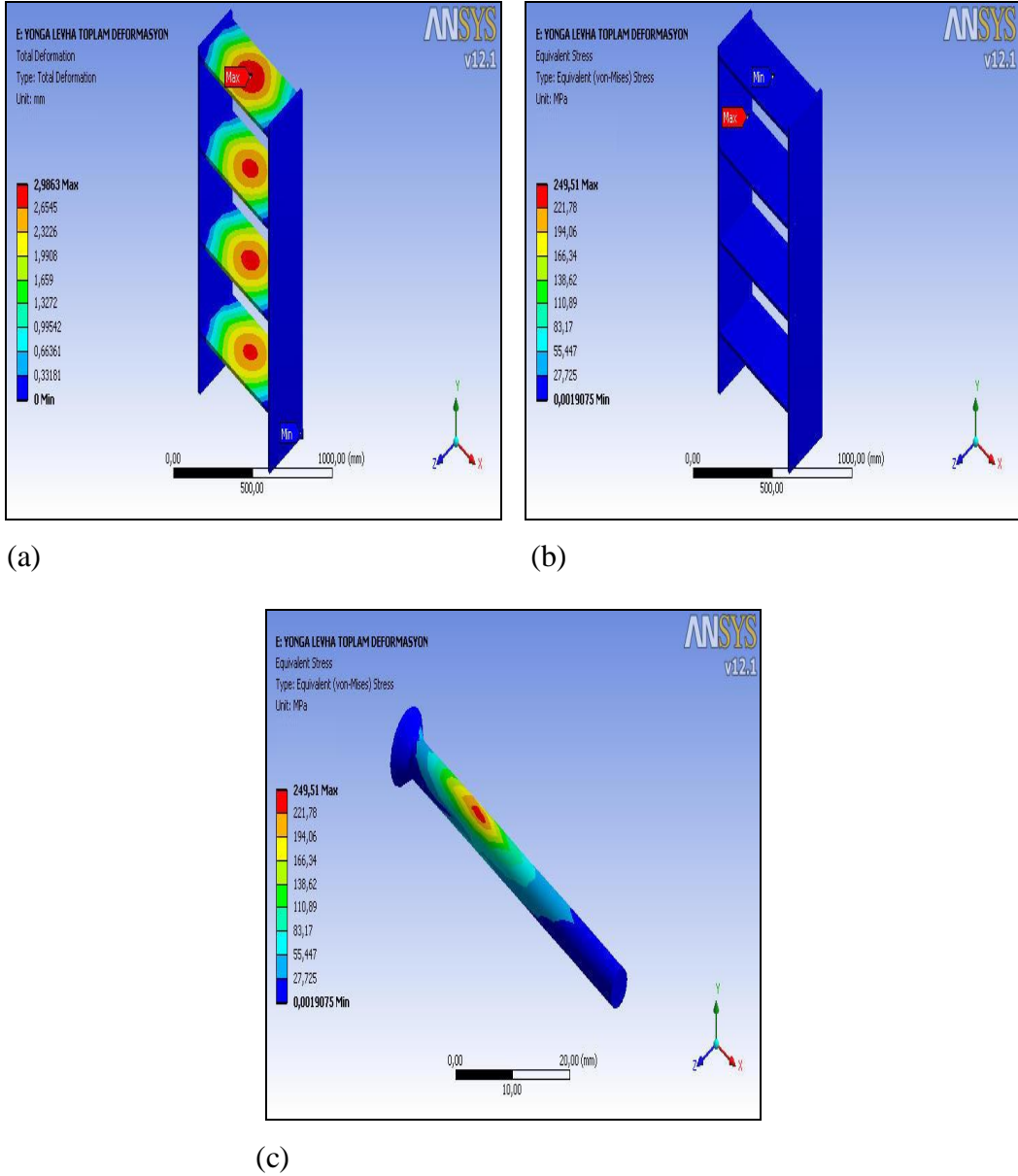


Şekil 4.38 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Vida bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,152 mm olarak ölçülmüştür. Vida

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 292,81 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Vida ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen toplam deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve vida bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



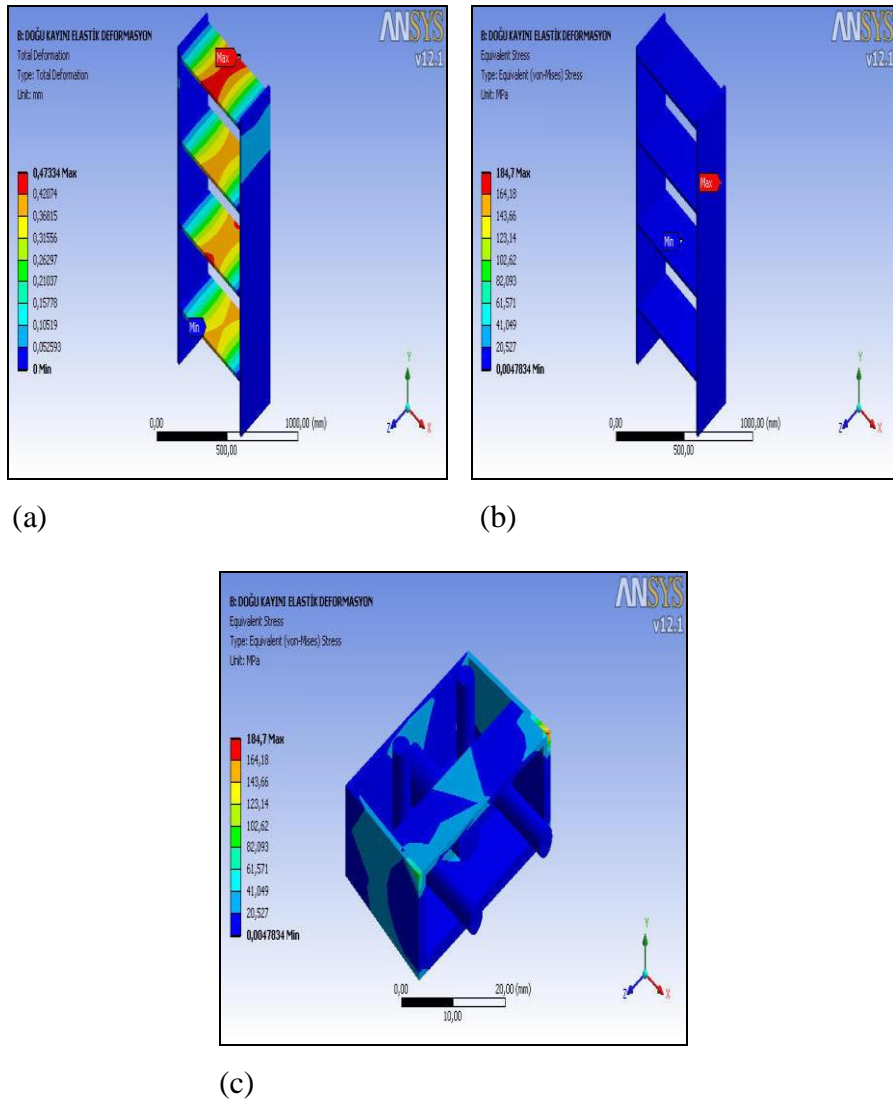
Şekil 4.39 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS toplam deformasyon sonuçları (a) Toplam deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Vida bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen toplam deformasyon 2,986 mm olarak ölçülmüştür. Vida

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 249,51 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri toplam deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

4.2.2 Elastik Deformasyon Analizi

Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.40'da gösterilmiştir.

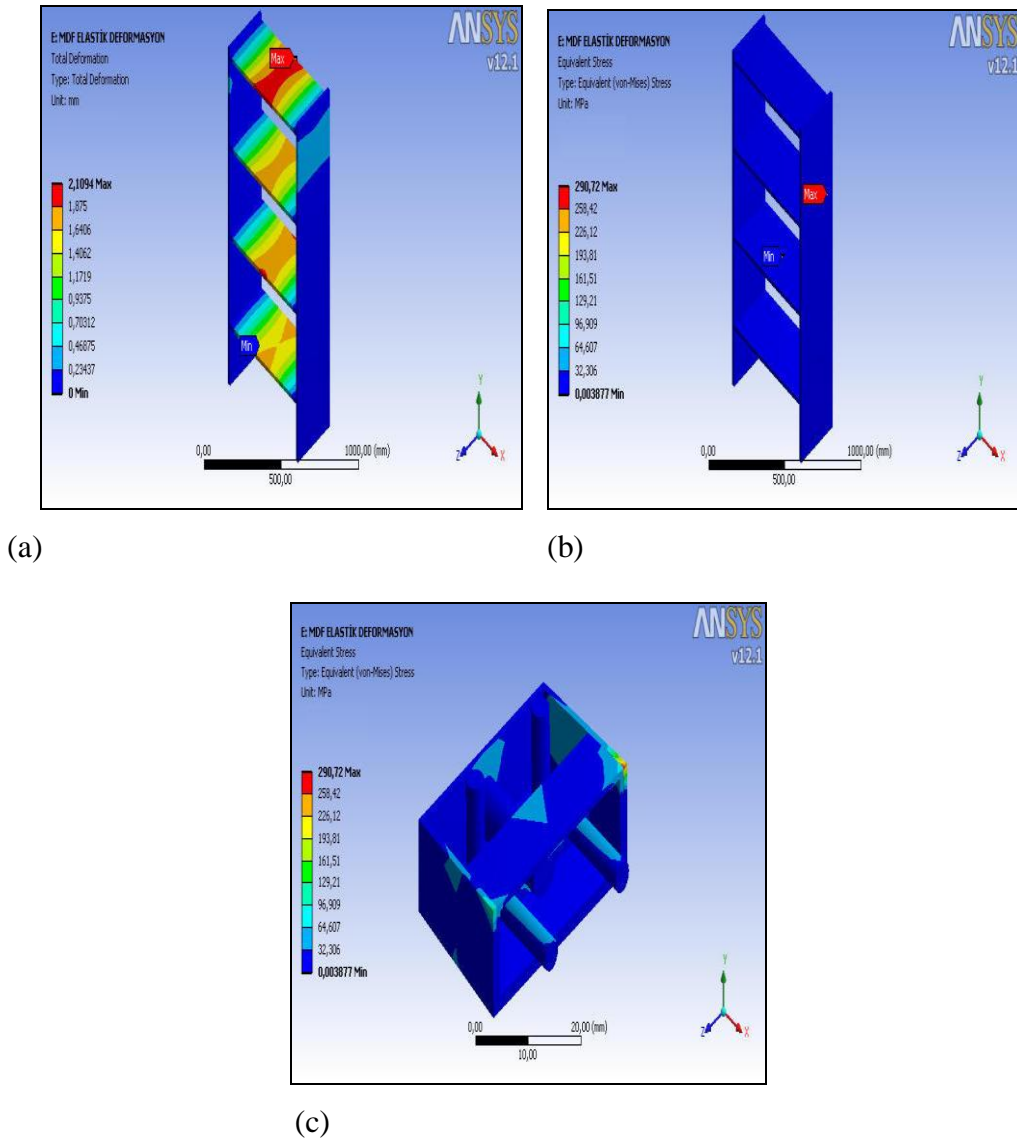


Şekil 4.40 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Trapez bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 0,474 mm olarak ölçülmüştür.

Trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 184,70 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.41’de gösterilmiştir.

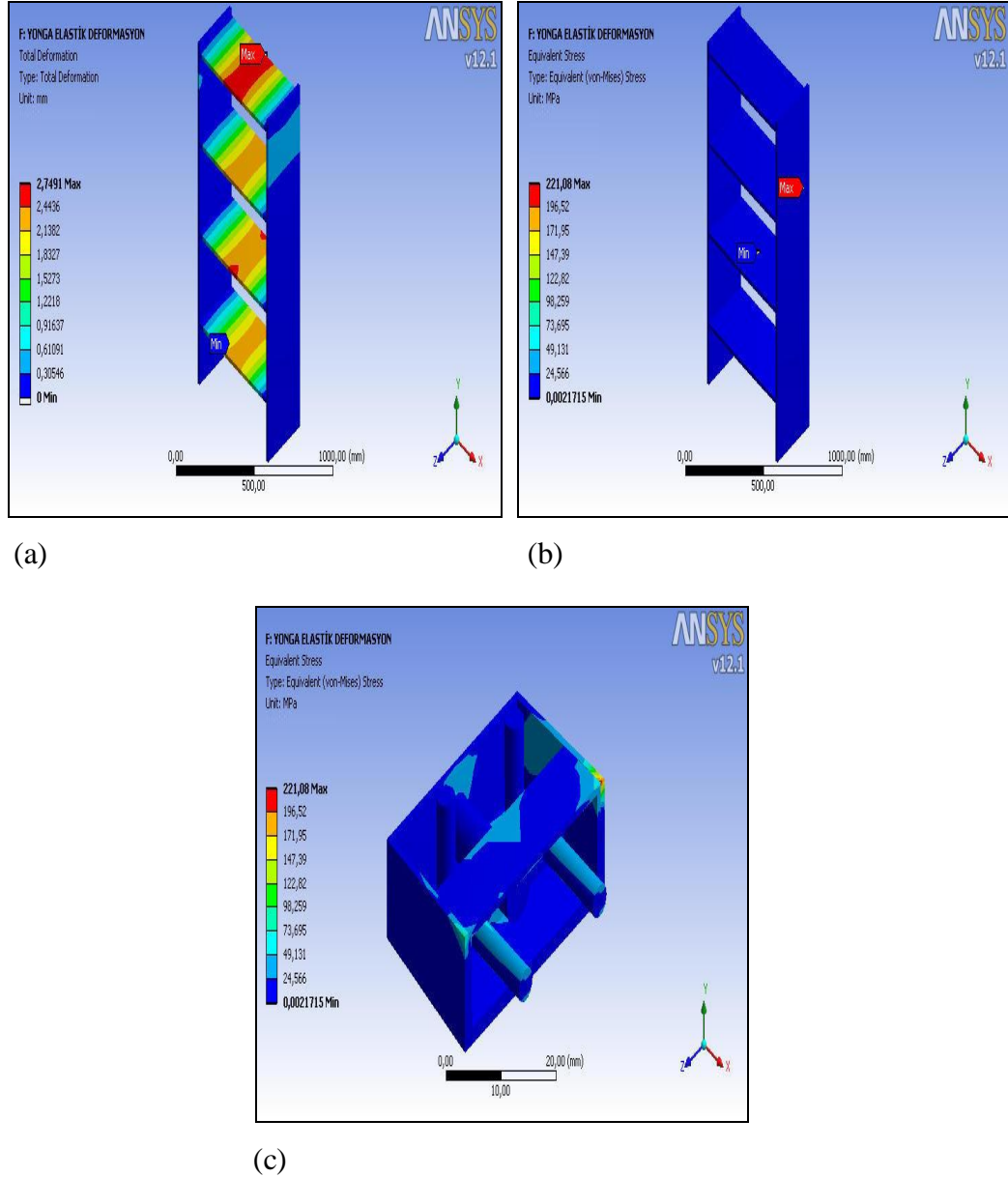


Şekil 4.41 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Trapez bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,109 mm olarak ölçülmüştür. Trapez

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 290,72 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve trapez bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.42’de gösterilmiştir.

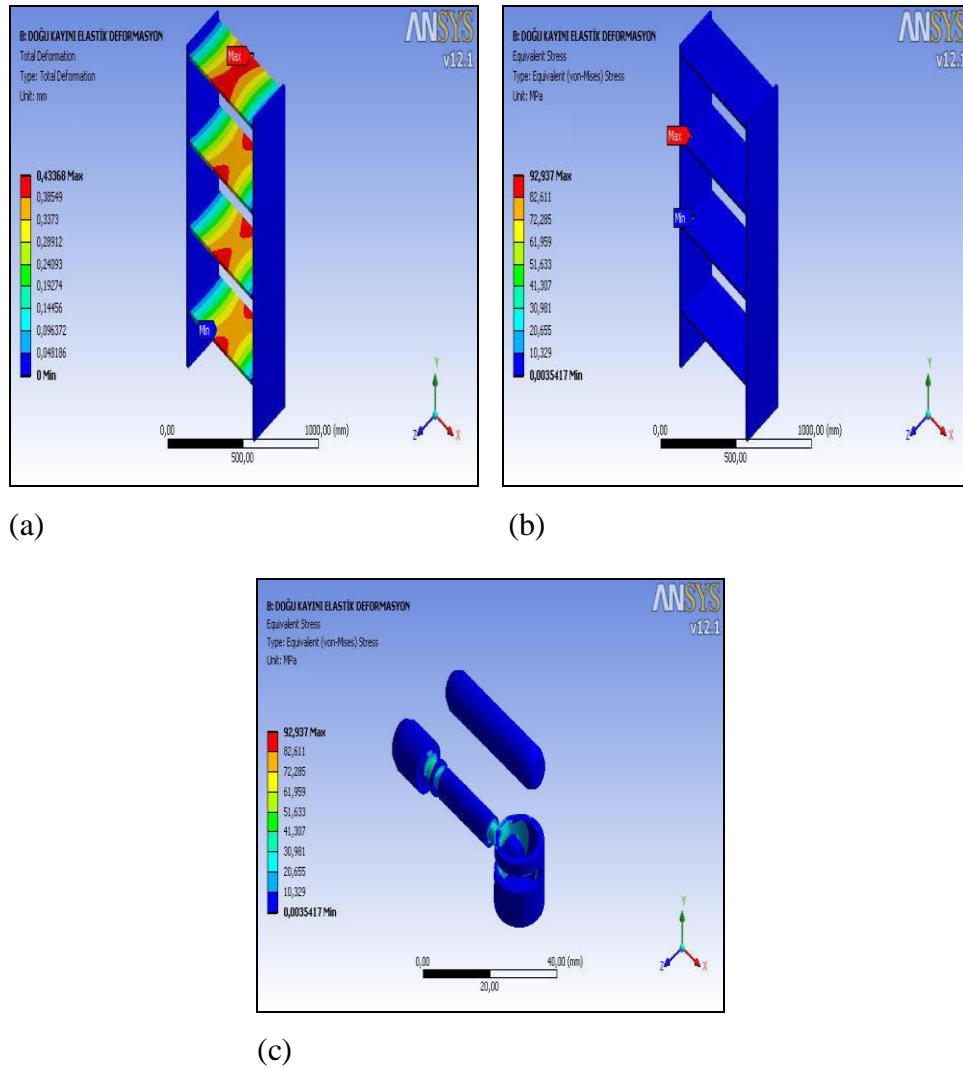


Şekil 4.42 Trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Trapez bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, trapez çektirme bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,749 mm, ANSYS

analizinde bu oran 2,749 mm olarak ölçülmüştür. Trapez çektirme bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 221,08 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.43’de gösterilmiştir.

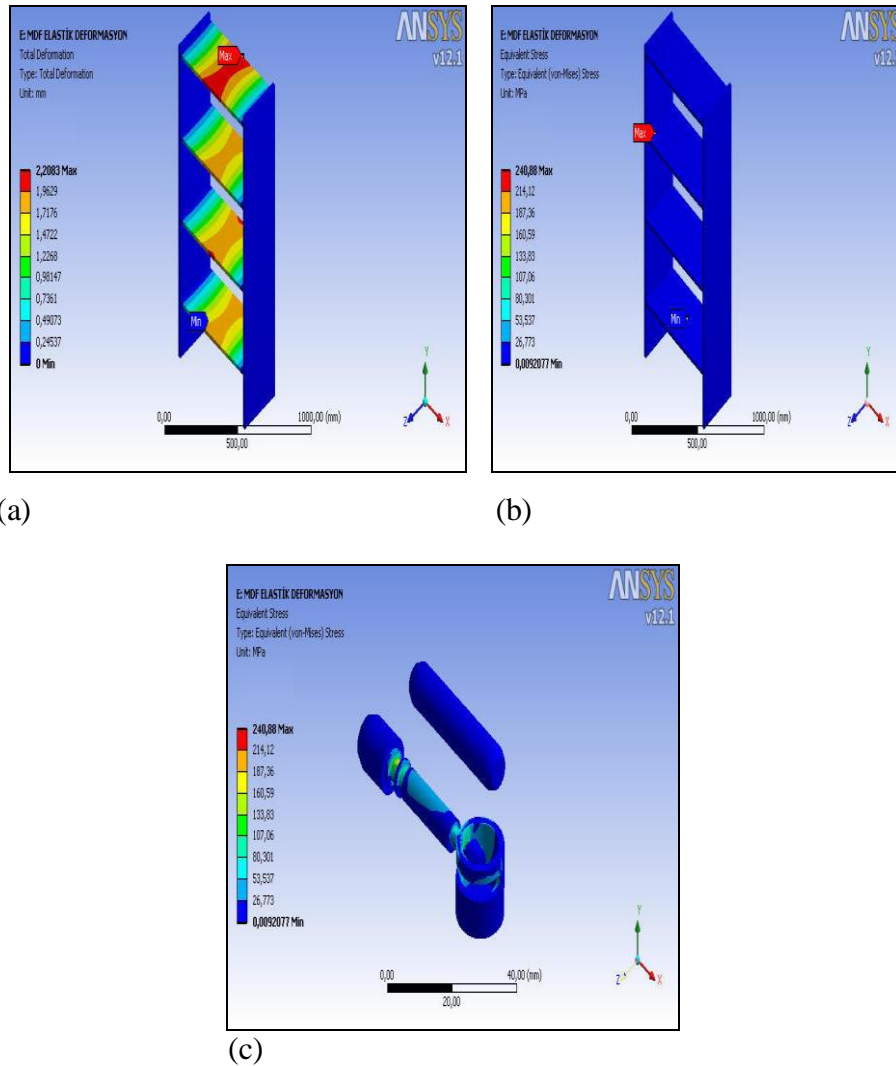


Şekil 4.43 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Plastik dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 0,434 mm olarak

ölçülmüştür. Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 92,93 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.44'de gösterilmiştir.

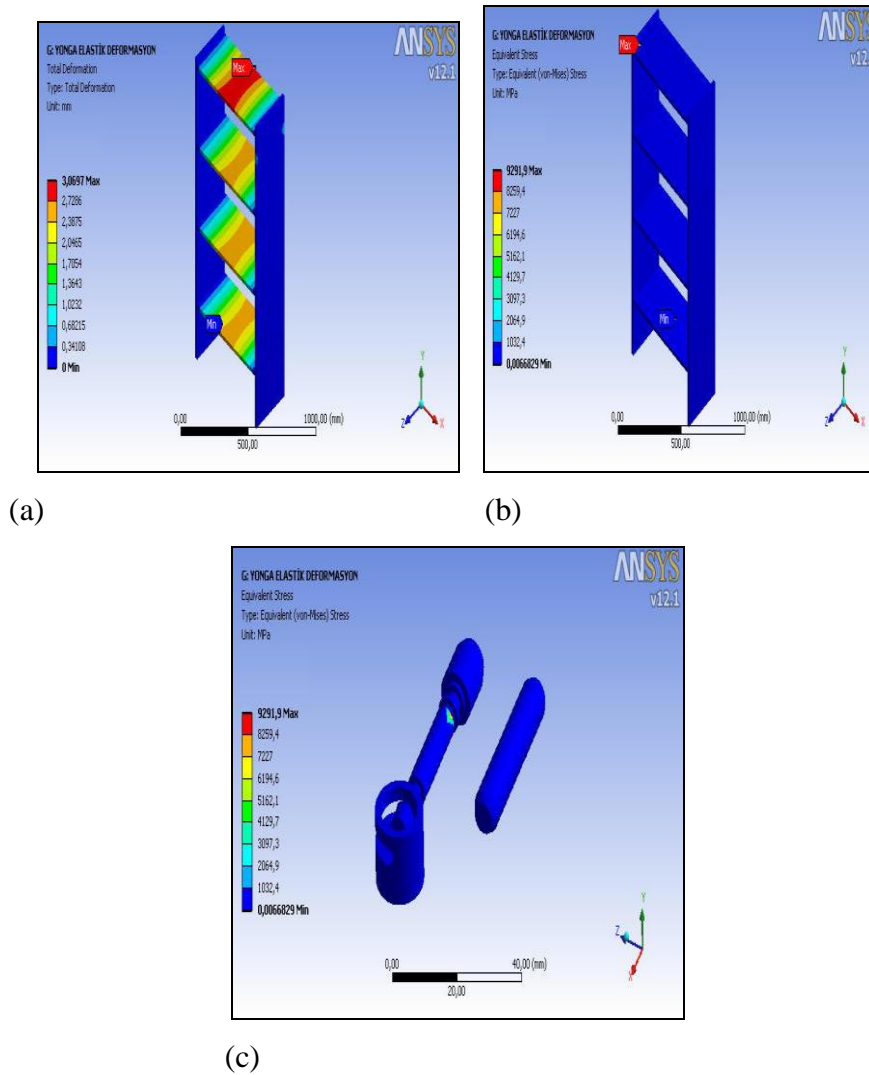


Şekil 4.44 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Plastik dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,208 mm olarak

ölçülmüştür. Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 240,08 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.45’de gösterilmiştir.

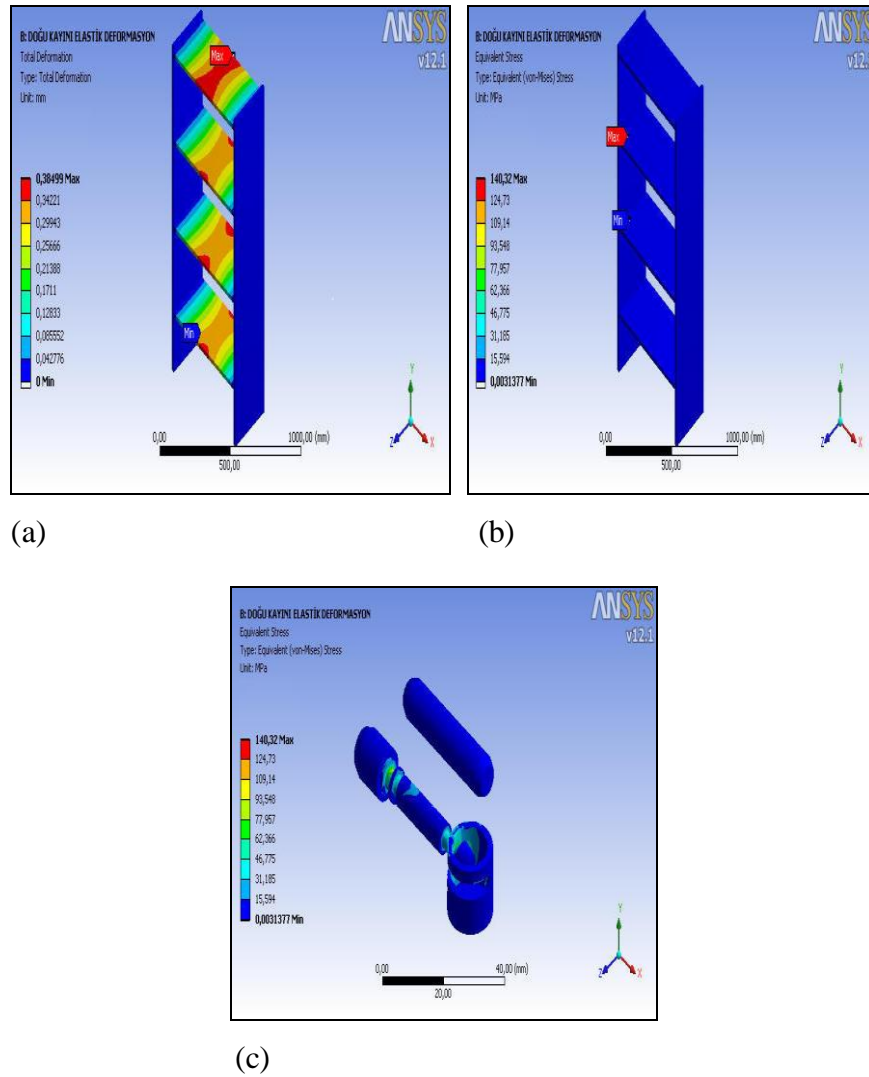


Şekil 4.45 Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Plastik dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 3,069 mm

olarak ölçülmüştür. Plastik dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 9291,90 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.46’da gösterilmiştir.

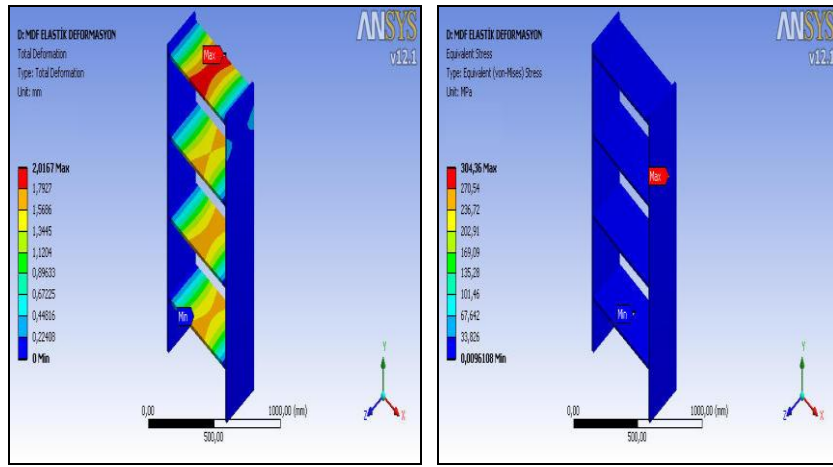


Şekil 4.46 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 0,385 mm olarak

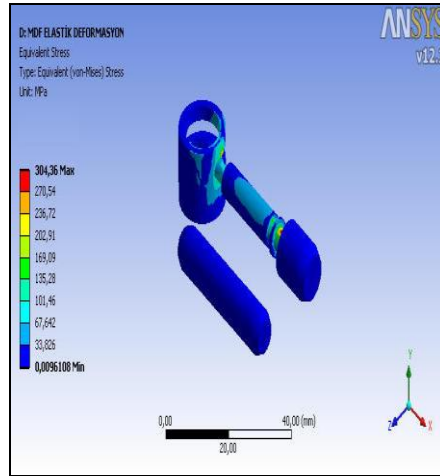
ölçülmüştür. Metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 140,32 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



(a)

(b)



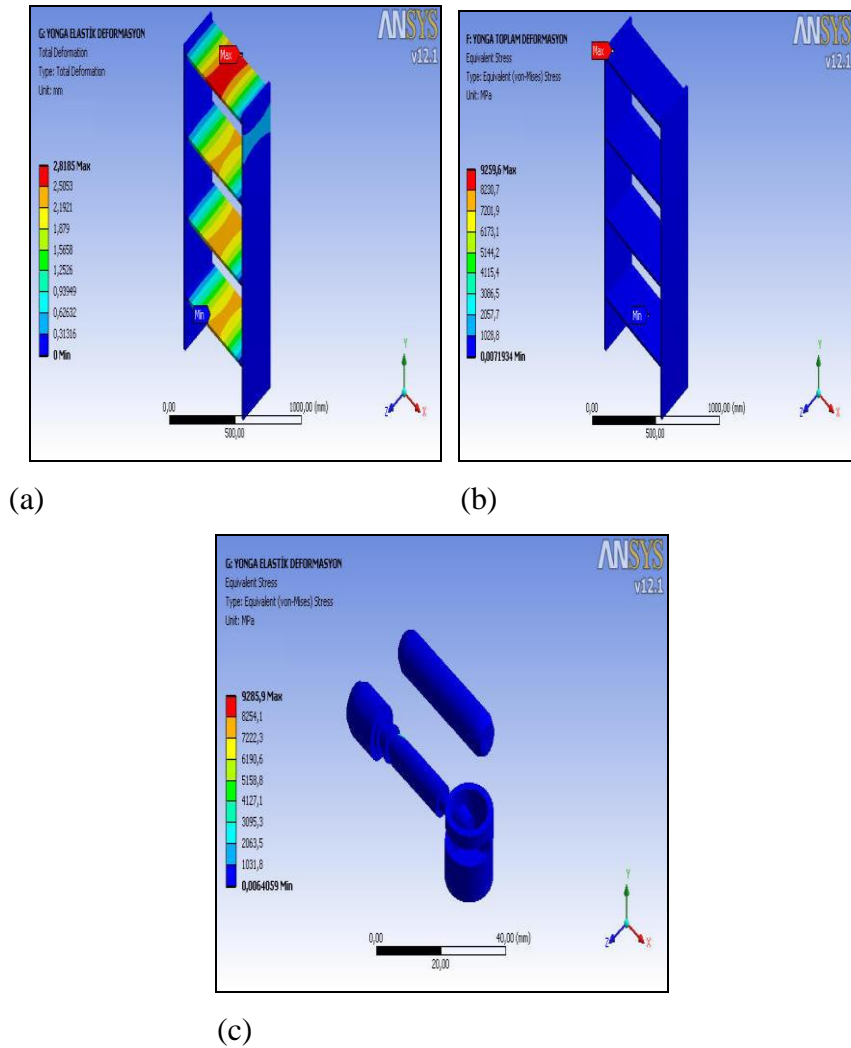
(c)

Şekil 4.47 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,016 mm olarak

ölçülmüştür. Metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 304,36 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.48’de gösterilmiştir.

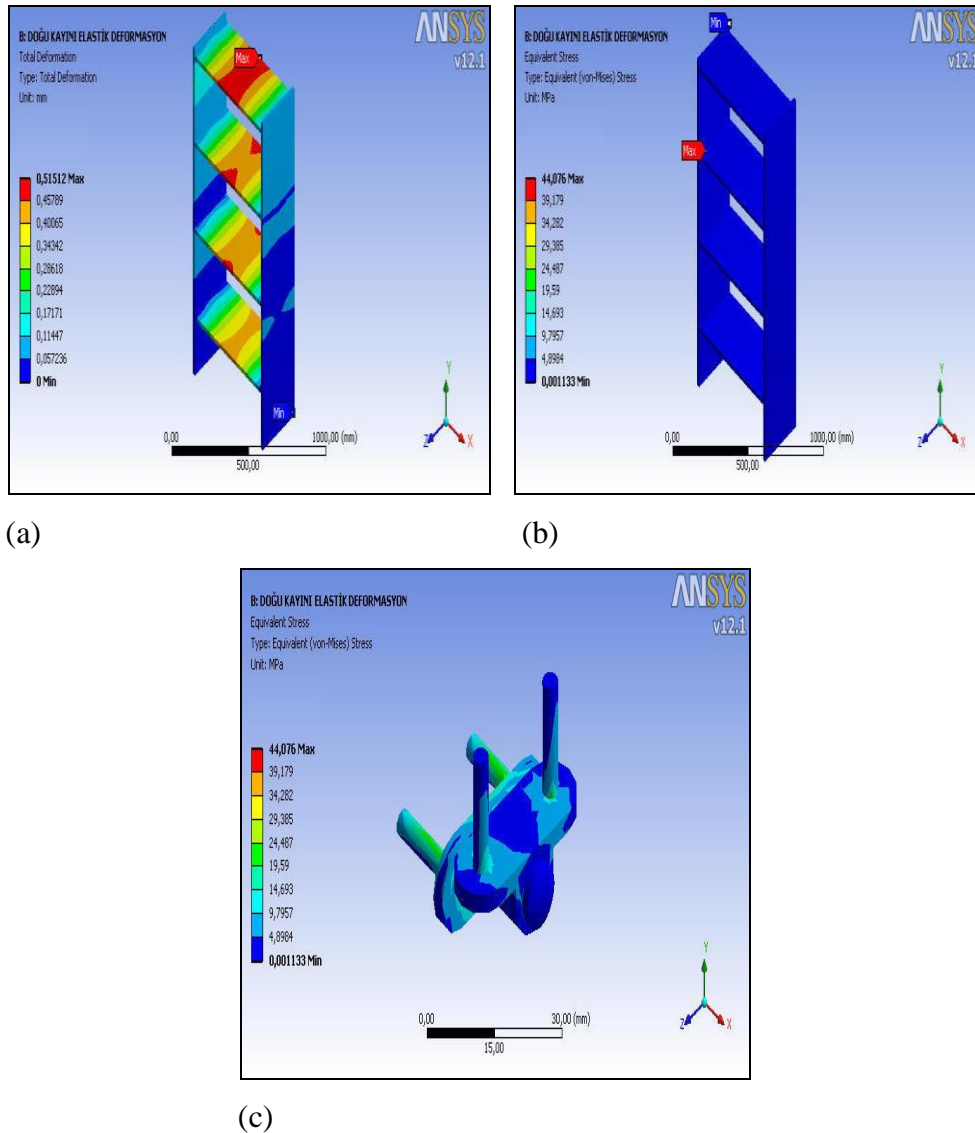


Şekil 4.48 Metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal dübelli minifiks bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,818 mm

olarak ölçülmüştür. Metal dübelli minifiks bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 9285,90 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.49’da gösterilmiştir.

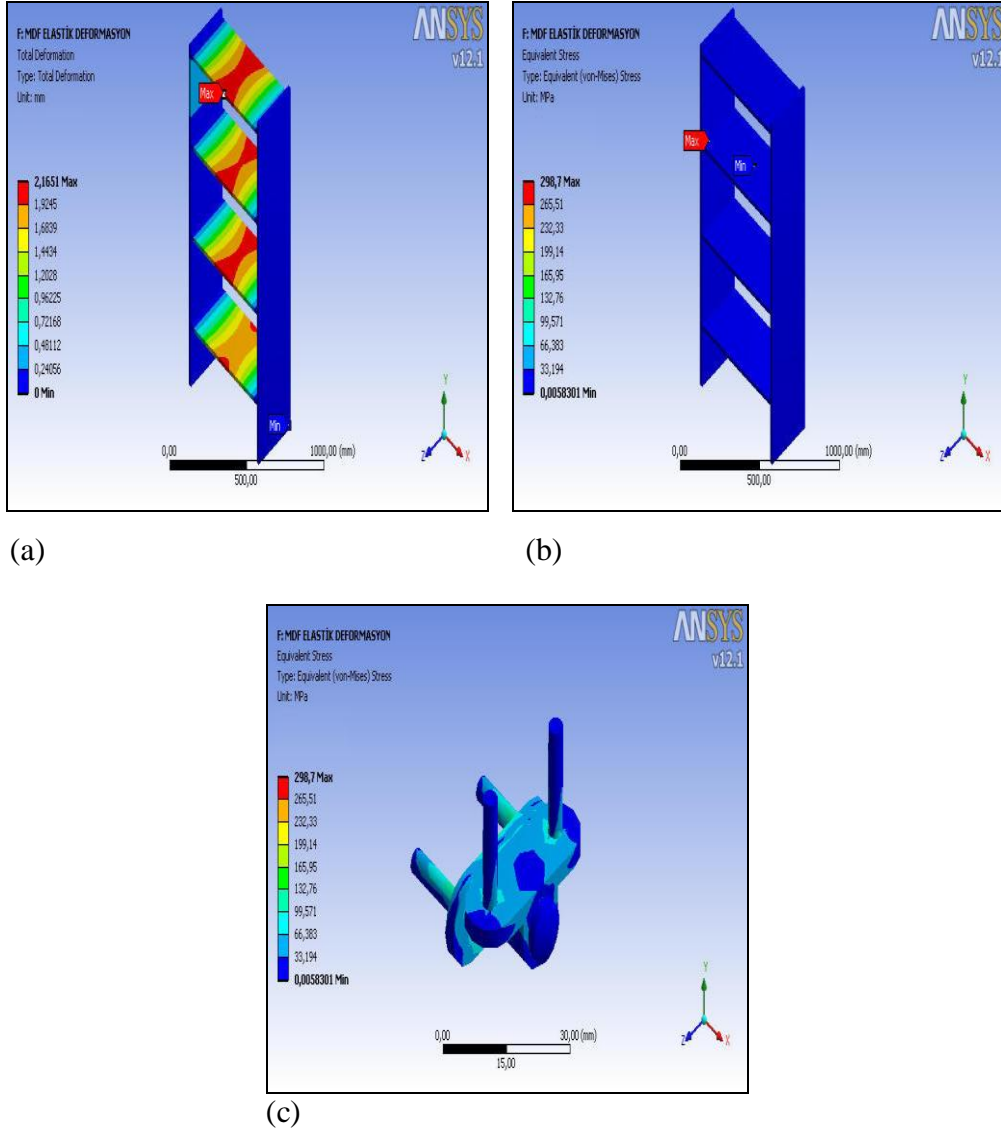


Şekil 4.49 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal T bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 0,515 mm olarak ölçülmüştür. Metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 44,07 Mpa olarak

ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.50’de gösterilmiştir.

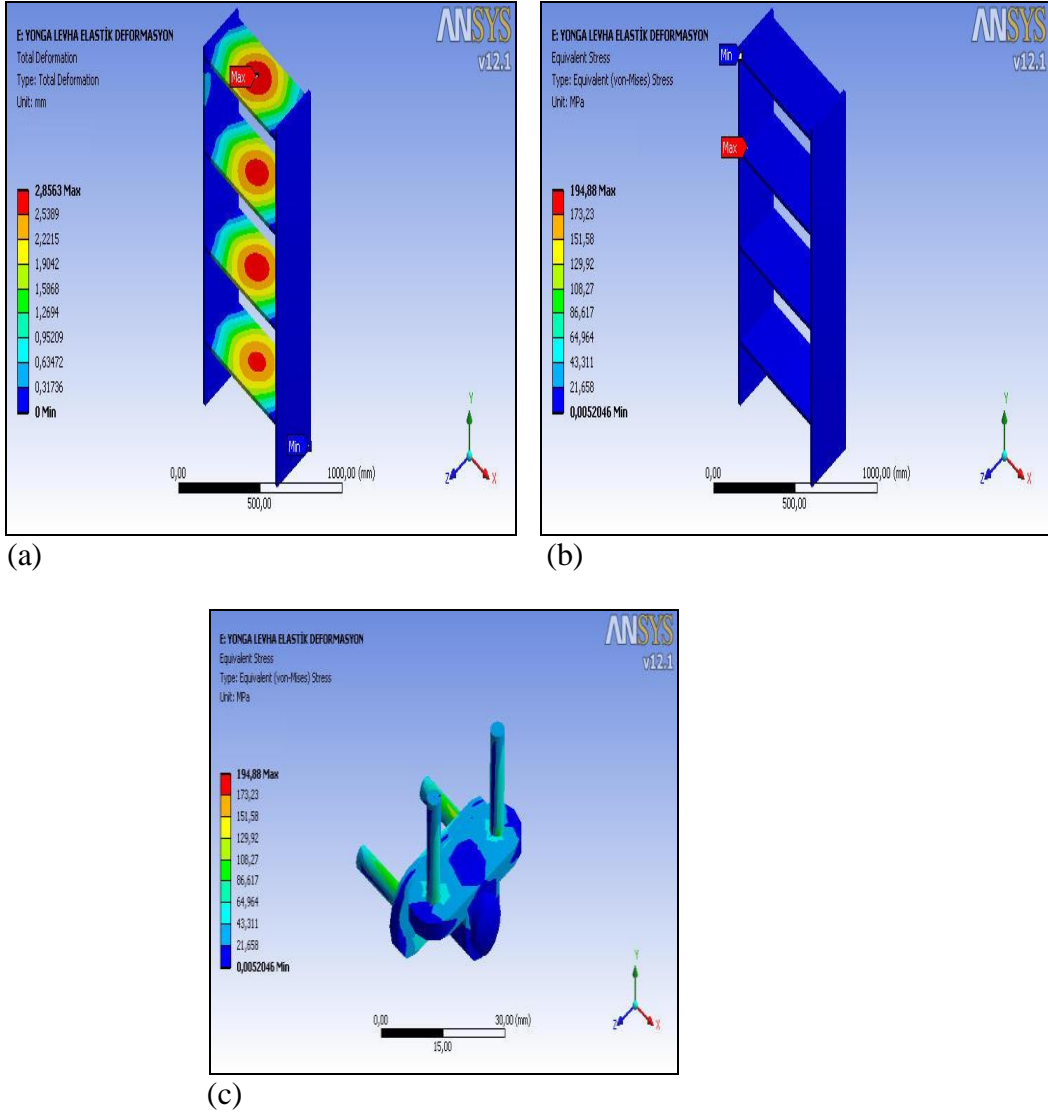


Şekil 4.50 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal T bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,165 mm olarak ölçülmüştür. Metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 298,70 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan

renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.51’de gösterilmiştir.

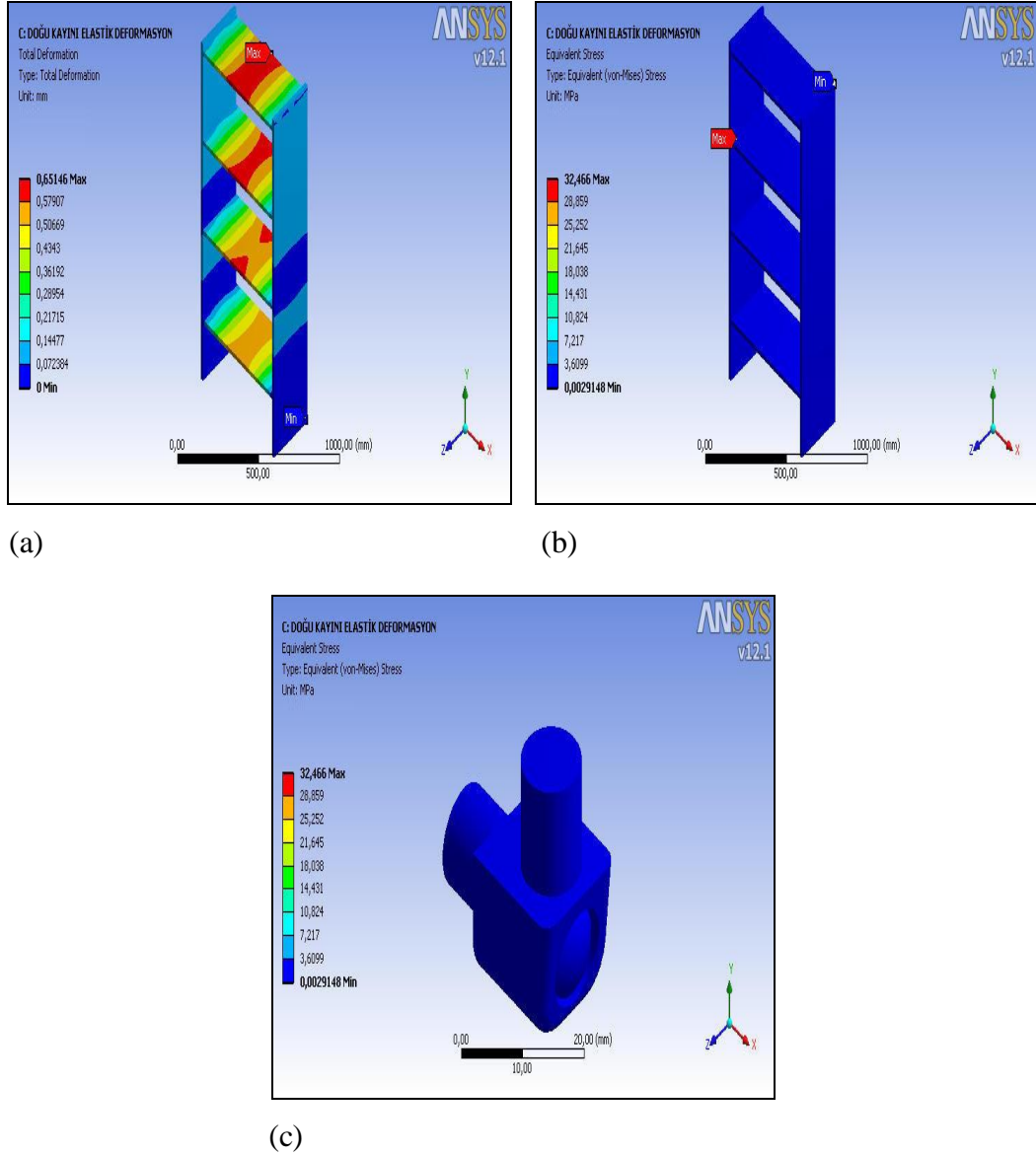


Şekil 4.51 Metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Metal T bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,856 mm olarak ölçülmüştür. Metal T bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 194,88 Mpa olarak

ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve pipo bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.52’de gösterilmiştir.

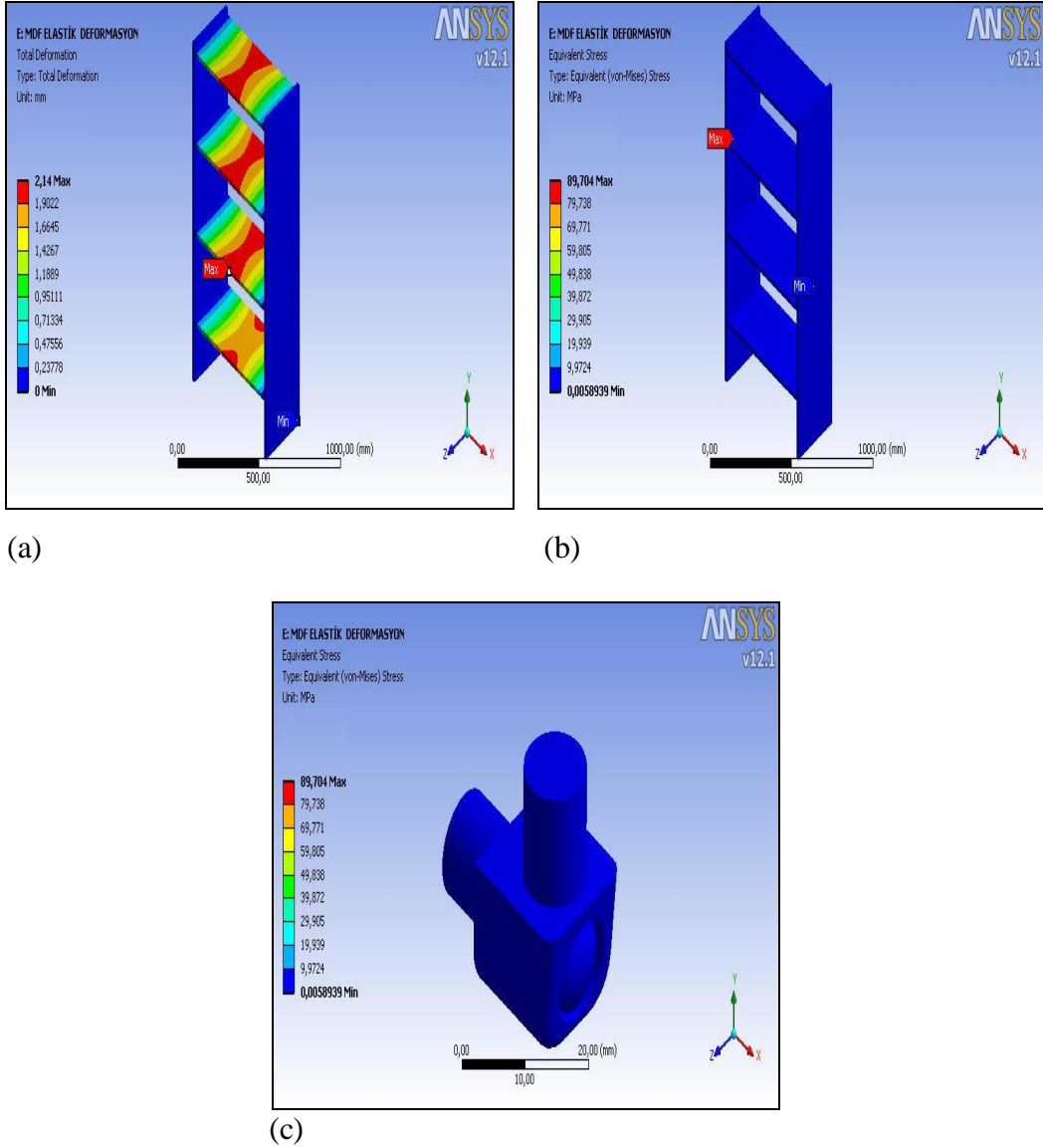


Şekil 4.52 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Pipo bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 0,651 mm olarak ölçülmüştür. Pipo

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 32,46 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve pipo bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.53’de gösterilmiştir.

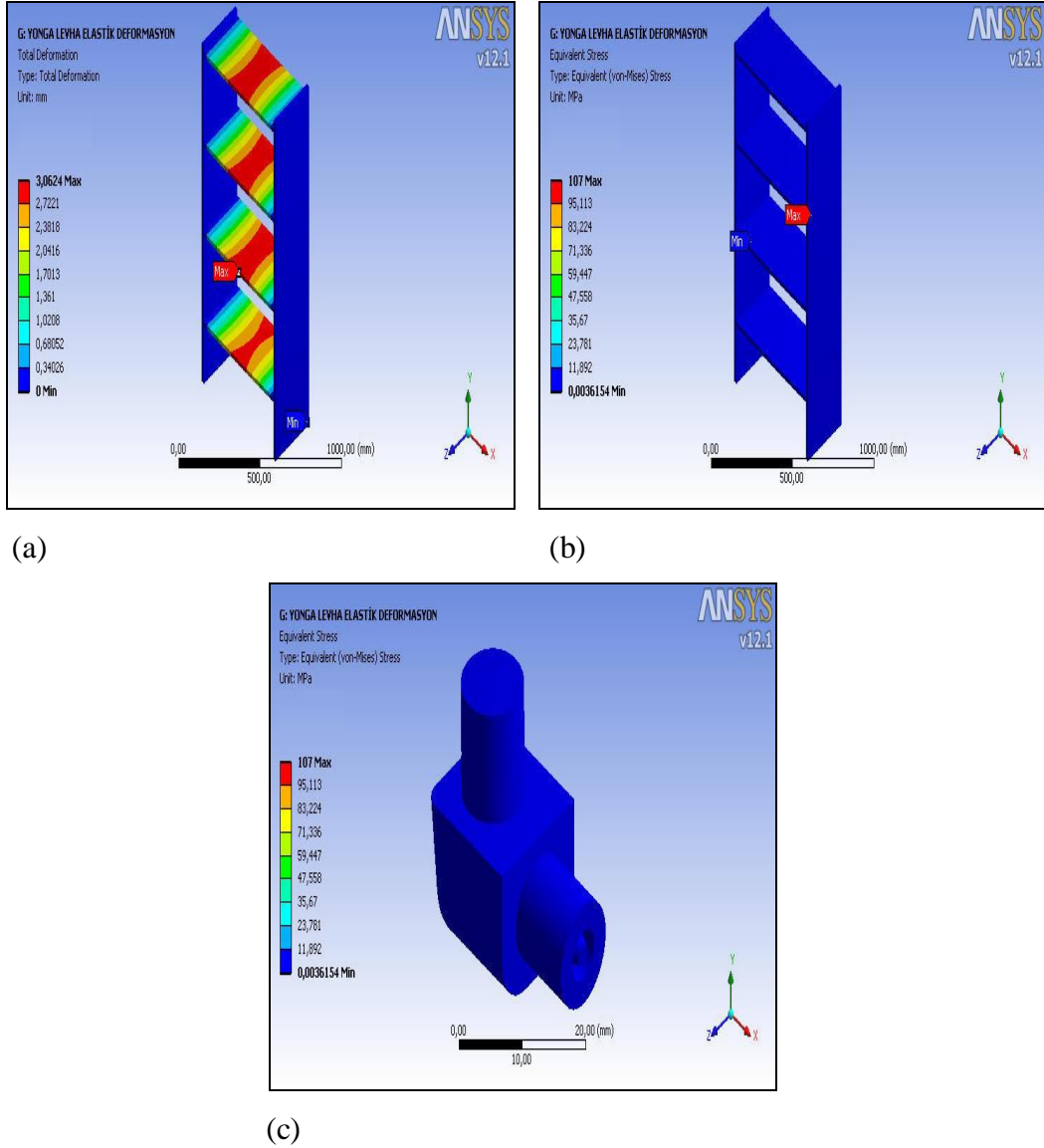


Şekil 4.53 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Pipo bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,140 mm olarak ölçülmüştür. Pipo bağlantı

elemanında oluşan gerilme değeri 89,70 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve pipo bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.54’de gösterilmiştir.

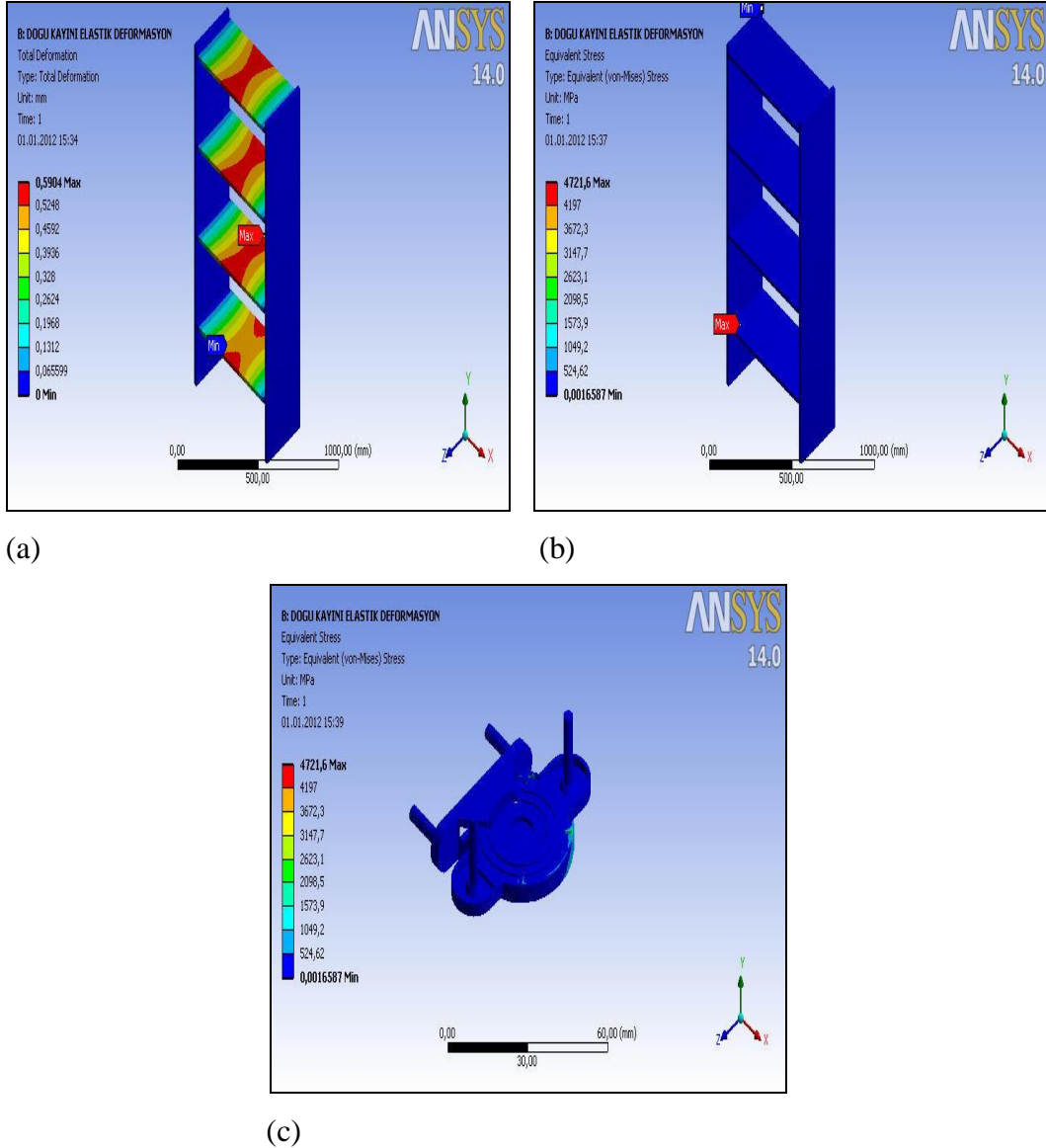


Şekil 4.54 Pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Pipo bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 3,062 mm olarak ölçülmüştür. Pipo

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 107 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve ay bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.55’de gösterilmiştir.

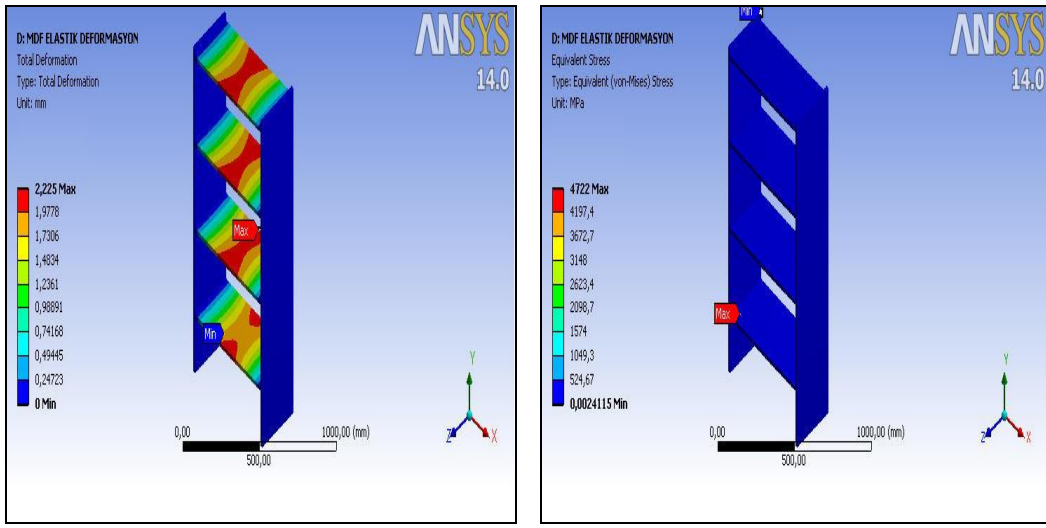


Şekil 4.55 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Ay bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 0,590 mm olarak ölçülmüştür. Ay

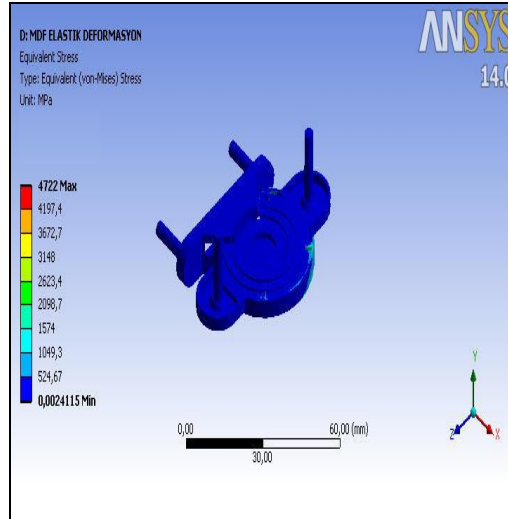
bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 4721,60 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve ay bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



(a)

(b)



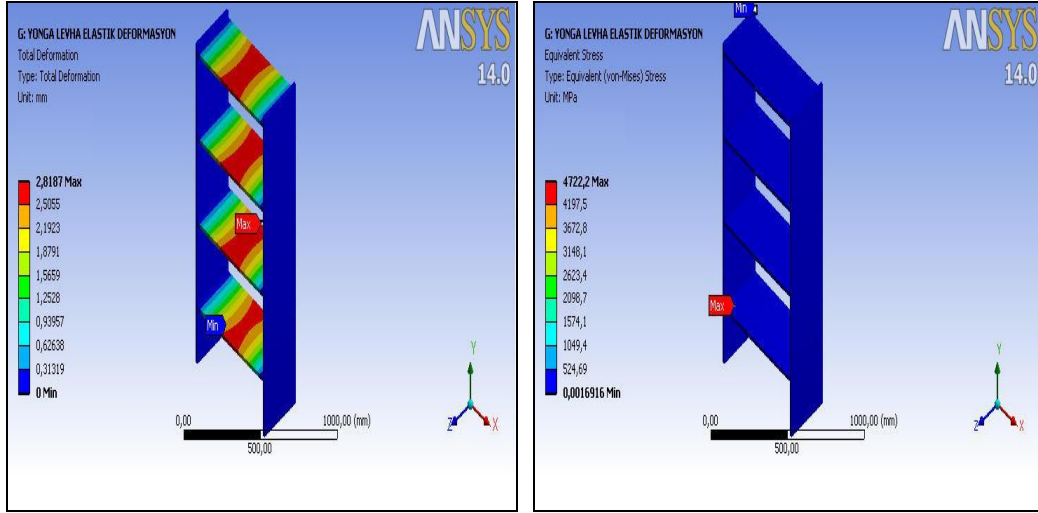
(c)

Şekil 4.56 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Ay bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,225 mm olarak ölçülmüştür. Ay bağlantı

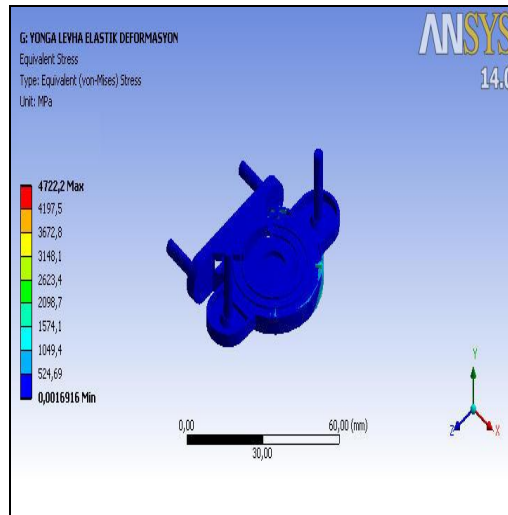
elemanında oluşan gerilme değeri 4722 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve ay bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.57’de gösterilmiştir.



(a)

(b)



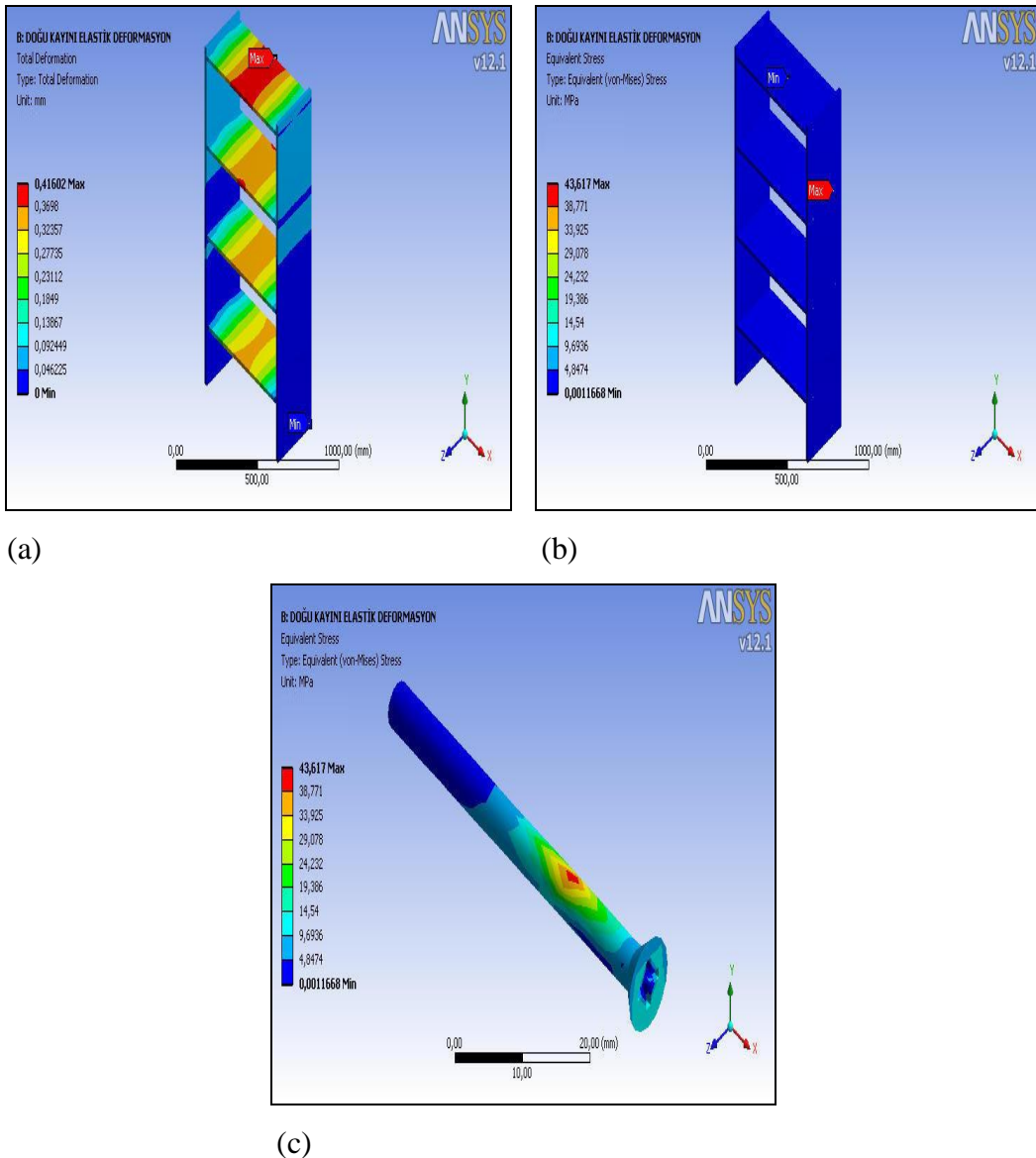
(c)

Şekil 4.57 Ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Ay bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 2,818 mm olarak ölçülmüştür. Ay

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 4722,20 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Vida ile birleştirilmiş Doğu kayını mını ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve vida bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.58’de gösterilmiştir.

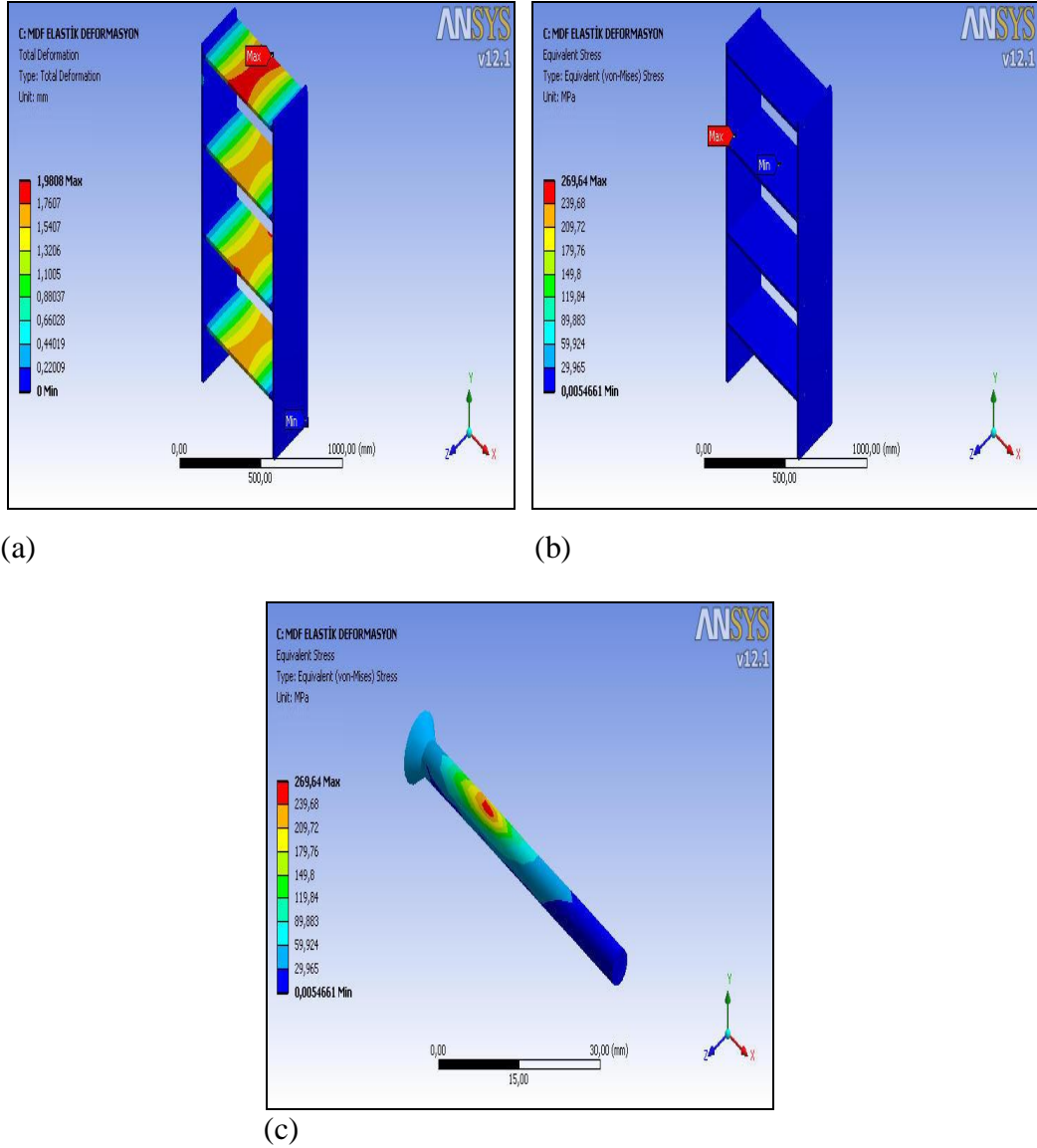


Şekil 4.58 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Vida bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 0,416 mm olarak ölçülmüştür. Vida

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 43,61 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Vida ile birleştirilmiş MDF ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve vida bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.59'da gösterilmiştir.

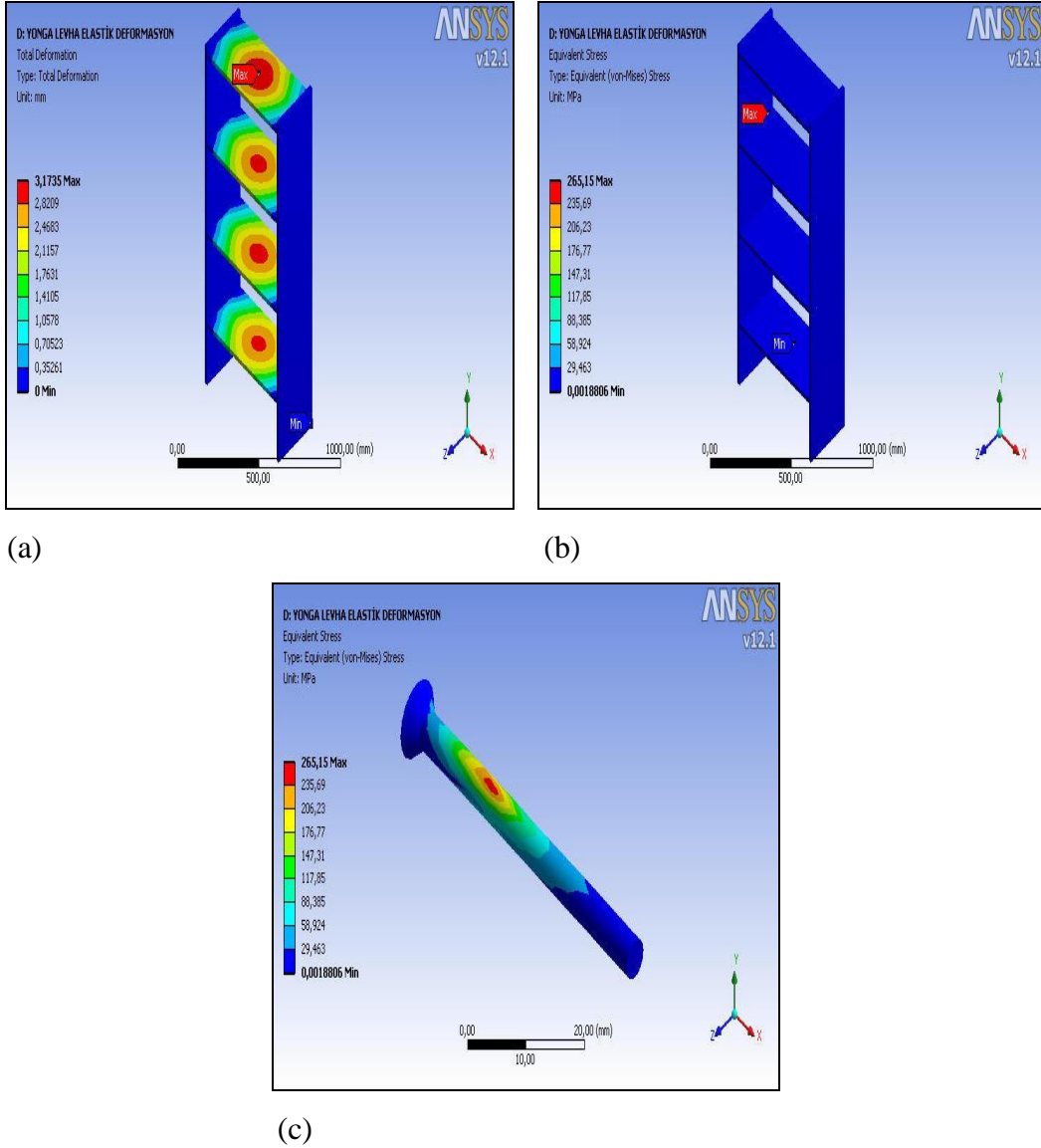


Şekil 4.59 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Vida bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 1,980 mm olarak ölçülmüştür. Vida

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 269,64 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

Vida ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen örneklerin, ANSYS programı sonucu elde edilen elastik deformasyon deney sonuçları, gerilme-stress değişimleri ve vida bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri Şekil 4.60'da gösterilmiştir.



Şekil 4.60 Vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerin ANSYS elastik deformasyon sonuçları (a) Elastik deformasyon, (b) Gerilme değeri, (c) Vida bağlantı gerilme değeri.

ANSYS analiz çalışmasında, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen elastik deformasyon 3,173 mm olarak ölçülmüştür. Vida

bağlantı elemanında oluşan gerilme değeri 265,15 Mpa olarak ölçülmüştür. Kırmızı olan renk değişimleri elastik deformasyonun ve gerilmenin maksimum olduğu yerleri göstermektedir.

4.2.3 Sünme Analizi

Deneysel çalışmada, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,070 mm, ANSYS analizinde bu oran 105 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak deneysel sonuçlar ile teorik sonuçların % 66,66 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,577 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,080 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 13,86 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 1,187 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,229 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 19,29 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,070 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,139 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak deneysel sonuçlar ile teorik sonuçların % 50,35 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,622 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,099 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 15,91 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 1,321 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,271 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 20,51 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,068 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,117 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak deneysel sonuçlar ile teorik sonuçların % 58,11 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,597 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,074 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 12,39 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 1,181 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,319 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 27,01 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,083 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,103 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak deneysel sonuçlar ile teorik sonuçların % 80,58 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,692 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,247 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 35,69 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 1,212 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,195 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 16,08 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,093 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,103 mm

olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak deneysel sonuçlar ile teorik sonuçların % 90,29 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,686 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,089 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 12,97 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 1,251 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,151 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 12,07 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,076 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,142 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak deneysel sonuçlar ile teorik sonuçların % 53,52 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,603 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,091 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 15,09 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 1,169 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,233 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 19,93 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,068 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,094 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak deneysel sonuçlar ile teorik sonuçların % 72,34 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 0,565 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,172 mm

olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 34,05 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen sünme değeri 1,270 mm, ANSYS analizinde bu oran 0,187 mm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 14,72 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

4.2.4 Rijitlik Analizi

Deneysel çalışmada, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,0 ANSYS analizinde bu oran 1,7 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 85,00 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,3 ANSYS analizinde bu oran 2,2 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,65 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, trapez bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,7 ANSYS analizinde bu oran 2,6 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 96,29 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,2 ANSYS analizinde bu oran 1,9 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 86,36 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,2 ANSYS analizinde bu oran 2,1 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,45 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,4 ANSYS analizinde bu oran 2,3 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,83 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,6 ANSYS analizinde bu oran 2,1 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 80,76 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,4 ANSYS analizinde bu oran 2,3, olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,83 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,7 ANSYS analizinde bu oran 2,5 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 92,59 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 1,8 ANSYS analizinde bu oran 1,6 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 86,80 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,2 ANSYS analizinde bu oran 2,1 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,45 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, metal T bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,6 ANSYS analizinde bu oran 2,5 olarak

ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 92,59 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 1,4 ANSYS analizinde bu oran 1,3 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 92,85 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,3 ANSYS analizinde bu oran 2,2 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,65 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, pipo bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,4 ANSYS analizinde bu oran 2,3 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,83 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 1,6 ANSYS analizinde bu oran 1,4 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 87,50 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,2 ANSYS analizinde bu oran 2,1 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,45 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, ay bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,6 ANSYS analizinde bu oran 2,5 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 96,15 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş Doğu kayını ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,4 ANSYS analizinde bu oran 2,0 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 83,33 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş MDF ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,4 ANSYS analizinde bu oran 2,3 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 95,83 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmada, vida bağlantı elemanı ile birleştirilmiş yongalevha ile üretilen deney örneklerinde meydana gelen rijitlik katsayı değeri 2,4 ANSYS analizinde bu oran 2,2 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların % 91,66 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 SONUÇLAR

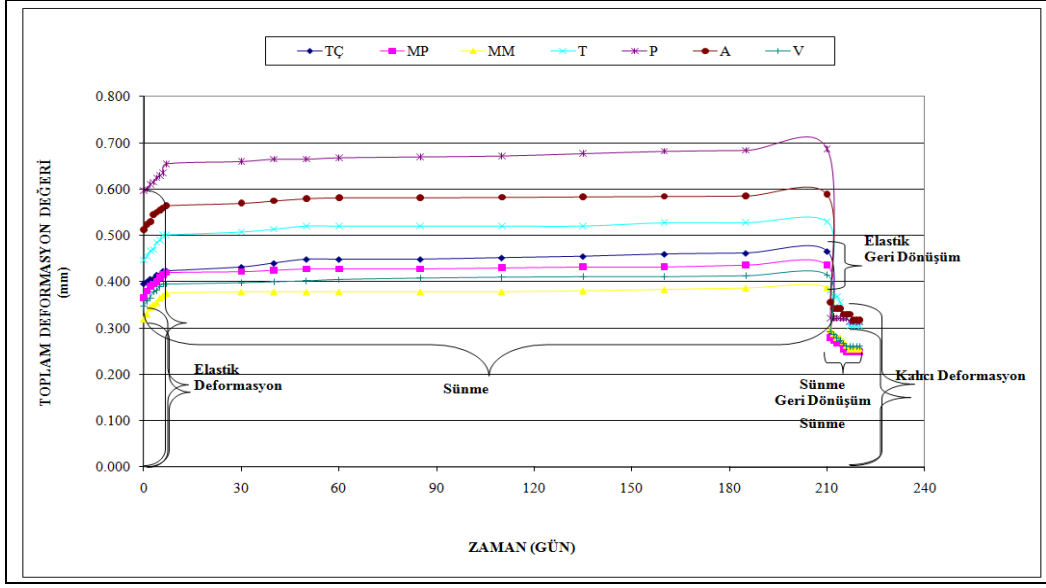
Ahşap ve ahşap esaslı malzemelerden yapılmış kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda malzeme çeşidi ve bağlantı çeşidinin toplam deformasyon, elastik deformasyon, sünme, rijitlik ve geri kazanım değerleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada kullanılan malzeme çeşitleri, bağlantı çeşitlerine göre farklılık göstermiştir.

5.1.1 Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon

Ahşap ve ahşap esaslı malzemelerden yapılmış kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda malzeme çeşidi ve bağlantı çeşidinin toplam deformasyon sonuçları üç ayrı başlık altında verilmektedir.

5.1.1.1 Masif Panel Kullanılarak Yapılan Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon

Doğu kayını ve trapez (TÇ), plastik dübelli minifiks (MP), metal dübelli minifiks (MM), metal T bağlantı (T), pipo (P), ay bağlantı (AY) ve vida (V) elemanları kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 210 günlük düzgün yayılı yük altındaki toplam deformasyon değerleri ve 5 günlük yüksüz, deformasyon geri dönüşüm değerleri grafik Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Doğu kayını odunundan yapılmış kutu mobilyanın 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri.

Masif kayın panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Masif kayın panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri (mm).

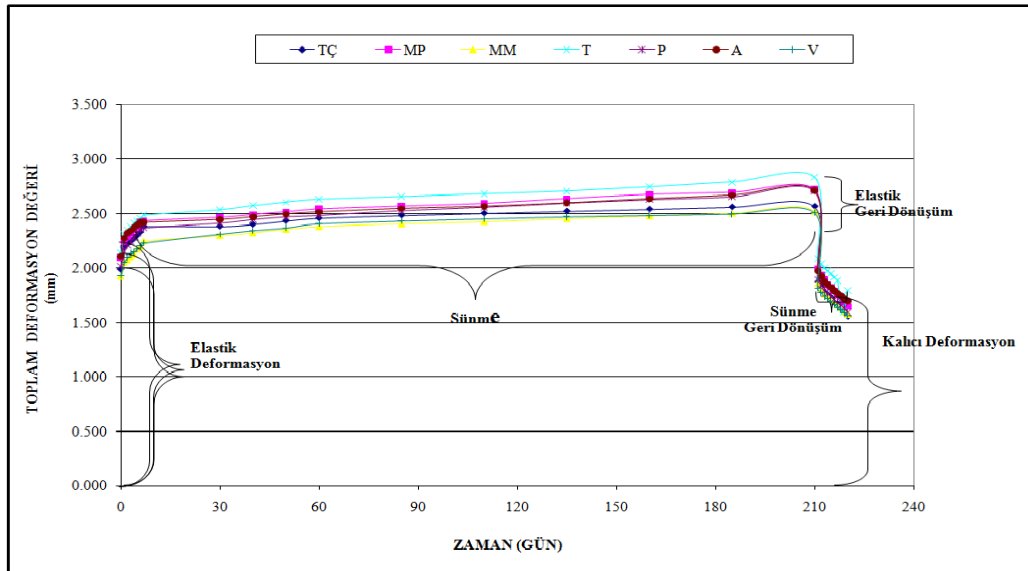
Bağlantı Çeşidi	İlk Deformasyon (mm)	Son Deformasyon (mm)	Sünme Deformasyon (mm)	Sünme (%)	Elastik Geri Dönüşüm (%)	Sünme Geri Dönüşüm (%)
TÇ	0,396	0,466	0,070	17,67	29,23	38,46
MP	0,366	0,436	0,070	19,12	30,16	38,10
MM	0,319	0,387	0,068	21,31	23,91	34,78
T	0,447	0,530	0,083	18,56	14,29	31,43
P	0,597	0,690	0,093	15,57	33,90	37,29
AY	0,513	0,589	0,076	14,81	25,00	33,04
V	0,347	0,415	0,068	19,59	29,59	37,24

Tablo 5.1’de görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında ilk deformasyon (elastik deformasyon) açısından en iyi performansı metal dübelli minifiks ile yapılan birleştirmeler 0,319 mm, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı 0,597 mm vermiştir. Son deformasyon açısından en iyi performansı metal dübelli minifiks ile yapılan

birleştirmeler 0,387 mm, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı 0,690 mm vermiştir. Sünme deformasyon açısından en iyi performansı metal dübelli minifiks ve vida ile yapılan birleştirmeler 0,068 mm, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı 0,093 mm vermiştir. Sünme deformasyon % olarak en iyi performansı ay bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 14,81, en kötü performansı ise metal dübelli minifiks bağlantı elemanı % 21,31 vermiştir. Elastik geri dönüşüm % olarak en iyi metal T bağlantı elemanı % 14,29, en kötü performansı ise performansı pipo bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 33,90 vermiştir. Sünme geri dönüşüm % olarak en iyi metal T bağlantı elemanı % 31,43, en kötü performansı ise performansı trapez bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 38,46 vermiştir.

5.1.1.2 MDF Panel Kullanılarak Yapılan Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon

MDF ve trapez (TÇ), plastik dübelli minifiks (MP), metal dübelli minifiks (MM), metal T bağlantı (T), pipo (P), ay bağlantı (AY) ve vida (V) elemanları kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 210 günlük düzgün yayılı yük altındaki toplam deformasyon değerleri ve 5 günlük yüksüz, deformasyon geri dönüşüm değerleri grafik Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 MDF panelden yapılmış kutu mobilyanın 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri.

MDF panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2 MDF panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri (mm).

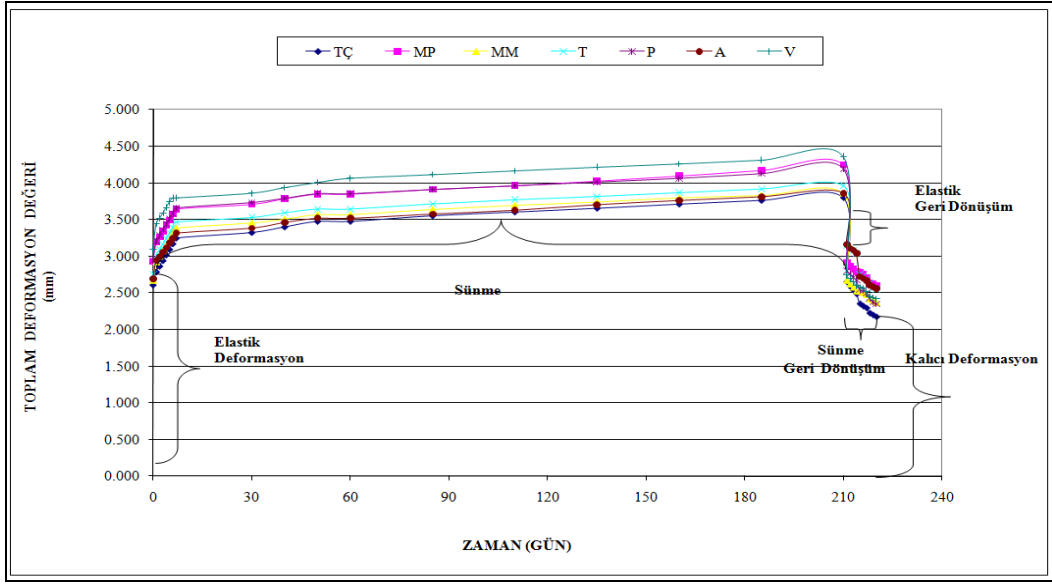
Bağlantı Çeşidi	İlk Deformasyon (mm)	Son Deformasyon (mm)	Sünme Deformasyon (mm)(%)		Elastik Geri Dönüşüm (%)	Sünme Geri Dönüşüm (%)
TÇ	1,988	2,565	0,578	29,07	5,75	21,73
MP	2,096	2,718	0,622	29,67	4,85	21,52
MM	1,924	2,521	0,597	31,02	3,30	18,15
T	2,140	2,832	0,692	32,34	2,37	16,02
P	2,019	2,705	0,686	33,96	6,29	21,07
AY	2,108	2,711	0,603	28,61	6,33	19,58
V	1,930	2,495	0,565	29,27	5,92	19,08

Tablo 5.2’de görüldüğü gibi MDF panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında ilk deformasyon (elastik deformasyon) açısından en iyi performansı metal dübelli minifiks ile yapılan birleştirmeler 1,924 mm, en kötü performansı ise metal T bağlantı elemanı 2,140 mm vermiştir. Son deformasyon açısından en iyi performansı vida ile yapılan birleştirmeler 2,495 mm, en kötü performansı ise metal T bağlantı elemanı 2,832 mm vermiştir. Sünme deformasyon açısından en iyi performansı vida ile yapılan birleştirmeler 0,565 mm, en kötü performansı ise metal T bağlantı elemanı 0,692 mm vermiştir. Sünme deformasyon % olarak en iyi performansı ay bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 28,61, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı % 33,96 vermiştir. Elastik geri dönüşüm % olarak en iyi metal T bağlantı elemanı % 2,32, en kötü performansı ise performansı ay bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 6,33 vermiştir. Sünme geri dönüşüm % olarak en iyi metal T bağlantı elemanı % 16,02, en kötü performansı ise performansı trapez bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 21,73 vermiştir.

5.1.1.3 Yongalevha Panel Kullanılarak Yapılan Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda 7 Ay Statik Yük Altında Oluşan Toplam Deformasyon

Yongalevha ve trapez (TÇ), plastik dübelli minifiks (MP), metal dübelli minifiks (MM), metal T bağlantı (T), pipo (P), ay bağlantı (AY) ve vida (V) elemanları kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 210 günlük düzgün yayılı yük altındaki toplam

deformasyon değerleri ve 5 günlük yüksüz, deformasyon geri dönüşüm değerleri grafik Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3 Yongalevha panelden yapılmış kutu mobilyanın 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon değerleri.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3 Yongalevha panel kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan raf toplam deformasyon değerleri (mm).

Bağlantı Çeşidi	İlk Deformasyon (mm)	Son Deformasyon (mm)	Sünme Deformasyon (mm)	Sünme (%)	Elastik Geri Dönüşüm (%)	Sünme Geri Dönüşüm (%)
TÇ	2,610	3,797	1,187	45,47	6,38	16,55
MP	2,927	4,248	1,321	45,13	6,13	11,28
MM	2,673	3,854	1,181	44,18	6,15	11,40
T	2,750	3,963	1,213	44,11	6,47	10,89
P	2,946	4,197	1,251	42,46	6,29	20,26
AY	2,692	3,860	1,168	43,38	6,57	9,19
V	2,938	4,208	1,270	43,22	5,62	21,77

Tablo 5.3’de görüldüğü gibi yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında ilk deformasyon (elastik deformasyon) açısından en iyi performansı trapez ile yapılan birleştirmeler 2,610 mm, en kötü performansı ise pipo bağlantı elemanı 2,946 mm vermiştir. Son deformasyon açısından en iyi trapez ile yapılan birleştirmeler 3,797 mm, en kötü performansı ise plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı 4,248 mm vermiştir. Sünme deformasyon açısından en iyi performansı ay bağlantı ile yapılan birleştirmeler 1,168 mm, en kötü performansı ise plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı 1,321 mm vermiştir. Sünme deformasyon % olarak en iyi performansı pipo ile yapılan birleştirmeler % 42,46, en kötü performansı ise trapez bağlantı elemanı % 45,47 vermiştir. Elastik geri dönüşüm % olarak en iyi plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı % 6,13, en kötü performansı ise performansı ay bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 6,57 vermiştir. Sünme geri dönüşüm % olarak en iyi ay bağlantı elemanı % 9,19, en kötü performansı ise performansı vida bağlantı ile yapılan birleştirmeler % 21,77 vermiştir.

Malzeme çeşidi bakımından; en düşük toplam deformasyon değeri Doğu kayını’nda, en yüksek toplam deformasyon değeri yongalevha’da bulunmuştur. Toplam deformasyon değeri yongalevha’da, MDF’den % 51,62, Doğu kayını’ndan % 700,39 daha fazla çıkmıştır. Doğu kayını odunu dağınık küçük traheli yapısı ve örnekler içersinde yüksek yoğunluğa sahip olması nedeniyle yüklemeler karşısında bağlantı elemanları ile mekanik bağı diğerlerine göre daha iyi kurmuş olabilir. Yongalevha, Doğu kayını ve MDF’ye göre düşük yoğunlukta ve üç katmanlı yapısı nedeniyle gevşek yapıya sahip olması düşük direnç göstermesine sebep olabilir.

Ayrıca kutu konstrüksiyonlu mobilyaların mukavemet özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada; eğilme direnci yüksek olan malzemelerden üretilen deney numuneleri daha az, düşük eğilme direncine sahip malzemelerden üretilmiş deney numunelerinin ise daha çok yer değiştirme yaptıkları gözlenmiştir (İmirzi 2008).

Bağlantı elemanı çeşidi bakımından; en düşük toplam deformasyon değeri metal dübelli minifiks bağlantı elemanında, en yüksek toplam deformasyon değeri pipo bağlantı elemanında bulunmuştur. Toplam deformasyon pipo bağlantı elemanında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanından % 10,90 daha fazla çıkmıştır. Pipo bağlantı elemanı plastik olması nedeniyle aşırı yüklemeye direnç gösteremediği söylenebilir.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından; en düşük toplam deformasyon değeri Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada, en yüksek toplam deformasyon değeri yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada belirlenmiştir. Toplam deformasyon değeri, yongalevha ve plastik dübelli bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada, Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyadan % 911,01 fazla bulunmuştur.

Tablo 5.4’de Kutu tipi köşe birleştirmelerin toplam deformasyon deneylerinde elde edilen sonuçlar bağlantı çeşidi, deney ve ANSYS analizleri parametrelerine göre karşılaştırılmış aralarındaki uyum % olarak ortaya konmuştur.

Tablo 5.4 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan toplam deformasyon deneyleri karşılaştırmaları.

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Deney (mm)	ANSYS (mm)	Uygunluk (%)
Doğu Kayını	TÇ	0,466	0,579	80,48
	MP	0,436	0,573	76,09
	MM	0,387	0,502	77,09
	T	0,530	0,618	85,76
	P	0,690	0,754	91,51
	AY	0,589	0,732	80,46
	V	0,415	0,510	81,37
MDF	TÇ	2,565	2,189	85,34
	MP	2,718	2,307	84,87
	MM	2,521	2,090	82,90
	T	2,832	2,412	85,16
	P	2,705	2,229	82,40
	AY	2,711	2,316	85,42
	V	2,495	2,152	86,25

Tablo 5.4 (devam ediyor)

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Deney (mm)	ANSYS (mm)	Uygunluk (%)
YL	TÇ	3,797	2,978	78,43
	MP	4,248	3,340	78,62
	MM	3,854	3,137	81,39
	T	3,962	3,051	77,00
	P	4,197	3,213	76,55
	AY	3,861	3,051	79,02
	V	4,208	2,986	70,96

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Tablo 5.4’de görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında toplam deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 91,51 pipo bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 77,09 ile metal dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında toplam deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 86,25 ile vida bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 82,40 ile pipo bağlantı elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında toplam deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 81,39 ile metal dübelli minifiks bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 70,96 ile vida bağlantı elemanı vermiştir.

Toplam deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 91,51 ile doğu kayını ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en az uygunluk % 70,96 ile yongalevha ve vida bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda olduğu görülmektedir.

Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda kullanılan bazı modüler bağlantı elemanlarının direnç özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada; malzeme türü, diyagonal basınç ve bağlantı elemanı etkileşimi bakımından, en yüksek direnç değeri Doğu kayın da çift çektirmeli bağlantı elemanı ile en düşük; suntalamda kendinden plastik dübelli metal minifiks bağlantı elemanı ile tespit edildiğini belirtmiştir (Kılıçalp 2007).

5.1.2 Elastik Deformasyon

Malzeme çeşidi bakımından; en düşük elastik deformasyon değeri Doğu kayını'nda, en yüksek elastik deformasyon değeri yongalevha'da bulunmuştur. Elastik deformasyon değeri yongalevha'da, MDF'den % 27,27, Doğu Kayını'ndan % 554,92 daha fazla çıkmıştır.

Bağlantı elemanı çeşidi bakımından; en düşük elastik deformasyon değeri metal dübelli minifiks bağlantı elemanında, en yüksek elastik deformasyon değeri pipo bağlantı elemanında bulunmuştur. Elastik deformasyon değeri pipo bağlantı elemanında, metal dübelli minifiks bağlantı elemanından % 13,11 daha fazla çıkmıştır. Pipo bağlantı elemanı plastik olması nedeniyle aşırı yüklemeye direnç gösterememiş olabilir.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından; en düşük elastik deformasyon değeri Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek elastik deformasyon değeri yonga levha ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada belirlenmiştir. Elastik deformasyon değeri, yonga levha ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada, Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyadan % 891,71 fazla bulunmuştur.

Tablo 5.5 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan elastik deformasyon deneyleri karşılaştırmaları.

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Deney (mm)	ANSYS (mm)	Uygunluk (%)
Doğu Kayını	TÇ	0,396	0,474	83,54
	MP	0,366	0,434	84,33
	MM	0,319	0,385	82,85
	T	0,447	0,515	86,79
	P	0,597	0,651	91,70
	AY	0,513	0,590	86,94
	V	0,347	0,416	83,41
MDF	TÇ	1,988	2,109	94,26
	MP	2,096	2,208	94,92
	MM	1,924	2,016	95,43
	T	2,140	2,165	98,84
	P	2,019	2,140	94,34
	AY	2,108	2,225	94,74
	V	1,930	1,980	97,47
YL	TÇ	2,610	2,749	94,94
	MP	2,927	3,069	95,37
	MM	2,673	2,818	94,85
	T	2,750	2,856	96,28
	P	2,946	3,062	96,21
	AY	2,692	2,818	95,52
	V	2,938	3,173	93,66

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida)

Tablo 5.5’de görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında elastik deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 91,70 ile pipo bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 82,85 ile metal dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında elastik deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 98,84 metal T bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 94,26 ile trapez bağlantı elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında elastik deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 96,28 ile metal T bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 93,66 ile vida bağlantı elemanı vermiştir.

Elastik deformasyon bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 98,84 ile MDF metal T bağlantı elemanı kullanılarak yapılan panel mobilyalar da elde edilmiştir. Elastik deformasyon bakımından en az uygunluk % 82,85 ile doğu kayını metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak yapılan panel mobilyalarda olduğu görülmektedir.

Deneylerde meydana gelen deformasyon miktarının, teorik modelleme ile yaklaşık % 90 – 99 uyumlu olduğu belirlenmiştir. (Yörür 2012).

5.1.3 Sünme

Malzeme çeşidi bakımından; en düşük sünme değeri Doğu kayını'nda, en yüksek sünme değeri yongalevha'da bulunmuştur. Sünme değeri yonga levha'da, MDF'den % 49,47, Doğu Kayını'ndan % 1536 daha fazla çıkmıştır.

Bağlantı elemanı çeşidi bakımından; en düşük sünme değeri trapez bağlantı elemanında, en yüksek sünme değeri pipo bağlantı elemanında bulunmuştur. Sünme değeri pipo bağlantı elemanında, trapez bağlantı elemanından % 9,46 daha fazla çıkmıştır.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından; en düşük sünme değeri Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ve vida bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada, en yüksek sünme değeri yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada belirlenmiştir. Sünme değeri, yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı

kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada, Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ve vida bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyadan % 1942,64 fazla bulunmuştur.

Tablo 5.6 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan sünme deneyleri karşılaştırmaları.

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Deney (mm)	ANSYS (mm)	Uygunluk (%)
Doğu Kayını	TÇ	0,070	0,105	66,66
	MP	0,070	0,139	50,35
	MM	0,068	0,117	58,11
	T	0,083	0,103	80,58
	P	0,093	0,103	90,29
	AY	0,076	0,142	53,52
	V	0,068	0,094	72,34
MDF	TÇ	0,577	0,080	13,86
	MP	0,622	0,099	15,91
	MM	0,597	0,074	12,39
	T	0,692	0,247	35,69
	P	0,686	0,089	12,97
	AY	0,603	0,091	15,09
	V	0,565	0,172	34,05
YL	TÇ	1,187	0,229	19,29
	MP	1,321	0,271	20,51
	MM	1,181	0,319	27,01
	T	1,212	0,195	16,08
	P	1,251	0,151	12,07
	AY	1,169	0,233	19,93
	V	1,270	0,187	14,72

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Tablo 5.6’da görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında sünme bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 90,29 ile pipo bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 50,35 ile plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında sünme bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 35,69 metal T bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 12,39 ile metal dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında sünme bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 27,01 ile metal dübelli minifiks bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 12,07 ile pipo bağlantı elemanı vermiştir.

Sünme bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 90,29 ile doğu kayını pipo bağlantı elemanı kullanılarak yapılan panel mobilyalar da elde edilmiştir. Sünme bakımından en az uygunluk % 12,07 ile yongalevha pipo bağlantı elemanı kullanılarak yapılan panel mobilyalarda olduğu görülmektedir.

Gressel’in aynı yükleri uygulayarak yaptığı bir karşılaştırmada MDF’deki sünme miktarının yongalevhadan % 24 daha fazla olduğunu belirtmiştir (Gressel 1972).

Levha kompozitleri ile ahşap kirişler arasındaki sünme bir çalışmada incelemiştir. Bu amaçla yongalevha, MDF ve kontrplak örnekleri ahşap kirişlere çivi ile birleştirilmiştir. Bu malzemeler içinden en çok sünme gösteren kontrplak, en az sünme gösteren ise MDF olmuştur (Jang vd. 1993).

Yapılan bir araştırmada değişken rutubet şartları altında yapılan denemelerde MDF’deki sünme miktarı yonga levhadan daha yüksek bulunmuştur (Seco ve Barra 1998).

Montaja hazır mobilya birleştirmelerin performansları konulu bir çalışmada, MDF ile yapılmış birleştirmeler yongalevha ile yapılmış birleştirmelere göre direnci % 21 ve esnekliği % 31 oranında daha yüksek bulunmaktadır. MDF ile yapılmış birleştirmelerde bu yüksek

direnç ve esneklik MDF'nin daha yüksek yoğunluğa, elastikiyet modülüne ve vida tutma direncine sahip olmasına bağlı olabilir (Güntekin 2003).

5.1.4 Rijitlik

Malzeme çeşidi bakımından; Doğu kayını, MDFden %15, yongalevhadan ise, % 30 daha rijit bulunmuştur.

Kutu mobilyaların köşe birleştirmelerinde mukavemet özelliklerinin belirlendiği çalışmada; MDF, Yongalevhaya göre % 20 daha rijit bulunmuştur (İyiiiş 2009).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların mukavemet özelliklerin belirlendiği çalışmada; MDF ile üretilen örnekler YL ve OKP ile üretilene göre yaklaşık % 8 daha rijit bulunmuştur (İmirzi 2008).

Bağlantı elemanı çeşidi bakımından; pipo bağlantı elemanı, metal dübelli minifiks bağlantı elemanından % 30 daha rijit bulunmuştur.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından; Doğu kayını ve pipo bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilya, yongalevha ve trapez, metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilya göre % 35 daha rijit bulunmuştur.

Tablo 5.7 Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların 7 ay statik yük altında oluşan rijitlik deneyleri karşılaştırmaları.

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Deney (mm)	ANSYS (mm)	Uygunluk (%)
Doğu Kayını	TÇ	2,0	1,7	85,00
	MP	2,2	1,9	86,36
	MM	2,6	2,1	80,76
	T	1,8	1,6	88,88
	P	1,4	1,3	92,85
	AY	1,6	1,4	87,50
	V	2,4	2,0	83,33

Tablo 5.7 (devam ediyor)

Malzeme Çeşidi	Bağlantı Çeşidi	Deney (mm)	ANSYS (mm)	Uygunluk (%)
Doğu Kayını	TÇ	2,0	1,7	85,00
	MP	2,2	1,9	86,36
	MM	2,6	2,1	80,76
	T	1,8	1,6	88,88
	P	1,4	1,3	92,85
	AY	1,6	1,4	87,50
	V	2,4	2,0	83,33
MDF	TÇ	2,3	2,2	95,65
	MP	2,2	2,1	95,45
	MM	2,4	2,3	95,83
	T	2,2	2,1	95,45
	P	2,3	2,2	95,65
	AY	2,2	2,1	95,45
	V	2,4	2,3	95,83
YL	TÇ	2,7	2,6	96,29
	MP	2,4	2,3	95,83
	MM	2,7	2,5	92,59
	T	2,6	2,5	96,15
	P	2,4	2,3	95,83
	AY	2,6	2,5	96,15
	V	2,4	2,2	91,66

(TÇ: Trapez, MP: Plastik Dübelli Minifiks, MM: Metal Dübelli Minifiks, T: Metal T Bağlantı, P: Pipo Bağlantı, AY: Ay Bağlantı, V: Vida).

Tablo 5.7’de görüldüğü gibi masif kayın panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında rijitlik katsayı bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 92,85 ile pipo bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 80,76 ile metal dübelli minifiks bağlantı elemanı vermiştir.

MDF panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında rijitlik katsayı bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 95,83 metal dübelli minifiks ve vida bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 95,45 ile plastik dübelli minifiks, metal T ve ay bağlantı elemanı vermiştir.

Yongalevha panel kullanılarak yapılan kitaplık raflarında rijitlik katsayı bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 96,29 ile trapez bağlantı ile yapılan birleştirmeler, en az uygunluk ise % 91,66 ile vida bağlantı elemanı vermiştir.

Rijitlik katsayı bakımından deneylerin uygulama sonuçları ile ANSYS analiz sonuçları arasındaki en fazla uygunluk % 96,29 ile yongalevha trapez bağlantı elemanı kullanılarak yapılan panel mobilyalar da elde edilmiştir. Rijitlik katsayı bakımından en az uygunluk % 80,76 ile doğu kayını metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak yapılan panel mobilyalarda olduğu görülmektedir.

Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların mukavemet özelliklerin belirlendiği çalışmada; birleştirme tekniği ve malzeme çeşidi ikili etkileşiminin rijitlik katsayı değerleri sonuçlarına göre; MDF ile üretilen kavelalı vidalı deney örnekleri yüksek rijitlik değeri vermiş, bunu MDF ile üretilen kavelalı birleştirme örnekleri izlemiştir (İmirzi 2008).

Bu sonuçlara göre; kutu konstrüksiyonlu mobilya tasarımında, malzeme açısından ekonomik kriterler de dikkate alınarak malzeme tercihi, Doğu kayını, MDF ve yongalevha şeklinde yapılmalıdır.

Kutu konstrüksiyonlu mobilyaların mukavemet özelliklerin belirlendiği çalışmada; birleştirme tekniği ve malzeme çeşidi ikili etkileşiminin rijitlik katsayı değerleri sonuçlarına göre; MDF ile üretilen kavelalı vidalı deney örnekleri yüksek rijitlik değeri vermiş, bunu MDF ile üretilen kavelalı birleştirme örnekleri izlemiştir (İmirzi 2008).

Bu sonuçlara göre; kutu konstrüksiyonlu mobilya tasarımında, malzeme açısından ekonomik kriterler de dikkate alınarak malzeme tercihi, Doğu kayını, MDF ve yongalevha şeklinde yapılmalıdır.

5.1.5 Geri Dönüşüm

Ahşap ve ahşap esaslı malzemelerden yapılmış kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda malzeme çeşidi ve bağlantı çeşidinin geri dönüşüm sonuçları iki ayrı başlık altında verilmektedir.

5.1.5.1 Elastik Geri Dönüşüm

Malzeme çeşidi bakımından; en düşük elastik geri dönüşüm değeri Doğu Kayını'nda, en yüksek elastik geri dönüşüm değeri yongalevha'da bulunmuştur. Elastik geri dönüşüm değeri yongalevha'da, MDF'den % 40,27, Doğu Kayını'ndan % 717,50 daha fazla çıkmıştır.

Bağlantı elemanı çeşidi bakımından; en düşük elastik geri dönüşüm değeri trapez bağlantı elemanında, en yüksek elastik geri dönüşüm değeri metal T bağlantı elemanında bulunmuştur. Elastik geri dönüşüm değeri metal T bağlantı elemanında, trapez bağlantı elemanından % 14,09 daha fazla çıkmıştır.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından; en düşük elastik geri dönüşüm değeri Doğu kayını ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek elastik geri dönüşüm değeri yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada belirlenmiştir. Elastik geri dönüşüm değeri, yonga levha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada, ayrıca doğu kayını ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyadan % 1075,40 fazla bulunmuştur.

5.1.5.2 Sünme Geri Dönüşüm

Malzeme çeşidi bakımından; en düşük sünme geri dönüşüm değeri Doğu Kayını'nda, en yüksek sünme geri dönüşüm değeri yongalevha'da bulunmuştur. Sünme geri dönüşüm değeri yongalevha'da, MDF'den % 47,88, Doğu Kayını'ndan % 742,01 daha fazla çıkmıştır.

Bağlantı elemanı çeşidi bakımından; en düşük sünme geri dönüşüm değeri trapez bağlantı elemanında, en yüksek sünme geri dönüşüm değeri metal T bağlantı elemanında

bulunmuştur. Sünme geri dönüşüm değeri metal T bağlantı elemanında, trapez bağlantı elemanından % 16,07 daha fazla çıkmıştır.

Bağlantı çeşidi ve malzeme çeşidi etkileşimi bakımından; en düşük sünme geri dönüşüm değeri Doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda, en yüksek sünme geri dönüşüm değeri yongalevha ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada belirlenmiştir. Sünme geri dönüşüm değeri, yongalevha ve plastik dübelli bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyada, ayrıca doğu kayını ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı kullanılarak imal edilen kutu konstrüksiyonlu mobilyadan % 1118,22 fazla bulunmuştur.

5.2 ÖNERİLER

Mekanik bağlantı elemanları ile yapılan kutu tipi köşe birleştirmelerde; masif ağaç malzeme kullanılacaksa Doğu kayını odunu daha fazla direnç gösterdiğinden metal dübelli minifiks, trapez ve vida bağlantı elemanı ile birlikte kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Buna benzer bazı çalışmalarda özellikle kavelalı köşe birleştirmelerde yarı rijit davranışların modellenmesinde kullanılan elastikiyet modülünü azaltma ve birleştirme katsayısı kullanma gibi uygulamalara gerek kalmayacağı düşünülmektedir. Ancak, ağaç malzeme homojen yapıya sahip olmaması ve birleştirmelerin lineer olmayan davranışları modelleme türüne göre dikkate alınırca daha kesin sonuçlar alınacağı söylenebilir. Bu nedenle üretim farklılığı ve yoğunluk fazlalığı nedeniyle, kullanım yerine bağlı olarak, MDF'nin de kutu mobilya köşe birleştirmelerinde kullanılması önerilebilir. Metal dübelli minifiks, trapez ve vida bağlantı elemanları düzgün yayılı yük altında daha fazla direnç göstermesi nedeniyle demonte mobilyalarda kullanılabilir. Benzer şekilde yapılacak çalışmalarda farklı bağlantı elemanları, birleştirme tekniği ve malzeme türlerinin denenmesi önerilebilir.

Deneylerin, gerçek şartlar altında simüle edilebildiği ANSYS gibi bilgisayar destekli analiz programlarında gerçekleştirilmesi hem maliyetin düşürülmesi hem de malzemede oluşacak muhtemel tahribatın engellenmesi açısından önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akbulut T, Ayrılmış A ve Göker Y** (2002) OSB levhaların kontrplak yerine kullanılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52(1): 65-74.
- Akkılıç H**(2002) Farklı yüzey malzemeleri ile kaplanan yongalevhaların teknolojik özellikler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 109-126 s.
- Anıl Ö ve Belgin MÇ**(2007) Monotonik yükleme etkisi altındaki dikdörtgen kesitli betonarme kirişlerin sonlu elemanlar yöntemi ile doğrusal olmayan analizi, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(1): 191-197.
- Aslan E**(2006) Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda Minifiksli Köşe Birleştirmelerin Moment Taşıma Performanslarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 55-56 s.
- ASTM D 1037** (1973) Evaluating the Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, ASTM Standarts, USA.
- BS 4875**(1975) Strength and Stability of Deomestic and Contact Furniture, British Standards, England.
- Bozkurt Y ve Göker Y** (1987) *Ağaç Malzemenin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3445/388, İstanbul.
- Cai L ve Wang F**(1993) Influence of the stiffness of corner joint on case furniture deflection. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 51: 406-408.
- Cai L, Wang F ve Tan H** (1995) Study on the strength of moltinject corner joints of furniture. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 53: 385-388.
- Cassens D ve Eckelman CA** (1985) Face holding strength of treated metal insert in reconstituted wood products. *Forest Products Journal*, 35(3): 18-22.
- Crisan R** (2001) An Investigation into the Stres-Strain State of Case Furniture. Ph.D. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Çakır M**(2003) Melamin Reçinesi Emdirilmiş Kâğıt Kaplı Yongalevha Yüzeylerinde Yapışma Mukavemetinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 56 s.
- Daudeville L, Davenne L ve Yasumura M** (1999) Prediction of the load carrying capacity of bolted timber joint. *Wood Science and Technology*, 33: 15-29.
- Denizli N**(2001) Improving the Strength and Durability of Panel-Based Cabinet Furniture. Ph.D. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.
- Diler H** (2001) Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerde Vida Çapının Çekme ve Basma Dirençlerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 38-39 s.
- Doğanay S, Özçiftçi A ve Küreli İ** (1997) The effect to screw holding strength of edge wooden at particleboard used for furniture product. *Journal of the Institute of Science and Technology of Gazi University*, 10(2): 273.
- Doğanay S** (1998) Mobilya üretiminde kullanılan ağaç malzemelerin vida tutma dirençleri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23: 29-34.
- Eckelman CA**(1966) A look at the strength design of furniture, *ForestProducts Journal*, 16 (3): 21–24.
- Eckelman CA**(1968) Computer Analysis of Member Stres in Chair Side Frames, *Research Progress Report 325*, Purdue Univesity, Indiana.
- Eckelman CA** (1969) Engineering concepts of single-pin dowel joints design.*Forest Products Journal*, 12: 52-60.
- Eckelman C A** (1970)The fatigue strength of two-pin moment-resistance dowel joints.*Forest Products Journal*, (4): 43-48.
- Eckelman CA** (1975) Screwholding performance in hardwoods and particleboard.*Forest Product Journal*, 25(6): 30–35.
- Eckelman CA** (1978) Predicting withdrawal strength of sheet –metal-type screws in selected hardwoods,*ForestProduct Journal*, 28(8): 25-28.
- Eckelman CA ve Rabiej R** (1985) A comprehensive method of analysis of case furniture, *Forest Product Journal*, 35(4): 62-68.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Eckelman CA ve Munz S** (1987) Rational design of cases with front frames and semi rigid joints, *Forest Product Journal*,37(3): 25-31.
- Eckelman CA** (1988) The withdrawal strength of screws from commercially available medium density fiberboard, *Forest Product Journal*, 38(5): 21-24.
- Eckelman CA** (1991) *Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture, Text Book*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, p.3-10.
- Eckelman CA** (1999) *Designing High Quality Furniture with Wood Composites*. Purdue University Paper, West Lafayette, Indiana, USA, p.42-47.
- Efe H** (1992) Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket–Vida Tutma Yetenekleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 12-16 s.
- Efe H** (1993) Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket–Vida Tutma Yetenekleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Bildiri Kitabı, Trabzon, 319-339 s.
- Efe H** (1994) Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği ABD,13-43 s.
- Efe H** (1998) Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde rasyonel kavela tasarımı. *Politeknik Dergisi*, 1(1-2): 41-54.
- Efe H** (1999) Kutu konstrüksiyonlu mobilyada sabit (yabancı çıtalı) ve demonte (trapez) köşe birleştirmelerin çekme ve basma dirençleri. *Politeknik Dergisi*, 2(4): 43-51.
- Efe H ve Kasal A**(2000) Kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte köşe birleştirmelerde çekme direnci. *Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Dergisi*, (8): 61-74.
- Efe H ve İmirzi HÖ**(2001) Çerçeve konstrüksiyonlu masif mobilya T birleştirmelerde çekme dirençleri karşılaştırmaları. *Politeknik Dergisi*, 4(4): 95-101.
- Efe H, Erdil YZ, Kasal A ve İmirzi HÖ**(2003) Withdrawal strength and moment capacity of screwed t–type end to side grain furniture joints. *Forest Products Journal*, 54(11): 91-97.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Efe H ve İmirzi HÖ** (2001) Mobilya üretiminde kullanılan çeşitli bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri. *Politeknik Dergisi*, 10(1): 93-103.
- Englesson T** (1973) *Summary of the Investigations of Several Particleboards in the Swedish Forest Products Research Laboratory*. Unnumbered Publication, Swedish Forest Products Laboratory, Stockholm, p.38.
- Erdil YZ ve Eckelman CA** (2001) Withdrawal strength of dowels in plywood and oriented strand board. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25: 319-327.
- Erdil YZ** (2002) Integrated Product Engineering and Performance Testing of Furniture. Ph.D. Thesis, Purdue University, Department of Forest Product, West Lafayette, Indiana, USA, p.2-19.
- Eren S** (1999) Evaluation and Development of Methods of Improving Fasteners and Joints Performance in Wood Base Composite Case Furniture. Ph.D. Thesis, Purdue University, Department of Forest Product, West Lafayette, Indiana, USA.
- Erman B** (1974) *Nonlineer Ortotropik Malzemelerin Zamana Bağlı Davranışı*. İTÜ İnşaat Fakültesi, Boğaziçi Matbaası, İstanbul, 1-3 s.
- Eroğlu H** (1988) *Lif Levha Endüstrisi*, Trabzon.
- Ersoy HY** (2001) *Kompozit Malzeme*, Literatür Yayınları, İstanbul, 184-197 s.
- Fujimoto Y ve Mori M** (1983) *Performance of Wood Screw Joints for Particleboard*. Science Bulletin of the Faculty of Agriculture, 38(1): 45-47.
- Gawroński T** (2006) Rigidity-Strength Models and Stress Distribution in Housed Tenon Joints Subjected to Torsion, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, Wood Technology, Volume 9, Issue4.
- Göktaş O, Özen E, Çolak AM ve Günsel U** (2004) Ağaç levhalardan yapılan vidalı birleştirmeli rafların yüzeye dik (lateral) yük taşıma performansları. *Karaelmas Üniversitesi, Teknoloji Dergisi*, 7(3): 445-453.
- Gressel VP** (1972) The effect of time climate and loading conditions on the bending behavior of wood-base materials. Part III. Discussion of results. *Holz als Rohund werkstoff*, 30: 479.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Gustafsson SI** (1995) Furniture design by use of the finite element method, *Holz als Roh-und Werkstof*, 53(4): 257-260.
- Güntekin E** (1996) *Engineering Feasibility of Recyclable Space Board Panels in Construction of Case Furniture*. Master of Science, State University of Newyork of Enviromental Science Forestry.
- Güntekin E** (2003) Montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performansları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (2): 37-48.
- GüntekinE** (2004) Kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin sonlu elemanlar analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A,159-169
- Haygreen J, Hall H, Yang K ve Sawicki R** (1975) Studies of flexural and creepbehavior in particleboard under changing humidity conditions. *Wood and Fiber*, 7(2): 74-90.
- Hettich International** (2000) *Mobilya Aksesuarları ve Uygulamaları*, Almanya, p.49-58.
- Hurst K** (1999) *Mühendislik Tasarım İlkeleri*, Bileşim Yayın Evi, Ankara.
- İmirzi HÖ** (2008) Farklı Yapım Teknikleri Kullanılarak ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalar ile Üretilmiş Kutu Tipi Mobilyaların Mukavemet Özellikleri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD,45-192 s.
- İyüiş C** (2009) Kutu Mobilyaların Köşe Birleştirmelerinde Mukavemet Özelliklerinin Belirlenmesi ve Sonlu Eleman Benzetimiyle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 69 s.
- Jang S, Fujimoto Y ve Mataki Y**(1993) Viscous-viscoelastic models for creepof nailed joints. *Mokuzai Gakkaishi*, 39(4): 418-427.
- Jang S** (1995) Mechanical characteristics of dowel joints under cyclic loads. *Mogjae Ganghak-Journal of the Korean Wood Science and Technology*, (4): 91-95.
- Kasal A** (1998) Mobilya Masa Ayak-Kayıt Birleştirmede Köşe Takozunun Birleştirme Mukavemetine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 1-5 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kasal A** (2004) Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD,7-15 s.
- Kasal A** (2007) Bazı masif ve kompozit ağaç malzemelerin kavala tutma performanslarının belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, (22): 387-397.
- Kılıçalp H** (2007) Kutu Mobilyalarda Kullanılan Bazı Modüler Bağlantı Elemanlarının Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 18-83 s.
- Kotaş T** (1958) *A Design Manual for Case Furniture*, Furniture Development Council Pergamaon Press, New York, p.20-25.
- Lin TY** (1963)*Design of Prestressed Concrete Structures*, Second Edition Proffessor of Civil Engineering University of California.
- Lin SC ve Eckelman CA** (1987) Rigidity of furniture cases with various joint construction. *Forest Products Journal*, 37(1): 23-27.
- MacNealB ve FEA E**(1993) *Aguidetothefuture in what every engineer should know about finite element analysis*,Second edition. Marcel Dekker,Inc. NewYork. USA.
- Mostowski R ve Sydor M** (2006) Board Delamination with Edge Breakage As One of Failure Mechanisms in Semi-Rigid Corner Connections – Numerical Analysis,*47thInternational Conference of Departments of Design of Machine Elements and Mechanisms*.
- Nicholls T ve Crisan R** (2002) Study of the stres-strain state in corner joints and box type furniture using finite element analysis. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60: 66-71.
- Norvydas V ve Papreckis B** (2001) Influence of dowel diameter on the fracture moment of glued doweled joints.*Materials Science*, 7(3): 164-167.
- Norvydas V** (2004) Research and Evaluation of Strength and Fracture of the Doweled Furniture Joint. *Kaunas University of Technology Institute Kaunas*, Doctoral Disertation, p.4-8.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Oflazoğlu C** (2006) Mobilyada Mühendislik Tasarımına Yönelik Bilgisayar Yazılımlarının Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü ABD, 23-27 s.
- Önder N**(2003) Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Vidalı Köşe Birleştirmelerin Moment Taşıma Kapasitelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD,1-2 s.
- Örs Y ve EFE H** (1998) Mobilya tasarımında bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri.*Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 22: 21-27.
- Örs Y ve Keskin H** (2001) *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Kosgeb Yayınları, Ankara, 151-156 s.
- Örs Y, Efe H ve Kasal A** (2001) Kutu konstrüksiyonlu vidalı mobilya köşe birleştirmelerinde çekme direnci. *Politeknik Dergisi*, 4(4): 1-9.
- Örs Y, Efe H ve Kasal A** (2003) Kutu konstrüksiyonlu mobilyada dişli köşe birleştirmelerin eğilme direnci. *Politeknik Dergisi*, 6(2): 497-503.
- Özçifçi A, Altınok M ve Özen R** (1996) Kutu mobilyada bazı köşe birleştirmelerin mukavemet özelliklerine ait deneysel sonuçların istatistiksel analizi ve değerlendirilmesi. *Journal of Scientific Research Foundation*, 1(2): 63-70.
- Özçifçi A ve Doğanay S** (1999) Etiket yongalı levha (waferboard) ile doğu kayını ve ladin odunlarının vida ve çivi tutma dirençleri. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*,23(5): 1207-1213.
- Park HJ, Semple K ve Smith GD** (2006) Kutu konstrüksiyonda vidalı yongalevha birleştirmelerinin yük kapasiteleri üzerine vida diş şekli ve bağlantı tipinin etkisi. *Forest Product Journal*56(4): 44-48.
- Pfingsten OH** (1985) *Techinsches Zeichnen Für Hohberufe*. Sxhrocdel Schulbuschverlag GmbH, Hanover, p.51-71.
- Pierce CB, Dinwoodie JM ve Paxton BH** (1985) An improved model for prediction of creep deflection. *Wood Science and Technology*, 5(19): 83-91.
- Ping CL** (1995) Study on the strength of moltinject corner joints of furniture. *Forest Products Journal*, 53(6): 385-388.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Rajak ZA ve Eckelman CA**(1993) Edge and face withdrawal strength of large screws in particleboard and medium density fiberboard, *ForestProduct Journal*, 43(4): 25-30.
- Seco J ve Barra M** (1998) Long-term deformation of MDF panels under alternating humidity conditions. *Wood Science and Technology*, 6:43-57.
- Sliker A** (1970) Creep in nailed wood-metal tension joints. *Wood Science*, 3(1): 23-30.
- Smardzweski J ve Prekrad S** (2002) Stress distribution in disconnected furniture joints. *Wood Technology*, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities,5: Issue:2.
- Smardzewski J ve Ożarska B** (2005) Rigidity of Cabinet Furniture with Semi-Rigid Joints of the Confirmat Type. *Wood Technology*, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 8(2): 213.
- Şafak R** (2000)Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Mekanik Özellikler. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ABD, 12-15 s.
- Tankut AN ve Tankut N**(2000) General concept of engineering design furniture, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 3(1-2): 47-51.
- Tankut AN ve Tankut N**(2004) Effect of some factors on the strength of furniture corner joints constructed wood biscuits, *Turkish Journal Agriculture and Forestry*,28: 301-309.
- Tankut AN** (2005) Optimum dowel spacing for corner joints in 32 mm cabinet construction. *Forest Product Journal*, 55(12): 100-104.
- Tankut N** (2006) Moment resistance of corner joints connected with different RTA fasteners in cabinet construction. *Forest Product Journal*, 56(4): 35-40.
- Tankut AN ve Tankut N**(2009) Investigations the effects of fastener, glue and composite material types on the strength of corner joints in case-type construction. *Materials and Design* 30: 4175-4182.
- Tankut AN ve Tankut N**(2010) Evaluation the effects of edge banding type and thickens on the strength of corner joints in case-type furniture. *Materials and Design* 31: 2956-2963.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Taş HH** (2000) Ahşap Esaslı Levhalarda Köşe Birleştirme Tipi ve Tutkal Çeşidinin Diyogonal Basma ve Çekme Direncine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, 32-35 s.
- Topçu M ve Taşgetiren S** (1998) *Mühendisler İçin Sonlu Elemanlar Metodu*. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, Yayın No: 007, Denizli, 1-4 s.
- Tora SG** (2004) Strength and Construction Techniques for Kitchen Cabinet Back Panels. Unpublished MS Thesis, Purdue Univ, West Lafayette, p.7-15.
- Trinka M** (1989) Ready-to-Assemble Furniture; Marketing and Material Use Trends. *Forest Products Journal*. 40(3):34-35.
- TS EN 312-2**(1999) Yonga levhalar-özellikler-bölüm 2: kuru şartlardaki levhalar için şartlar. *TSE Standardı*, Ankara.
- TS 61** (1978) Ağaç vidaları, *TSE Standardı*, Ankara.
- TS 64-3 EN 622-3** (2005) Lif levhalar – özellikler-bölüm 3: orta set lif levhaların özellikleri. *TSE Standardı*, Ankara.
- TS EN 310** (1999) Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini, *TSE Standardı*, Ankara.
- TS EN 322** (1999) Ahşap esaslı levhaların deney parçasının, rutubet miktarının tayini, *TSE Standardı*, Ankara.
- TS EN 323** (1999) Ahşap esaslı levhaların deney parçalarının, birim hacim ağırlığının tayini, *TSE Standardı*, Ankara.
- TS EN 326-3** (2001) Ahşap esaslı levhalar, numune alma, kesme ve muayene, *TSE Standardı*, Ankara.
- Uysal B** (1999) Kenarları masifli ve masifsiz yongalevhada kavela çaplarının çekme direncine etkileri, H.Ü. Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, *I. Uluslararası Mobilya Kongresi*, Bildiri Kitabı, İstanbul, 484-490 s.
- URL-1**(2007) <http://www.ansys.com/customer/content/documentation/8/ansys/SOLID64.html> - 22k

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Yörür H** (2012) Ahşap Malzemedен Üretilen Köşe Birleştirmelerin Simülasyon (ANSYS) Ortamında Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, 1-3 s.
- Wan QL ve Eckelman CA** (1993) Effect of number of fastener on the strength of corner joints for cases. *Forest Products Journal*, 48(1): 93-95.
- Wasti ST** (1968) *Limit Analizi Yapılar İçin Plastik Hesap Metodu*. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 54-55 s.
- Zhang JL ve Eckelman CA** (1993) The bending moment resistance of single dowel corner joints in case construction. *Forest Product Journal*, 43(6): 19-24.
- Zhang JL, Quin F and Tackett B** (2001). Bending strength and stiffness of two pin dowel joints constructed of wood and wood composites. *ForestProduct Journal*, 51(2) : 29–35.
- Zhang JL, Erdil YZ ve Eckelman A** (2002) Torsional strength of dowel joints constructed of plywood and oriented strandboard. *Forest Product Journal*, 52(10): 89–94.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Zonguldak'ın Karabük ilçesinde doğan Abdurrahman KARAMAN, ilköğretimini Karabük'te tamamladıktan sonra liseyi Karabük Demirçelik Lisesi'nde 1989-1991 Eğitim-Öğretim döneminde tamamlamıştır; 1991 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Öğrenimine başladı; 1995 yılında öğrenimini tamamlayarak mezun oldu; 2002-2003 Eğitim-Öğretim yılında Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisansa başladı; 2005 yılının Ocak ayında yüksek lisansını tamamladı; 2005-2006 eğitim öğretim yılında Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora programını kazanmış olup halen Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora programına devam etmektedir. Yabancı dili İngilizce olan Abdurrahman KARAMAN evli ve bir çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Uşak Üniversitesi Banaz Meslek Yüksekokulu
Banaz/UŞAK

Cep Tel : 0506 24 21 67

e-posta : abdurrahman.karaman@usak.edu.tr