



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**Mühendislik Tasarımı Yöntemiyle Mobilya Kapak ve Çekmecelerinin Bazı
Mukavemet, Dayanıklılık, Stabilite ve Yorulma Parametrelerinin Analizi**

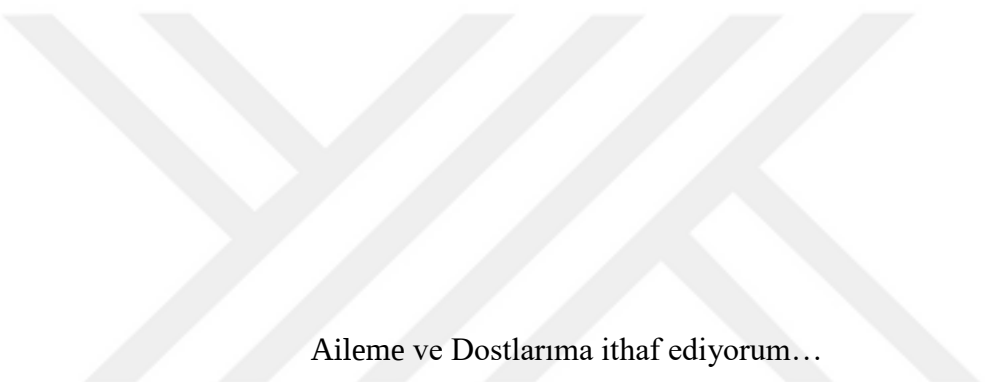
Sedanur ŞEKER

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi E. Seda ERDİNLER**

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Endüstri Mühendisliği, Doktora Programı

Aralık, 2023



Aileme ve Dostlarıma ithaf ediyorum...

BÜTÇE DESTEKLERİ

MÜHENDİSLİK TASARIMI YÖNTEMİYLE MOBİLYA KAPAK VE ÇEKMECELERİNİN BAZI MUKAVEMET, DAYANIKLILIK, STABİLİTE VE YORULMA PARAMETRELERİNİN ANALİZİ

Bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) 122O706 ve 123O226 numaralı TUBİTAK 1002-A ve 1002-B projesi ile desteklenmiştir.

TEŞEKKÜR

“Mühendislik Tasarımı Yöntemiyle Mobilya Kapak ve Çekmecelerinin Bazı Mukavemet, Dayanıklılık, Stabilitate ve Yorulma Parametrelerinin Analizi” isimli bu çalışma İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Endüstri Mühendisliği Programı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmış, TÜBİTAK 1002-A Hızlı Destek projesi kapsamında “Mobilyalarda Kapak Ve Çekmece Performans Parametrelerinin Analizi” ve 1002-B Hızlı Destek projesi kapsamında “Mobilya Ve Bağlantı Elemanlarında Tasarım, Parça Montajı Ve Simülasyon” ismiyle de doktora tezinin bir parçası olarak desteklenmiştir. Yapılan çalışmanın planlanmasında ve yürütülmesinde, doktora öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca, maddi ve manevi her konuda desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesini bana aktaran, önerileriyle çalışmalarımı yönlendiren danışmanım, hocam Dr. Öğretim Üyesi Emine Seda ERDİNLER’e, tezin yürütülmesinde ve sunumunda her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen jüri üyeleri Prof. Dr. Yusuf. Ziya ERDİL ve Prof. Dr. Nusret AS’a teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca birçok konuda destek aldığım İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Endüstri Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı öğretim üyeleri; Prof. Dr. K. Hüseyin KOÇ, Prof. Dr.Tuncer DİLİK, Doç. Dr. Ender HAZIR, Dr. Öğretim Üyesi Emel ÖZTÜRK, Doç. Dr. Erol İMREN’e desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Özellikle laboratuvar testlerim sırasında desteklerini esirgemeyen yüksek lisans öğrencimiz Yarkın Paşa KURT, mesai arkadaşlarım Araş. Gör. Fatih KURUL, Araş. Gör. Kemal PARLAK ve Araş. Gör. Alper Ertürk’e teşekkür ederim. Tüm deneyimini benimle paylaşan, kriz anlarında yardımlarını esirgemeyen hocalıktan çok abilik, ablalıklarını hissettiren Doç. Dr. Ender HAZIR, Dr. Öğretim Üyesi F. Diğdem TUNCER, Dr. Araş. Gör. Alper Gün ÖZTURNA’ ya, kadim dostlarım, her konuda yanımda olup destekleyen Sayıl YILMAZ ÖZTURNA, Çağla TURAN ve Kemal Turan’a, çalışmalarımdaya yapısal analizlerin hazırlanması ve çözümlenmesi konusunda bilgilerini paylaşan, deneyim ve desteklerini esirgemeyen Makine Mühendisi Doç Dr. Engin ERBAYRAK ve Anıl GÜDÜCÜ ’ye şükranlarımı sunarım.

Çalışmaların gerçekleştirilmesinde, Türkiye’nin önde gelen sayılı mobilya üreticisi DOĞTAŞ KELEBEK SAN. VE TİC. A.Ş.’nin AR-GE Müdürü Yüksek Ağaç İşleri Endüstri Mühendisi

Kadir YÜKSEL ve Üretim Müdürü Orman Endüstri Mühendisi Safa YILDIRIM ‘a sağladığı destekten dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca desteğini ve yardımlarını hiç esirgemeyen, varlığını hep yanımda hissettiğim sevgili annem Filiz ASLANTEPELİ, kardeşim Mimar Ayşegül ŞEKER ve diğer tüm aile fertlerine sonsuz şükranlarımı sunarım.

*“Binlerce kilometrelik yolculuk,
tek bir adımla başlar...”*

LAO TZU-(M.Ö.5.Yüzyıl-Antai Çin Filozofu)

Aralık 2023

Sedanur ŞEKER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	4
3. YÖNTEM.....	32
3.1. MATERYAL	32
3.1.1. Ahşap Esaslı Levhalar	32
3.1.1.1. Mobilya Yapımında Kullanılan Malzeme Özellikleri	32
3.1.2. Bağlantı Elemanları.....	33
3.1.2.1. Kabin bağlantı elemanları.....	33
3.1.2.2. Menteşe.....	34
3.1.2.3. Çekmece ray bağlantı elemanları.....	34
3.1.3. Diğer Yardımcı elemanlar	35
3.1.3.1. Komparatör	35
3.1.3.2. Deneylerde kullanılan mobilya kapak ve çekmece test cihazı	35
3.1.3.3. Deneylerde kullanılan ağırlıklar, deney düzeneği, torkmetre ve diğer yardımcı elemanlar	36
3.1.4. Deney Örneklerinin hazırlanması.....	37
3.1.4.1. Kabinlerin hazırlanması	37
3.1.4.2. Kapakların hazırlanması ve menteşe montajı	39
3.1.4.3. Çekmecelerin hazırlanması ve ray montajı	39
3.2. METOD	41
3.2.1. Levhaların Fiziksel- Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	41
3.2.1.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi.....	44
3.2.1.2. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	48
3.2.2. Mutfak Dolap Modellerine Uygulanan Laboratuvar Testleri	56
3.2.2.1. Kapak deneylerinin yapılışı	57
3.2.2.2. Çekmece deneylerinin yapılışı	61
3.2.3. Verilerin İstatistiksel Analiz ile İrdelenmesi.....	67

3.2.4. Mutfak Mobilyalarında Kapak ve Çekmece Testlerinin Sonlu Elemanlar Metoduyla Teorik Analizi	68
3.2.4.1. Kapaklı modüllerin analiz aşamaları	79
3.2.4.2. Çekmeceli modüllerin analiz aşamaları	86
4. BULGULAR	94
4.1. LEVHALARIN FİZİKSEL MEKANİK TESTLERİN AİT BULGULAR.....	94
4.2. KABİNLERE UYGULANAN LABORATUVAR TESTLERİNE AİT BULGULAR	98
4.2.1. Kapaklı Modüllerin Laboratuvar Testlerine ait Bulgular.....	99
4.2.2. Çekmeceli Modüllere Ait Bulgular	129
4.3. MUTFAK MOBİLYA MODELLERİNE UYGULANAN FEM SONUÇLARINA AİT BULGULAR.....	184
4.3.1. Kapak Testlerine Ait FEM Bulguları	184
4.3.2. Çekmece Testlerine Ait FEM Bulguları	191
5. TARTIŞMA.....	201
5.1. LEVHALARIN FİZİKSEL, MEKANİK TESTLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME	201
5.2. MUTFAK DOLAPLARINA UYGULANAN LABORATUVAR TESTLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME	203
5.2.1. Kapak Deneylerine İlişkin Laboratuvar Testlerinin Değerlendirilmesi	204
5.2.2. Çekmece Deneylerine İlişkin Laboratuvar Testlerinin Değerlendirilmesi	209
5.3. MUTFAK MOBİLYA MODELLERİNE UYGULANAN FEM SONUÇLARINA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME	213
5.3.1. Kapak Deneylerine İlişkin Analiz ve Testlerin Değerlendirilmesi	213
5.3.2. Çekmece Deneylerine İlişkin Analiz Testlerinin Değerlendirilmesi	224
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	240

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Mutfak mobilyalarında tercih edilen boyutlar [10].	6
Şekil 2.2: İç mekanlarda mobilya yapımında kullanılan MDF ve yonga levha ağaç malzemeler[25].	8
Şekil 2.3: Performans testi geliştirme kriterleri [97].	23
Şekil 2.4: (a). kapılarda maksimum sapma [65]; (b). mobilya kasası burulma yükleri[118] ; (c). mekanik özellerin sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplanması [119].	27
Şekil 2.5: (a). Japonya depremi simülasyonu [125]; (b). uçak kanadı simülasyonu [126]; (c). araba çarpışma testi simülasyonu[127].	29
Şekil 3.1: Örneklerin yapımında kullanılan ahşap esaslı malzemeler.	33
Şekil 3.2: Kabin bağlantı elemanları.	34
Şekil 3.3: Menteşe.	34
Şekil 3.4: Çekmece rayları.	35
Şekil 3.5: Diğer yardımcı elemanlardan komparatör.	35
Şekil 3.6: Deneylerde kullanılan cihazlar.	36
Şekil 3.7: Deneylerde kullanılan diğer yardımcı elemanlar.	37
Şekil 3.8: Paketli modül parçaları.	38
Şekil 3.9: Kabinlerin montajı.	38
Şekil 3.10: Kapaklı numunelere ait menteşe montajı.	39
Şekil 3.11: Kapaklı modüllerin laboratuvar testlerine hazır hale getirilmesi.	39
Şekil 3.12: Çekmece raylarının montajı.	40
Şekil 3.13: Çekmeceli modüllerin performans testlerine hazır hale getirilmesi.	40
Şekil 3.14: Fiziksel ve Mekanik Test Numunelerine ait (a). Standart Kesim Planı, (b). Çalışmada kullanılan levhaların kesim planı.	42
Şekil 3.15: Kondisyonlanmış test örnekleri.	43

Şekil 3.16: Levhaların Yoğunluğunun belirlenmesi.....	45
Şekil 3.17: Levhaların rutubet yoğunluğunun belirlenmesi için kurutulması.	46
Şekil 3.18: Levhaların Rutubet miktarının belirlenmesi.	47
Şekil 3.19: Numunelerin su tankına atılması.....	47
Şekil 3.20: Levhaların su alma miktarı ve kalınlığına şişme oranının belirlenmesi.....	48
Şekil 3.21: Deney numunelerinin hazırlanması.....	49
Şekil 3.22: Eğilme Direnci tayini (EN 310 ‘a göre).	50
Şekil 3.23: Standarta göre yük artışlarına karşılık gelen sehim artışı.	52
Şekil 3.24: Deney numunelerinin kesilmesi ve ölçülmesi.....	53
Şekil 3.25: Levha iç yapışma direnci deneyinin yapılması.	54
Şekil 3.26: Deneyde kullanılan vidalar.....	55
Şekil 3.27: Kalınlığı 15 mm’den Fazla Olan Levhalarda, Vida Tutma Kabiliyeti (mukavemeti) Deneyi Örneği (1 Bağlama tertibatı, 2 Deney Parçası, t deney parçasının kalınlığı, F kuvvet).	56
Şekil 3.28: Kapaklarda mukavemet-Dikey yükleme testi.	58
Şekil 3.29: Kapılarda yatay yükleme testi.	59
Şekil 3.30: Kapılarda hızlı açma kapama testi.	60
Şekil 3.31: Kapaklarda dayanıklılık testi.....	61
Şekil 3.32: Kapak test sonuçlarının kaydedildiği fişler.	61
Şekil 3.33: Çekmecede uzatma elemanı mukavemet testi.....	63
Şekil 3.34: Uzatma elemanları yer değiştirme testi.	64
Şekil 3.35: Çekmecede uzatma elemanları hızlı açma kapama testi.	65
Şekil 3.36: Çekmecelerde uzatma elemanlarında dayanıklılık testi.	66
Şekil 3.37: Çekmece test sonuçlarının kaydedildiği fişler.	66
Şekil 3.38: (a). Kapak (b).Çekmece modellerinin Solidworks programında modellenmesi.	71
Şekil 3.39: (a). Bağlantı elemanı ayrıntılı görsel, (b). Montajlama detayı, (c). Modelin son hali, (d). Deneylerde kullanılan modeli oluşturulmuş kapaklı kabin.	72

Şekil 3.40: (a). Bağlantı elemanı ayrıntılı görsel, (b). Montajlama detayı, (c). Modelin son hali, (d). Deneylerde kullanılan modeli oluşturulmuş çekmeceli kabin.	73
Şekil 3.41: Analiz için modelleri kontrol edilen (a). Kapaklı, (b). Çekmeceli modüller.	74
Şekil 3.42: Analizde kullanılan her bir malzemenin program içinde görünmesi.	75
Şekil 3.43: Modüllere uygulanan malzeme özelliklerinin analiz programına kaydedilmesi. ..	76
Şekil 3.44: Modüllerin FEM analizlerindeki mesh görüntüsü; (a). Kapak, (b). Çekmece.	78
Şekil 3.45: (a). Kavela birleştirmeler, (b).Menteşe birleştirmeler, (c).Torkun uygulandığı vida birleştirmeler.....	80
Şekil 3.46: Standarda uygun ağırlıkların uygulandığı ağırlık noktası.	81
Şekil 3.47: Kapak Test 1 için sınır koşullarının belirlenmesi.	82
Şekil 3.48: Kapak Test 2 için sınır koşullarının belirlenmesi.	83
Şekil 3.49: Test 3 harici birleştirmelerin gösterilmesi.....	84
Şekil 3.50: Kapak Test 3 için sınır koşullarının belirlenmesi.	84
Şekil 3.51: Elemanların tanımlanması.....	85
Şekil 3.52: Fatigue analizde tanımlanan kontaklar; (a). Alt menteşe, (b). Üst menteşe.....	86
Şekil 3.53: (a). Kavela birleştirmeler, (b). Ray birleştirmeler, (c). Çekmece altlığı ile kasanın birleştirmesi, (d). Torkun uygulandığı vida birleştirmeler.	87
Şekil 3.54: Standarda uygun ağırlığın uygulandığı yük noktası.....	88
Şekil 3.55: Çekmece Test 1 için sınır koşullarının belirlenmesi.	89
Şekil 3.56: Çekmece Test 2 için sınır koşullarının belirlenmesi.	90
Şekil 3.57: Çekmece Test 3 hızlı açma analizi için sınır koşullarının belirlenmesi.	91
Şekil 3.58: Çekmece Test 3 hızlı kapama analizi için sınır koşullarının belirlenmesi.....	92
Şekil 3.59: Fatigue analizde tanımlanan kontaklar; (a). Alt menteşe, (b). Üst menteşe.....	93
Şekil 4.1: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1; (a). U1 ve (b). U2' ye ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	100
Şekil 4.2: MDF malzemede U1 ve U2 sehim noktasında ağırlık-tork dağılımı, ağırlık*tork etkileşimi.	102
Şekil 4.3: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2' ye ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	104

Şekil 4.4: YL malzemede U1 ve U2 sehîm noktasında ağırlık, tork ve ağırlık*tork etkileşimi.	106
Şekil 4.5: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2: (a). U1 ve (b). U2 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	109
Şekil 4.6: MDF malzemede U1 ve U2 sehîm noktasında ağırlık, tork ve ağırlık*tork etkileşimi.	111
Şekil 4.7: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2; (a). U1 ve (b). U2 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	113
Şekil 4.8: YL malzemede U1 ve U2 sehîm noktasında ağırlık, tork ve ağırlık*tork etkileşimi.	115
Şekil 4.9: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3: (a). U1 ve (b). U2 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	118
Şekil 4.10: MDF malzemede U1 ve U2 sehîm noktasında ağırlık, tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	120
Şekil 4.11: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3: (a). U1 ve (b). U2' ye ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	123
Şekil 4.12: YL malzemede U1 ve U2 sehîm noktasında ağırlık, tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	125
Şekil 4.13: MDF kapakların Test 4 sonuçları.	126
Şekil 4.14: YL kapakların Test 4 sonuçları.	127
Şekil 4.15: Kapakların test bitimindeki son durumu; (a). MDF- 1,3N/m (b). MDF 0,63 N/m.	128
Şekil 4.16: Kapakların test bitimindeki son durumu; (a). YL- 1,3N/m (b). YL 0,63 N/m....	128
Şekil 4.17: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	131
Şekil 4.18: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	133
Şekil 4.19: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	136
Şekil 4.20: YL malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	138
Şekil 4.21: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2: (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	142

Şekil 4.22: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı, ve ağırlık*tork etkileşimi.	144
Şekil 4.23: YL türündeki çekmecerlere uygulanan Test 2; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	147
Şekil 4.24: YL malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	149
Şekil 4.25: MDF türündeki çekmecerlere uygulanan Test 3-hızlı açma; (a). U1, (b). U2 ve (c). U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	153
Şekil 4.26: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	155
Şekil 4.27: MDF türündeki çekmecerlere uygulanan Test 3-hızlı kapatma; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	158
Şekil 4.28: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	160
Şekil 4.29: YL türündeki çekmecerlere uygulanan Test 3-hızlı açma; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	163
Şekil 4.30: YL malzemede U1, U2, U3 sehîm noktasında a. ağırlık-tork dağılımı, b.ağırlık*tork etkileşimi.	165
Şekil 4.31: YL türündeki çekmecerlere uygulanan Test 3-hızlı kapama; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	168
Şekil 4.32: YL malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	170
Şekil 4.33: MDF türündeki çekmecerlere uygulanan Test 4: (a). U1, (b). U2 ve (c). U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	174
Şekil 4.34: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı, ve ağırlık*tork etkileşimi.	176
Şekil 4.35: YL türündeki çekmecerlere uygulanan Test 4: (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.	179
Şekil 4.36: YL malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.	181
Şekil 4.37: Çekmecelerin test bitimindeki son durumu; (a). MDF- 1,3N/m (b). MDF 0,63 N/m.	183
Şekil 4.38: Çekmecelerin test bitimindeki son durumu; (a). YL 1,3N/m (b). YL 0,63 N/m..	183

Şekil 4.39: (a). 25kg yüklemde 1,3 tork, MDF malzeme (b). 10kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 25kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 10kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.....	185
Şekil 4.40: (a). 80N yüklemde 1,3 tork, MDF malzeme (b). 50N yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 50N yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 80N yüklemde 0,63 tork YL malzeme.....	187
Şekil 4.41: (a). 6kg yüklemde 1,3 tork, MDF malzeme (b). 4kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 4kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 6kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.....	188
Şekil 4.42: Fatigue analiz sonucunda kapakta meydana gelen örnek sehîm görseli; (a).MDF, (b). YL.	189
Şekil 4.43: Fatigue analize ait strese bağlı bulgular; (a). MDF malzemeli kapaklar, (b). YL malzemeli kapaklar.....	190
Şekil 4.44: (a). 150N/2,5kg yüklemde 1,3 tork MDF malzeme (b). 250N/3,5kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 250N/3,5kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 150N/2,5kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.	192
Şekil 4.45: (a). 60N/3,5kg yüklemde 1,3 tork MDF malzeme (b). 80N/8kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 80N/8kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 60N/3,5kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.	194
Şekil 4.46: (a). 1,78kg yüklemde 1,3 tork MDF malzeme (b). 2,26kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 1,5kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 2kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.....	196
Şekil 4.47: (a). 2,6kg yüklemde 1,3 tork MDF malzeme (b). 3kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 3kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 2,6kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.....	197
Şekil 4.48: Fatigue analiz sonucunda çekmecede meydana gelen örnek sehîm görseli; (a).MDF, (b). YL.	198
Şekil 4.49: 2.5kg Fatig analize ait strese bağlı bulgular; a. MDF malzemeli kapaklar, b. YL malzemeli kapaklar.....	199
Şekil 5.1: MDF 1,3 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşedeformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşebağlantı elemanı, (f). Üst menteşebağlantı elemanı.	205
Şekil 5.2: MDF 0,63 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşedeformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşebağlantı elemanı, f. üst menteşebağlantı elemanı.	206
Şekil 5.3: 1,3 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşedeformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşebağlantı elemanı, (f). Üst menteşebağlantı elemanı.	207

Şekil 5.4: YL 0,63 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşe deformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşe bağlantı elemanı, (f). Üst menteşe bağlantı elemanı.	208
Şekil 5.5: 1,3 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, e. ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.	210
Şekil 5.6: MDF 0,63 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, (e). Ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.	210
Şekil 5.7: YL 1,3 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, (e). Ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.	211
Şekil 5.8: YL 0,63 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, (e). Ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.	211
Şekil 5.9: Test 1, MDF Kapak: 25kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 10kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	215
Şekil 5.10: Test 1, YL kapak: 25kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 10kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	216
Şekil 5.11: Test 2, MDF Kapak: 80N yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 50N yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	218
Şekil 5.12: Test 2, YL Kapak: 50N yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 80N yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	219
Şekil 5.13: Test 3, MDF Kapak: 6kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 4 kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	221
Şekil 5.14: Test 3, YL Kapak: 4kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış a. Gerçek deney sonucu b. FEM analiz sonucu, 6kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış c. Gerçek deney sonucu d. FEM analiz sonucu.	222
Şekil 5.15: Test 4-MDF ve YL Kapakların testte son durumu (a). Gerçek deney sonucu kırılan menteşe (b). FEM maksimum deformasyonun olduğu kısım, c. Maksimum deformasyonun olduğu ikinci kısım d. FEM sonuçlarında menteşenin son durumu.	223
Şekil 5.16: Test 1, MDF Çekmece: 150N/2,5kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 250N/3,5kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	226

Şekil 5.17: Test 1, YL Çekmece: 250N/3,5kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 150N/2,5kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	227
Şekil 5.18: Test 2, MDF Çekmece: 60N/3,5kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 80N/3,5kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	229
Şekil 5.19: Test 2, YL Çekmece: 80N/3,5kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 60N/3,5kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	230
Şekil 5.20: Test 3(açılma), MDF Çekmece: 2,6kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 3kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	232
Şekil 5.21: Test 3 (açılma), YL Çekmece: 3kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 2,6kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	233
Şekil 5.22: Test 3 (kapama), MDF Çekmece: 1,78kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 2kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	235
Şekil 5.23: Test 3 (kapama), YL Çekmece: 2kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 1,78kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.	236
Şekil 5.24: Test 4, MDF ve YL çekmecelerin testte son durumu (a). Gerçek deney sonucu (ön kapak) (b). Gerçek deney sonucu (altlık), (c). Gerçek deney sonucu (ray), (d). Gerçek deney sonucu (çekmece kasası), (e). Gerçek deney sonucu (ön kapak), (f). FEM sonuçlarında rayların son durumu, (g). FEM sonuçlarında ray aparatlarının son durumu.	237

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1: Fiziksel mekanik testlerin deney deseni.....	44
Tablo 3.2: Kapak testleri deney deseni.....	57
Tablo 3.3: Çekmece testleri deney deseni.	57
Tablo 3.4: FEM programı için kullanılan malzemeler.	75
Tablo 3.5: Kapak ve çekmece numunelerinde uygulanan sonlu elemanlar analizleri.....	77
Tablo 4.1: Levhaların Fiziksel Mekanik Testlerin ait İstatistik sonuçları.	94
Tablo 4.2: MDF malzemenin fiziksel mekanik testlerinin normal dağılım sonuçları.....	94
Tablo 4.3: Yonga levha malzemenin fiziksel mekanik test sonuçlarının normal dağılımı.	97
Tablo 4.4: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı istatistikler.	99
Tablo 4.5: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	101
Tablo 4.6: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	101
Tablo 4.7: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	102
Tablo 4.8: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2' ye ait tanımlayıcı istatistikler.	103
Tablo 4.9: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	105
Tablo 4.10: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	105
Tablo 4.11: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	106
Tablo 4.12: Test 1 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	107

Tablo 4.13: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı istatistikler.	107
Tablo 4.14: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	108
Tablo 4.15: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	110
Tablo 4.16: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	110
Tablo 4.17: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı istatistikler.	111
Tablo 4.18: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	112
Tablo 4.19: MDF ve YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	114
Tablo 4.20: MDF ve YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	114
Tablo 4.21: Test 2 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	115
Tablo 4.22: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2' ye ait tanımlayıcı grafikler.	116
Tablo 4.23: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	117
Tablo 4.24: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	119
Tablo 4.25: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları	119
Tablo 4.26: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2' Ye ait tanımlayıcı grafikler.	121
Tablo 4.27: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	122
Tablo 4.28: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	124
Tablo 4.29: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	124
Tablo 4.30: Test 3 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları...	125

Tablo 4.31: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı grafikler.	129
Tablo 4.32: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	130
Tablo 4.33: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	132
Tablo 4.34: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	132
Tablo 4.35: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	134
Tablo 4.36: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	135
Tablo 4.37: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	137
Tablo 4.38: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	137
Tablo 4.39: Test 1 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları...	139
Tablo 4.40: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	139
Tablo 4.41: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2-U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	141
Tablo 4.42: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	143
Tablo 4.43: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	143
Tablo 4.44: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 2: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	145
Tablo 4.45: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.	146
Tablo 4.46: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.	148
Tablo 4.47: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları. (burada da varyans analizinde farkın ankamsız olduğu durumda homojenlik testi yapılmış. Bence olmamalı	148

Tablo 4.48: Test 2 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	150
Tablo 4.49: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	151
Tablo 4.50: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	152
Tablo 4.51: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	154
Tablo 4.52: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	154
Tablo 4.53: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	156
Tablo 4.54: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapatma: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.	157
Tablo 4.55: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	159
Tablo 4.56: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	159
Tablo 4.57: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	161
Tablo 4.58: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma; U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	162
Tablo 4.59: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	164
Tablo 4.60: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	164
Tablo 4.61: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	166
Tablo 4.62: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.	167
Tablo 4.63: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı ağırlık kapama değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	169
Tablo 4.64: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı tork kapama değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	169

Tablo 4.65: Test 3 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları; açma testleri	171
Tablo 4.66: Test 3 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları; kapama testleri	171
Tablo 4.67: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı istatistikler.	172
Tablo 4.68: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.....	173
Tablo 4.69: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	175
Tablo 4.70: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	175
Tablo 4.71: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.	177
Tablo 4.72: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.....	178
Tablo 4.73: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	180
Tablo 4.74: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	180
Tablo 4.75: Test 4 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.	182
Tablo 4.76: MDF ve YL kapakların Test 1 Düşey Yükleme'ye ait FEM sonuçları.....	184
Tablo 4.77: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 2 (Yatay Yükleme) ait sonuçları.	186
Tablo 4.78: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 3 (Sert Açma-Kapama) sonuçları.	188
Tablo 4.79: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 1 (Uzatma elemanları mukavemet testi) sonuçları.	191
Tablo 4.80: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 2 (Uzatma elemanları yer değiştirme testi) sonuçları.	193
Tablo 4.81: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı kapama testi) sonuçları.	195
Tablo 4.82: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı açma testi) sonuçları.	196
Tablo 5.1: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 1 (Düşey Yükleme) sonuçlarının karşılaştırılması.....	214

Tablo 5.2: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 2 (Yatay Yükleme) sonuçlarının karşılaştırılması.....	217
Tablo 5.3: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 3 (Yatay Yükleme) sonuçlarının karşılaştırılması.....	220
Tablo 5.4: MDF ve YL Çekmecelere uygulanan Test 1 (Uzatma elemanları mukavemet testi) sonuçlarının karşılaştırılması.....	225
Tablo 5.5: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 2 (Uzatma elemanları mukavemet testi) sonuçlarının karşılaştırılması.....	228
Tablo 5.6: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı açma testi) sonuçlarının karşılaştırılması.	231
Tablo 5.7: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı kapama testi) sonuçlarının karşılaştırılması.	234

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

N	: Newton
mm²	: Milimetrekaare
mm	: Milimetre
g	: Gram
cm³	: Santimetreküp
cm	: Santimetre
m³	: Metreküp
kg	: Kilogram
MPa	: Megapascal
C	: Derece

Kisaltmalar	Açıklama
-------------	----------

AB	: Avrupa Birliği
MDF	: Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluklu Lif Levha)
YL	: Yonga Levha
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ANSI	: American National Standards Institute (Amerikan Standartlar Enstitüsü)
FEM	: Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Yöntemi)
BS-EN	: British Standard Institute (İngiliz Standartları Enstitüsü)
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

ÖZET

[DOKTORA TEZİ]

[MÜHENDİSLİK TASARIMI YÖNTEMİYLE MOBİLYA KAPAK VE ÇEKMECELERİNİN BAZI MUKAVEMET, DAYANIKLILIK, STABİLİTE VE YORULMA PARAMETRELERİNİN ANALİZİ]

[Sedanur ŞEKER]

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı Adı

Orman Endüstri Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

[Danışman : Dr. Öğr. Üyesi E. Seda ERDİNLER]

Mobilyalar iç ve dış mekanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca mutfak, banyo, çocuk, genç, oturma odası gibi türde mobilya gruplarına ayrılmaktadır. Mobilyalar kullanım durumunda birçok darbe, ağırlık, yük gibi eylemlerden etkilenmektedirler. Bu yüzden zaman içerisinde deforme olarak kullanım ömrünü tamamlamaktadır. Bu eylemlerin hangi deformasyonları, hangi tip mobilya ve mobilyanın hangi alanında meydana getirdiğini araştırıp, kategorize etmek gerekmektedir.

Bu çalışmada; mutfak mobilyalarında bulunan kabin tipi dolap kapaklarının ve saklama alanı olarak kullanılan çekmece altlıklarının ve birleştirmelerin (ön, sol-sağ yan ve arka parçaların birleşim noktaları) yük altındaki mekanik davranış özelliklerini ilgili standartlar (BS EN 16122) ışığında incelemek, sanal ortamda modellemek, standarda uygun testlerini yapmak ve sonlu eleman yapısal analiz programları ile davranışlarının ne kadar yaklaşıklıkla temsil edilebileceğini belirlemek amaçlanmıştır.

Bu amaçla büyük ölçekli bir firmada müşterilerin en çok tercih ettiği mutfak modelinin alt modülünü oluşturan kapak ve çekmece çalışma kapsamına alınmıştır Çalışmanın ilk

aşamasında mobilyaların yapılacağı orta yoğunluktaki lif levha (MDF) ve yonga levhaların (YL) fiziksel (yoğunluk, rutubet, su alma kalınlığına şişme) ve mekanik (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, dik yönde çekme, vida tutma) özellikleri tespit edilmiştir. Özellikleri belirlenen bu levhalar mutfak mobilyasını oluşturan kabin, kapak ve çekmece parçaları olarak ebatlandırılmıştır. Ebatlanan mobilya parçalarının tamamı belirlenen vida torku seviyesinde (1,3-0,63 N/m) birleştirilerek testlere hazırlanmıştır. İkinci aşamada kapak testleri (düşey yükleme, yatay yükleme, hızlı ama-kapama, dayanıklılık) ve çekmece testleri (uzatma elemanlarında mukavemet, yer değiştirme, hızlı açma-kapama, dayanıklılık) standarda uygun şekilde 4 farklı bölümde gerçekleştirilerek, yer değiştirme (sehim) deformasyon değerleri hesaplanmıştır. Son aşamada ise örnekleri oluşturan tüm parçalar (kabin, kapak, çekmece, bağlantı elemanları) tasarım ve montaj (SolidWorks) programında üç boyutlu modellenerek montajlanmıştır. Modellenen modüller gerçek deneylerde yapılan testlere en yakın şekilde oluşturularak, nümerik çözümleri için sonlu elemanlar yönteminden (ANSYS Workbench 21) yararlanılmıştır.

Sonuçlara göre çalışmanın ilk aşamasında; yonga levha ve MDF malzemenin yoğunluk ($0,63 \text{ kg/m}^3$, $0,75 \text{ g/cm}^3$), rutubet (%7,8, %5,8), su alma kalınlığına şişme (%16,4, %5,4), eğilme direnci ($13,9 \text{ N/mm}^2$, $29,4 \text{ N/mm}^2$), eğilmede elastikiyet modülü (6083 N/mm^2 , 6129 N/mm^2), iç yapışma direnci ($0,32 \text{ N/mm}^2$, $0,40 \text{ N/mm}^2$), vida tutma direnci (1092 N/mm^2 , 1561 N/mm^2) gibi fiziksel mekanik özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada gerçekleştirilen gerçek deney sonuçlarına göre kapak deneylerinde 1,3 N/m tork kullanılarak montajı yapılan MDF ve YL malzemeden yapılan kapakların 0,63N/m ile montajlananlara göre daha az deforme olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tüm testlerde MDF kapaklar YL kapaklara göre daha dayanıklı olduğu, çekmece deneylerinde de durumun değişmediği görülmüştür. Deney sonuçları; tork, malzeme ve tork*malzeme değişkenlerinin her test için ayrı ayrı anlamlılık düzeyleri istatistiksel olarak da incelenmiştir. Son aşamada gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizi ve gerçek deney sonuçlarına göre; kapaklarda uygulanan Düşey yükleme analizi gerçek deneyler ile %85, Yatay yükleme %84, Hızlı Açma-Kapama %50 örtüştüğü tespit edilmiştir. Kapaklar gerçek deneylerde son aşama dayanıklılık testini geçememiş, analiz sonuçlarında da deformasyon bölgelerinin aynı olduğu ortaya konmuştur. Çekmecelerde ise; sanal analizlerde mukavemet %85, Yer Değiştirme %84, Hızlı Açma-Kapama %94 oranında temsil edilmiştir. Çekmeceler gerçek deneylerde dayanıklılık testini tamamlamış, analizlerde ise büyük gerilmelerde oluşan deformasyonun aynı bölgelerde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen mühendislik tasarımı metodolojisi sayesinde, uygulanan tasarım, modelleme ve yapısal analizler mobilya daha üretilmeden tasarımcılara üreticiler ve mühendislere sayısal verilerin sağlanabileceği kanıtlanmıştır. |

Aralık 2023 , [284.] sayfa.

Anahtar kelimeler: [mobilya, sonlu elemanlar analizi, mühendislik tasarımı, performans testleri, kapak, çekmece |



ABSTRACT

Ph.D. THESIS

**ANALYSIS OF SOME STRENGTH, DURABILITY, STABILITY AND FATIGUE
PARAMETERS OF FURNITURE DOORS AND DRAWERS USING ENGINEERING
DESIGN METHOD**

Sedanur SEKER

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Industry Engineering

Programme of Forest Industry Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. E. Seda ERDINLER

Furniture is used both indoors and outdoors and is categorized into various groups such as kitchen, bathroom, children's, youth, and living room furniture. During use, furniture is subjected to various forces, including impacts, weight, and loads, which can affect its performance and durability. Consequently, it gradually deforms over time, ultimately reaching the end of its operational lifespan. Therefore, it is necessary to comprehensively classify the deformations caused by these actions, specifying the affected areas within the different types of furniture.

This study aims to investigate the mechanical behavior properties of cabinet-type cabinet doors in kitchen furniture and drawer bottoms and joints used as storage areas (the joints of the front, left-right side, and rear parts) under load in accordance with relevant standards (BS EN 16122). Additionally, it aims to model them using the SolidWorks design program to determine how

accurately the behavior can be represented through experimental (real) and finite element structural analysis programs.

For this purpose, the door and drawer, which constitute the sub-module of the kitchen model most preferred by customers in a large-scale company, were included in the scope of the study. In the first stage, the physical (density, moisture, swelling due to water intake, thickness) and mechanical (bending resistance, modulus of elasticity in bending, vertical pulling, screw retention) properties of medium-density fiberboard (MDF) and particle board (PB) boards from which the furniture will be made were determined. The boards were sized as the cabinet, door, and drawer parts that make up the kitchen furniture. Sized furniture parts were assembled at the determined screw torque level (1.3-0.63 N/mm²) and prepared for tests. In the second stage of the study, door tests (vertical loading, horizontal loading, slam shut, durability) and drawer tests (strength, displacement, slam shut, durability in extension elements) were performed in four different sections. Displacement (deflection) and deformation values were measured. In the final stage, all the parts that make up the samples (cabinet, door, drawer, fasteners) were three-dimensionally modeled and assembled in the design and assembly program (SolidWorks). The modeled modules were created similar to the tests performed in real experiments, and the finite element method (ANSYS Workbench 21) was used for numerical solutions.

In the first stage of the study, values such as density (0.63 kg/m³, 0.75 kg/m³), moisture (7.8%, 5.8%), swelling due to water absorption thickness (16.4%, 5.4%), bending resistance (13.9 N/mm², 29.4 N/mm²), modulus of elasticity in bending (6083 N/mm², 6129 N/mm²), tensile strength in the vertical direction (0.32 N/mm², 0.40 N/mm²), and screw holding resistance (1092 N, 1561 N) for PB and MDF were determined. According to the actual test results carried out in the second stage, it was determined that the doors assembled using a torque of 1.3 N/m in the door tests were less deformed than those assembled with 0.63 N/m. Additionally, throughout the tests, it was observed that MDF doors were more durable than PB doors, and the situation did not change in the drawer tests. Experiment results; the significance levels of the torque, material, and torque*material variables were also statistically investigated and proven separately for each test. According to the finite element analysis and real test results carried out in the last stage, it has been determined that the vertical loading analysis applied on the doors coincides with the real experiments by 85%, horizontal loading by 84%, and slam shut by 50%. The doors did not pass the final stage durability test in real experiments, and the analysis results revealed that the deformation areas were the same. In the drawers; strength 85%, displacement

84%, and slam shut 94% overlap are represented. The drawers completed the durability test in real experiments, and in the analysis, it was determined that the deformation that occurred under high stresses was in the same areas.

According to the results, it has been proven that through the engineering design methodology carried out within the scope of the study, numerical data can be provided to designers, manufacturers, and engineers through design, modeling, and structural analyses before the furniture is even produced. |

December 2023, [284] pages.

Keywords: | furniture, finite element analysis, performance tests, door, drawer, engineering design method|

1. GİRİŞ

İç mekân kurgusunda mobilya, insanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak ve mekânın iç düzenini sağlamak için yerleştirilen öğedir. Bu sebeple iç mekân tasarımı ile yakından ilişkiye sahiptir. Ching [1]'e göre mobilya, mimari ve iç mekân kullanıcıları arasında aracı olarak görev yapar. Mekân ve kullanıcı arasında biçim ve ölçek açısından bir iletişim sağlar ve iç mekân etkinliklerine konfor katıp bu mekânları daha kullanışlı hale getirir. Donatı ve aksesuarlar mekanın tasarlanmasında duvarlar, döşemeler, pencereler ve kapılar gibi yapısal bileşenler kadar etkin rol oynarlar [1].

Mutfak mobilyaları, genelde sabit mobilya, masa, sandalye ve tabureden oluşan mobilya grubudur. Modern mutfakta standartlara uygun donatım elemanları ve araçlar duvara bitişik bir şekilde düzenlenirler. Tasarım, üretim ve kullanım bütünlüğüne göre grup mobilyalar veya modüler mobilyalar olarak bilinmektedir. Kullanım eylemlerine göre sabit ve hareketli mobilyalar olarak bilinmekte olup, genel konstrüksiyon türüne göre ise kabin tipi mobilyalar arasında tanımlanarak literatürde yer aldıkları görülmektedirler [2].

Bir mobilya tasarlanırken dikkate alınması gereken üç temel tasarım alanı vardır. Bunlardan birincisi fonksiyonelliğe bağlı olan tasarım, mobilyanın ne işe yarayacağını, mobilyadan beklenen temel yararların ne olduğunun belirlenmesidir. İkinci olarak, estetik tasarım ise, ilgili modanın veya kültürün etkisinde, ayrıca kullanıcı talepleri de dikkate alınarak mobilyada biçim, form, doku, renk vb. hususların tasarlanmasını konu edinen sanatsal bir çalışmadır. Üçüncü ve son tasarım alanı olarak mühendislik tasarımı, mobilyada ergonomik kriterlerin, kullanılan malzemelerin, yapım tekniklerinin ve üretimde kullanılan teknolojilerinin optimum şekilde belirlenmesi işlemleridir. Mobilya üretiminde genel olarak, kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon tipi kullanılmaktadır. Üretimde tablaların kullanıldığı mobilyalar kabin (panel) tipi, masif çerçevelerin yer aldığı mobilyalar çerçeve (iskelet) tipi, her iki eleman tipinin de kullanıldığı mobilyalar ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak isimlendirilmektedir [3].

Mühendislik tasarımı, kullanılan malzeme özelliklerinin, mobilyada ergonomik faktörlerin, üretim teknolojilerinin, konstrüksiyonların/bağlantıların (yapım teknikleri, bağlantı elemanları)

optimum şekilde belirlenmesi işlemlerini kapsamaktadır. Mühendislik tasarımı, estetik, ekonomik ve teknik konuların ideal arakesitinde oluşan ürün tasarımlarının gerçekleştirilebilmesi açısından önemli olmakla birlikte bilimsel esaslara dayalı olarak yapılmalıdır. Mobilya mühendisliği süreci, mobilyanın üretimde kullanılan malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ile başlamaktadır. Daha sonra mobilya elemanlarının birbirlerine bağlanmasında uygulanan birleştirmelerin ve bu birleştirme noktalarında kullanılan bağlantı elemanlarının özelliklerinin belirlenmesi ile devam ederek son olarak da mobilyanın performans testlerinin gerçekleştirilmesi olarak özetlenebilir. [4].

Performans deneyleri, mobilya ürün mühendisliğinin aşamalarından biridir. 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 belirleyebilmek veya sayısal ölçümler elde edebilmek için uygulanan hızlandırılmış kullanım deneyleri olarak tanımlanabilir [5].

Sonlu elemanlar modeli bir mühendislik tasarım ürünüdür. Bu kavram günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle farklı disiplinlerde kullanılmaya başlanmıştır. Lotake ve Mulani [6] farklı malzemelerle bağlantı yolu yaptıkları çalışmalarında, Sudarshan ve Roy [7] silindir kafası bloğu kullanarak termal analiz yaptıkları çalışmalarında, Bhowmik ve Chakraborti [8] kompozit güç iletim kulesindeki elektriğin, dinamik analizini yaptıkları çalışmalarında sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. Eckelman ve Hill [9] yaptığı bir çalışmada mobilyanın mühendislik tasarımını, aşağıda belirtilen safhalardan oluşan bir işlemler süreci olarak özetlemiştir;

- Muhtemel yüklerin analizi: Mobilyanın kullanım esnasında üzerine alacağı yüklerin kararlaştırılması,
- Elemanların muhtemel ölçülerinin belirlenmesi ve deney düzeninin hazırlanması: söz konusu yükleri taşıyacak elemanların ya da parçaların tahmini ölçülerinin çıkarılması ve bir deneme düzeninin hazırlanması,
- Yük altındaki elemanda oluşan, iç kuvvetlerin büyüklük ve dağılım analizi: Deneydeki mobilya ve elemanın (dış kuvvetlerin etkisi altında iken oluşan) iç kuvvetlerinin büyüklük ve analizlerinin yapılması,

- İç gerilmelerin optimizasyonu: Gerekli olması durumunda; deney prosedürünün tekrar düzenlenmesi ve hiçbir parçada gereğinden fazla zorlanma (gerilme) kalmayınca kadar işlemlerin tekrar edilmesi,
- Güvenilir bir konstrüksiyon (birleştirme) tasarımı: Mobilyanın kullanım esnasında üzerine alacağı dış yükler ile bu yüklerin meydana getireceği iç gerilmeleri güvenle taşıyacak bir konstrüksiyonun (birleştirmenin) tasarımı [9].

Bu çalışmada uygulanan mekanik yorulma testleri ve yapısal analizler hem tasarımcılara hem de üreticiler ve mühendisler mobilya daha üretilmeden sayısal veriler temin edecek olup mobilya performans testlerinin minimum düzeye indirilerek malzeme kullanımı ve süreçlerin planlanması konularında verimliliği arttıracaktır.

Çalışmada amaç; mutfak mobilyalarında bulunan kabin tipi dolap kapaklarının ve yüklük olarak kullanılan çekmece altlıklarının ve çekmece birleştirmelerin (ön, sol-sağ yan ve arka parçaların birleşim noktaları) yük altındaki mekanik davranış özelliklerini ilgili standartlar ışığında incelemek, deneysel (gerçek) ve sonlu eleman yapısal analiz programları ile davranışlarının ne kadar yaklaşıklıkla temsil edilebileceğini araştırmaktır. Gerçek veriler ile analiz verilerin ortak çıkması yapılan tekrarların simülasyon ortamında daha hızlı ve kolay yapılmasına da olanak sağlayacaktır. Bu da maliyetlerden ve zamandan tasarrufa sebep olacaktır.

Çalışmanın temel hipotezi, ilgili standartlara uygun şekilde test edilen kapak ve çekmecelerdeki sehim verilerinin sonlu elemanlar analizi ile yaklaşık olarak tespit edilebileceğidir.

H_0 : İlgili standartta (BS EN 16122) test edilen kapaklarda; kapak açısı, malzeme türü, uygulanan ağırlık ve kapağın açık ya da kapalı olması durumu sehim üzerinde etkisi yoktur

H_0 : İlgili standartta (BS EN 16122) test edilen çekmecelerde malzeme türü, test yükü faktörlerinin sehime etkisi yoktur.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Mobilya, konut içi ve dışı mekanların döşemesi için tasarlanmış, insanların günlük yaşamlarındaki rutinlerini devam ettirebilmek için olmazsa olmaz nesnelerdir. Diğer kullanılan araçların yanı sıra, depolama, çalışma, yemek yeme, oturma, uzanma, uyuma ve dinlenmeye hizmet eden nesnelerdir. Mobilyalar tek tek veya takımlar halinde kullanılabilir.

Bir mobilya takımı, genellikle farklı özelliklere sahip, ancak benzer bir amaca hitap eden, aynı veya çok benzer estetik forma sahip bir eşya koleksiyonudur. Bir süitin karakteristik bir özelliği, tek tek mobilya parçalarının farklı ama mantıklı kurallara göre birleştirilebilmesidir. Süitleri tamamlamak için en sık; malzeme türü, ahşap türleri, yüzey kaplama türü, mobilyaların kullanım yeri ve mobilyaların yapıldığı tarihi dönem veya stilistik olarak hangi döneme atıfta bulunduğu kriterleri benimsenmektedir. Bir salon takımı, iki veya üç koltuk, iki adet ikili kanepeler veya iki adet köşe açılır kanepeden oluşabilir. Bir eşya dolabı, elbise dolabı, kütüphane kitaplığı, bar ve camlı dolap olabileceği gibi, şifonyer, şifonyer, camlı dolap ve dolaptan da oluşabilir. Yemek odası için bir süit, bir şifonyer, dolap, yemek masası, sandalyeler ve yan sehpa içerebilir. Bir mutfak takımı genellikle üst ve alt dolaplardan veya gömme dolaplardan oluşur, ancak bir masa ve sandalyeler, büfe veya bar ile desteklenebilir. Bir ofis mobilyası takımı, bir dizi dosya dolabından, dosyalar için raflardan, sürgülü panjurlu dolaplardan, sandalyeli çalışma masalarından ve bölme duvarlarından oluşabilir. Aynı zamanda bir mobilya takımı hem bireysel mobilya parçalarını hem de mobilya takımlarını içerebilir. Takım oluşturan mobilyalar, süitlerde yer alan mobilyalardan farklı olarak farklı amaçlara, farklı estetik ve yapısal biçimlere sahip olabilir. Ancak, yeterince uyumlu koleksiyonlarda gruplandırılabilirler. Bir takımın karakteristik bir özelliği, bireysel mobilya parçalarının veya süitlerin birbirinden bağımsız olarak yaratılmış olması ve bir tasarımcının veya tasarımcı ekibinin tutarlı bir fikrinin ürünü olmamasıdır [10].

Ormancılık sektöründe ahşap mobilya değer zinciri içinde önemli yerdedir. Kesilen tomrukların birincil girdilerini makine sektöründe sağlayan hızarhaneye gitmektedir. Oradan biçilmiş kereste, sırasıyla makine, yapıştırıcı ve boya endüstrilerinden girdiler elde eden ve aynı zamanda hizmet sektöründen tasarım ve markalama becerilerini kullanan mobilya üreticilerine taşınmaktadır. Hangi pazara hizmet edildiğine bağlı olarak, mobilya daha sonra çeşitli ara

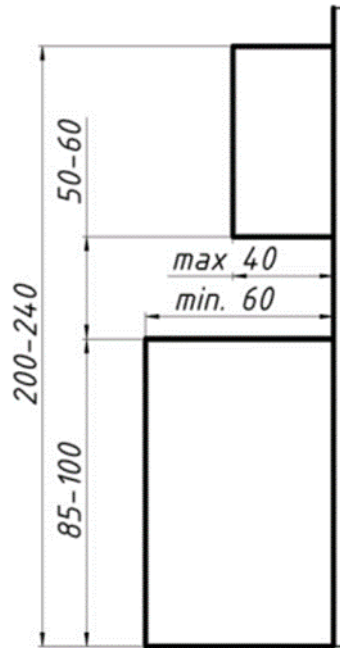
aşamalardan geçerek nihai müşteriye ulaşır. Tüketici; kullanımdan sonra ömrünü tamamlayan mobilyanın geri dönüşümünü sağlar veya çöpe atar. Mobilya endüstrisi, her biri farklı pazar segmentlerine sahip farklı ürün gruplarına bölünmüştür. Harmonize Ürün Sınıflandırma Sistemi, mutfak mobilyaları, ofis mobilyaları, yemek/oturma ve mağaza mobilyaları ve yatak odası mobilyaları ile plastik ve metal mobilya ve mobilya parçaları olmak üzere dört ahşap ürün grubuna ayrılmaktadır. Bu ürün grupları zanaat ve toplu üretilen ürünler veya yüksek ve düşük fiyatlı pazar ürünleri arasında farklılık göstermemektedir[11].

Mobilya tarihi, tarihin yalnızca bir yönüdür ve bu geniş yelpaze içinde, tasarım tarihinin büyüyen konusunun bir parçasını oluşturur. Kronolojik olarak yapılan en eski parçalardan günümüze kadar uzanan mobilya tarihine yönelik çeşitli yaklaşımlar vardır: bu nedenle, futbol stadyumları için seri üretilen plastik oturma yerlerinin yanı sıra eski söğüt sandalyeleri de içerir. Rus serflerinin mütevazı yatak ve masalarından İmparatoriçe Catherine tarafından ithal edilen özenle hazırlanmış kakma dolaplara kadar toplumun tüm kesimleri için yapılmış mobilyaları kapsar. Konunun coğrafi yayılımı dünya çapındadır, ancak İngilizce olarak yayınlanan çalışmaların çoğunun Avrupa ve ABD'de yoğunlaştığı bilinmektedir. Ayrıca, Avrupa sanat tarihi çalışmaları geleneğinde, esas olarak Rönesans'tan sonraki döneme odaklanılmaktadır[12]. Türkiye mobilya kullanımı; Osmanlı döneminde masa, sandalye raf gibi çeşitlerine rastlanırken, II. Abdülmecid döneminde batı politikası ile birlikte artış göstermiştir. Bunun en bariz örneğini Dolmabahçe Sarayı'nda mekan düzenlemesi ve mobilya seçiminde görmek mümkündür. Topkapı sarayı Doğu'daki geleneksel yörük kültürünü yansıtırken, Dolmabahçe sarayı rokoko ve barok batı kültürünü yansıtmaktadır[13].

Tarihsel olarak en eski mutfak dolabını yapma; kutu önüne bir çerçeve ekleme metodundan ibarettir. Kontrplağın kullanıldığı ilk zamanlarda kutu mobilya yapmak için bu tek yöntemdi. Kutular arkalıksız yapılarak duvara bağlanmaktaydı. Ön çerçeveli kutular, yatay kayıt ve dikmelere sahip olup en yaygın kullanılan metottu. Genellikle çerçeveler masif ahşap malzemeden yapıp birbirlerine zıvanalı ya da kavelalı birleştiriliyorken, çerçevesiz kutular normal olarak kenar levhalarına alt ve üst levhaları bağlamak için kavelalı birleştirilmekteydi. Çerçeveli kabinler bir tutkal ve yaygın olarak tel çiviler kullanılarak birleştiriliyorken, kutunun bütününde sağlamlığa katkıda bulunmak için panel kenarları genellikle düz, lambalı kınışlı birleştirmeler ile yapılmaktaydı. Nakledilmeden önce çerçeve kutular genellikle iş yerlerinde monte edilerek gönderilmekteydi [14]. İki konstrüksiyon sisteminin her biri yapısal bütünlük işlemleri ve müşteri kabulü bakımından dezavantaj ve avantajlara sahipti. Avrupa'da

çoğunlukla çerçevesiz kutuların üretilmesine karşın çerçeveli kutular Amerikan firmalarında daha çok tercih edilmekteydi [15].

Şekil 2.1 mutfak mobilyalarının tercih edilen boyutlarını göstermektedir. Alt dolapların tezgah yüksekliğinin, yemeklerin rahat bir şekilde hazırlanmasını sağlayacak şekilde kullanıcının yüksekliğine göre ayarlanması önerilmiştir. Bu genellikle 70 ila 90 cm arasındadır. Bununla birlikte, alt dolapların optimum yüksekliği yapılan işin türüne göre değişir. Ocağın yüksekliği 70 cm'den az olmamasını, tencere yerleştirmek için tezgahlar biraz daha yükseğe yerleştirilmesini (80 cm) ve yemek hazırlamak için tasarlanan tahtalar en yüksek, hatta 100 cm olduğu belirlenmiştir. Mutfakta çalışma alanları net bir şekilde ayrılmamışsa ve tezgah sadece bulaşıkları bir kenara koymakla kalmıyor, aynı zamanda yemek hazırlamak için de kullanılıyorsa, tüm yüzeyler aynı yükseklikte tasarlanmalıdır. PN-EN 1116:2005 normuna göre alt dolapların çalışma yüksekliği aşağıdaki standart yüksekliklerden biri ile uyumlu olmalıdır: 85 (+5) cm, 90 (+5) cm ve 100 (+5) cm. Bununla birlikte, sabit çalışma yüzeylerinin sağlanan yüksekliklerinden bağımsız olarak, 70-80 cm yükseklikte uzatılan alt yüzeyler ek olarak arzu edilir [16]. Asma dolapların standardın tavsiyelerine göre derinliği 40 cm'yi, tezgah derinliği ise bitirme dar düzlemleri ve duvara sabitleme elemanları ile birlikte 60 cm'den az olmamalıdır. Bu boyut, duvar dolaplarının derinliği ve askı yüksekliğinden önemli ölçüde etkilenir. Şekil 2.1 alt ve üst dolapların derinliğine bağlı olarak tezgahın kullanılabilirliğini göstermektedir [10].



Şekil 2.1: Mutfak mobilyalarında tercih edilen boyutlar [10].

Araştırmacılar Türk mutfak mobilyası üreticileri üzerinde yaptıkları bir çalışmada anket sonuçlarını uluslararası mutfak trendleri çerçevesinde değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak Türkiye genelinde mutfak alanlarının dağılımına göre en çok tercih edilen mutfak alanının 8 ile 11 m² arasında olduğu görülmüştür. Mutfak mobilyası sektöründe tercih edilen gövde malzemesine göre %61,8 oranında mutfak dolabı imalatında MDF kullanım eğilimi gözlenmiştir[17].

Mutfak dolabı tercih edilen gövde ölçüleri hem üst hem de alt dolapların genişlik ve yükseklik tercihleri dikkate alınarak belirlenirken, 61-90 cm ebatları hem üst hem de alt dolaplarda en çok tercih edilen ölçüler olarak gözüktü. Boylarına göre ise 72 cm bedeninin en çok tercih edilen beden olduğu tespit edildi. Kiler dolapları arasında en çok tercih edilen ölçü 60 cm'den küçük olarak belirlenirken, yüksekliğinin 200 cm'den büyük olduğu ortaya çıktı. En çok tercih edilen mutfak mobilyası taban 12 cm olarak tespit edilmiştir [17].

Mobilya sektörü teknolojiye paralel olarak kendisini sürekli geliştirmektedir. Dolayısıyla üretimi kolay olmayan, yüksek maliyetli ürünlerine rağmen her geçen gün ortaya çıkan yeni tasarım ve ürün modellerinin geliştirilmesiyle birlikte daha çok talep gören bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır [18]. Mobilya sektörü birçok sektör ile yakın ilişki içerisinde olduğundan ülke ekonomilerinde lokomotif bir sektör olarak kabul edilmektedir. Bu sektör tarafından oluşturulan, istihdam, katma değer, ihracat, ticaret hacmi, ekonomik büyüme ve vergi geliri gibi faktörler sektörün ülke ekonomisindeki önemini artırmaktadır [19].

Artan rekabet karşısında dünya standartlarında ve ekonomik ölçekte üretim yapan tesisler kurulmuş ve bayilik teşkilatlarıyla mobilyacılık sektörü, bütün ülkelerin dış ticaretinde önemli kalem olan büyük bir sektör konumuna gelmiştir [20]. Akbal [21] yaptığı araştırmaya göre, Dünya mobilya ihracatı incelendiğinde %31'lik oranla Çin ilk sıradır. Çin'i sırasıyla Almanya %10, İtalya %7, Polonya %5, ABD %5 ve Kanada %2'lik oranlarla izlemektedir. Türkiye mobilya ihracatında 15. sırada yer almaktadır. Dünya mobilya ithalatının yaklaşık %50'sini sırasıyla ABD %23, Almanya %10, Fransa %6, Birleşik Krallık %5 ve Kanada %4'lük oranlarla oluştururken Türkiye ise mobilya ithalatında 26. sırada yer almaktadır[21].

AB ülkeleri mobilya üretimi ve ticareti konusunda diğer ülkelere göre sektörde önemli bir yere sahip olup özellikle mutfak mobilyaları ve döşenmiş mobilyada liderliği ellerinde bulundurmaktadır. Özellikle Almanya ve İtalya hem üretim hem ithalat ve hem de tüketim konusunda diğer Avrupa ülkelerine göre daha güçlü bir konumdadır [22]. Türkiye mobilya

sektörü, dış ticaret ve ekonomik dalgalanmalarda kazandığı deneyimle büyük bir potansiyel ve dinamizm kazanmıştır. İthalatın %50 ve toplam ihracatın %33' den fazlası Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ile yapılmaktadır. Dolayısıyla oluşan bu bölgesel yoğunluk, sektörün uzun dönemli hedefleri için alternatif pazarların bulunması ihtiyacı doğurmaktadır [23].

Ahşap ve mobilya endüstrisinde tüm dünyada yoğun bir rekabet olduğu görülmektedir. Mobilya sektörü ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınmasını destekleyen bir özelliğe sahiptir. Dış ticaret rakamlarına göre ekonomik etkinin istikrarlı biçimde arttığı gözlenmekte olup son yıllarda Türkiye mobilya ve orman ürünleri endüstrisi dış ticarete kapasitesini artıracak seviyelere gelmiştir. Gelenen bu seviyede mobilya ve orman ürünleri üretimi yapan ana sanayi firmalarının yanı sıra yan sanayicilerin (ağaç, metal, tekstil vb.) de önemli payı bulunmaktadır. Mobilya üretimine bağlı olarak, Türkiye son yıllarda özellikle mobilya endüstrisinde görülen büyüme ve gelişmeye paralel olarak, lif levha ve yonga levha endüstrilerinde de önemli yatırımlar yapmış, üretim ve ihracat miktarları artış göstermiştir [24].

İlk mobilyaların yaratılış tarihine bakacak olursak, sadece ham ağaçtan yapılmışlardı. Ancak zamanın gelişmesi sonucunda günümüzde mobilya sektöründe sadece ahşap malzeme değil, çeşitli metal alaşımları, plastik, cam, geri dönüştürülmüş ağaç atıkları (MDF, DSP, DVP, kontrplak), rattan, doğal ve suni deri, tekstil ürünleri kullanılarak da mobilya üretimi yapılmaktadır (Şekil 2.2) [25].



Şekil 2.2: İç mekanlarda mobilya yapımında kullanılan MDF ve yonga levha ağaç malzemeler[25].

Ahşap bazlı panel endüstrisi, yonga levha (YL), kontrplak, yönlendirilmiş şerit levha ve diğer ahşap panellerin imalatında yer alan çeşitli alt endüstrileri kapsamaktadır. Ahşaba dayalı panel endüstrisi son yıllarda hızlı bir gelişme yaşamış ve ağırlıklı olarak mobilya ve inşaat sektörleri tarafından yönlendirilmektedir [26]. Faostat [27]'a göre orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve

yonga levha (YL) en yaygın kullanılan panellerdir. 2021 yılında toplam dünya MDF ve YL üretimi sırasıyla yaklaşık 111 milyon m³ ve 104 milyon m³ olmuştur. “Sunta Levha” (GB/T 4897–2015) ve “Orta Yoğunluklu Lif Levha” (GB/T 11718–2021) standartlarına göre hem MDF hem de YL ahşap liflerinden veya parçacıklardan, yapıştırıcılardan ve uygun katkı maddelerinden sıcak ısı altında yapılabilir. MDF ve YL genellikle ahşap gardırop, dolap, mobilya, zemin ve kapı üretiminde kullanılmaktadır [28], [29]. Ayrıca MDF ve YL kuru veya nemli koşullarda yapısal ve yapısal olmayan bileşenler olarak da kullanılabilir [30].

Ahşap esaslı panellere olan talep her geçen yıl hızla artmaktadır. Lif levhalar giderek artan talep gören paneller arasındadır. ANSI A208.2-2016'ya göre, MDF, 500 ve 1000 kg·m³ arasında bir yoğunlukta sunta panel olarak kabul edilmektedir [31]. Orta yoğunluklu lif levha, ısı ve basınç altında reçine ile bağlanmış selülozik liflerden oluşan bir paneldir. Orta yoğunluklu lif levhalar, ev ve ofis mobilya pazarlarında [32] olduğu gibi yapısal olmayan kullanımlar [33] için geniş bir uygulamaya sahiptir. MDF'yi diğer panellerden ayıran kenar vidalama, boyama özellikleri ve iyi işleme gibi birçok avantajı vardır [34].

Odun veya odunlaşmış diğer lignoselülozik bitkisel hammaddelerin kurutulmuş yongalarının, sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucunda elde edilen levhalar yonga levha denilmektedir [35]. Yonga levhalar, çok çeşitli uygulama alanları ile ahşap esaslı endüstride en önemli katma değerli panel ürünlerinden biridir [36], [37]. Yonga levhalar birçok kullanım yeri için gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri taşırlar, düzgün yüzeylidir, istenilen kalınlıkta üretilebilir. Homojen bir yapıya sahiptir, çivi, vida ve tutkalla diğer malzemelerle birleştirilebilir. Büyük ebatlarda üretilmiş olması işçilikten tasarruf sağlar, üst yüzey işlemleri uygulanabilir, yongaların koruyucu yanmayı geciktiren ve hidrofobik maddelerle muamele edilmesiyle çeşitli özellikler kazandırılabilir, işlenmesi kolaydır, masif ağaç malzemedeki görülen budak, çürüklük ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunmaz ve nispeten ucuzdur. Bütün bu özelliklere sahip olmasından dolayı oldukça büyük bir üretim artışı gerçekleşmiştir [38].

Yapılan başka bir çalışmada MDF ve yonga levhanın statik mukavemeti, sertliği ve yorulma ömrü %65 RH ve %85 RH ortamında ölçülmüştür. Yonga levha yaygın olarak döşeme malzemesi olarak kullanılabilir [39]. %65 bağıl nemde MDF ve YL ortalama statik mukavemetleri sırasıyla 47,9 MPa ve 21,0 MPa iken, %85 bağıl nemde 34,59 MPa ve 10,61 MPa idi. Bununla birlikte, MDF yoğunlukla mobilya gibi yapısal olmayan uygulamalarda

kullanılmıştır, bu nedenle yapısal bir panel olarak yorulma yüklerine karşı direnci oldukça ilgi çekicidir. %65 bağıl nem ortamında dinamik modül değerleri, MDF ve yonga levha benzer sertlik değerleri (4 GPa) sergilemektedir. Bununla birlikte, %85 bağıl nemde MDF malzeme en sert malzeme olarak gösterilmiştir. Her iki panel ürününün yorulma ömrü performansı, %65 RH'ye kıyasla %85 RH'de belirgin şekilde daha düşüktü. Genel olarak, yüksek RH ortamı, yonga levhaların MOE (elastikiyet modülü), MOR (kopma modülü) ve yorulma ömürleri üzerinde gözle görülür derecede zararlı bir etkiye sahiptir. Bu, bu panellerin orijinal ahşabın orijinal özelliklerini daha fazla korumasına, yani MDF'nin homojen lifli bileşimiyle karşılaştırıldığında daha büyük parçacık boyutlarına (pul/talaş) sahip olmasına atfedilir[39].

Karaman ve diğ. [40], çalışmalarında mutfaklarda kullanılan dolap kapaklarına yönelik kullanıcıların tercihini bir anket ile belirlemişlerdir. Sonuçlara göre; ailelerin mutfak dolap kapak modelleri arasında en çok YL-Lam/MDF-lam kapak, profil kapak, high gloss ve ahşap kaplama kapak, en az ise diğer, ahşap masif kapak, laminat kapak, membran ve akrilik kapak tercih ettikleri görülmektedir.

Aşırı gerilmeler ile kırılmalara neden olan yüklemelere ve kuvvetlere karşı ağaç malzemenin mukavemet gösterme düzeyi ahşabın mekanik özellikleri olarak tanımlanır. Bu bağlamda, yapı elemanı olarak kullanılan ahşabın mekanik özellikleri büyük önem taşımaktadır. Kullanılan ağaç malzemenin mevcut mekanik özelliklerinin bilinmesi ve bu doğrultuda uygun tasarımların gerçekleştirilmesi gereklidir [41].

Mobilya yapımında kullanılan MDF, yonga levha, kontrplak vb. malzemenin fiziksel mekanik testleri mobilya performansını etkileme noktasında önem taşımaktadır. Özellikle malzemelerin; vida çekme direnci, rutubet, yoğunluk, elastikiyet modülü, iç yapışma direnci, basınç direnci, şişme vb. testlerin üniversite ve firmaların AR-GE departmanlarında yapıldığı bilinmektedir.

Mobilya üretiminde malzemelerin, fiziksel ve mekanik etkilere karşı davranış biçimlerinin önceden belirlenmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcılara ekonomik, teknik ve estetik yararlar sağlamaktadır. Gerek tasarım gerekse buna dayalı bilimsel çalışmalarda; malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri ile birleştirmelerinin dirençlerine ait veriler kullanıldığını bildirmişlerdir[3].

Endüstriyel yonga levhaların bazı özelliklerinin varyasyonu üzerine yapılan çalışmada, Cassens ve diğ. [42], mutfak dolabı üretiminde kullanılan, 7 farklı üretici tarafından üretilen 3/8 inç

(yaklaşık 10 mm) kalınlığındaki yonga levhaları elastikiyet modülü, maksimum eğilme direnci, iç yapışma direnci, yüzey yapışma direnci, vida çekme direnci, testlerine tabi tutmuşlar ve yoğunluk, nem oranı tayinlerini yapmışlardır. Bütün üretici firmalar; elastikiyet modülü, maksimum eğilme direnci ve iç yapışma direnci için ANSI'nin (American National Standards Institute) 1-M-1 yonga levha standardına uygun olduğunu, ancak sadece 5 üreticinin 1-M-2 kalite standardına uyduğunu tespit etmişlerdir. Diğer tüm özellikler için belirgin şekilde varyasyonlar gözlenmiştir. Örneğin, elastikiyet modülü en iyi ile en kötü arasında % 37 farklılık göstermiştir.

Pinchevska ve diğ. [43] yaptıkları çalışmada Orta yoğunluklu lif levhadan tasarlanmış mutfak mobilya ürünlerinin, gerçek koşullarda dayanıklılıklarının ön değerlendirmesini yapmışlardır. Daha önce yonga levha için doğrulanmış olan kinetik katı mukavemet teorisini MDF malzeme için kullanmışlardır. Geliştirdikleri matematiksel dayanıklılık modeli, nem içeriği %6 ila %20 aralığında olan paneller üzerindeki ısı ve güç yüklerinin etkisi altında farklı yüzey bitirme türleri ile farklı kalınlıktaki MDF'nin tahrip olma süresinin belirlenmesini sağlamışlardır. Sonuç olarak MDF'nin daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir.

Vassiliou ve Barboutis [44], eksantrik bağlantılar oluşturan vidaların, yonga levha ve orta yoğunlukta lif levhaya çıplak veya plastik soketli olarak sokularak çekme mukavemetini belirlemişlerdir. Masif ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini ve T tipi mobilya bağlantılarının (trapez, minifix, metal vidalar, dübeller) performans özelliklerini başka bir çalışma konusu olmuştur [45].

Piyasada yaygın olarak kullanılan ve aralarında önemli miktarlarda fiyat farkı bulunan 7 değişik tip vidayı, 12 mm kalınlığındaki yonga levhadan çekerek, vidaların tutunma güçlerini karşılaştırmıştır. Deneyler sonucunda, vidalar arasında bu bakımdan önemli bir fark bulunmadığını bildirmiştir [46]. Vida tutma direnci açısından en etkili malzemenin kayın olduğunu, bunu sırasıyla werzalit, MDF ve yonga levhanın izlediğini bildirmiştir [47].

Genel olarak mobilya kalitesi, estetik, işlevsel, teknik, malzeme, teknolojik, ekolojik ve diğer özelliklerden oluşan bir sistem olarak tanımlanır. Bu sistemin kendine özgü bir dinamiği vardır. Sistemi farklı mobilya değerlendirme yöntemleri için ayarlamak mümkün olduğu gibi, sistemi oluşturan her ögenin de bireysel farklı anlamlara sahip olması mümkündür. Sistem ne kadar fazla elemana sahipse ve münferit elemanların alaka düzeyi ne kadar kesin olarak belirlenirse, verilen gereksinimlerin düzeyi açısından mobilyanın kalitesi o kadar doğru

değerlendirilmektedir. Objektif bir bakış açısıyla, ürün yalnızca setin tüm unsurları kararlaştırılan parametreleri karşılıyorsa yüksek kalitededir. Kümedeki her öge, gerekli kalitenin derecesine karşılık gelen bir öneme (uygunluğa) sahiptir. Bireysel unsurların alaka düzeyinin en objektif olarak belirlenmesiyle bile, tüketicinin görüşü ile tam bir anlaşmaya varmanın mümkün olmadığını anlamak gerekir çünkü her tüketici ürünün kalitesini kendi bakış açısından anlamaktadır[48].

Günümüz modern evlerinde, duvar ve yer dolapları; mutfak, banyo, ofis ve diğer mekanlarda depolama amaçlı kullanılan ürünler kutu mobilyalardır. Mobilya üniteleri çok amaçlı kullanıldıkları için; kullanımı sırasında etkisinde kalacakları yüklerin büyüklükleri ve nitelikleri çok değişken yapıdadır. Bunlar, bazı durumlarda hafif yüklerin etkisinde kalırken, bazı durumlarda ise; ağır yüklerin etkisinde kalabilirler[49].

Mutfak dolabı genel yapısı itibariyle kapaklı ya da çekmeceli bir kutudur. Basit bir kutu olmasına rağmen, kullanılan malzeme, boyutları, birleştirme geometrisi ve duvara bağlantı metotları gibi yapısal bir çok detay kutu analizlerinin direnç ve tasarım metotlarını komplike (karmaşık) hale getirebilir [50].

Dolap mobilyalarının çoğu (mutfak ve banyo mobilyaları, dolaplar, gardiropar, masalar vb.) çeşitli kaplamalarla kaplanmış 18 mm kalınlığında ahşap yonga levhalardan yapılmıştır. Bu üç katmanlı yapı malzemesi, farklı fraksiyonlardaki (bölüntülerindeki) ahşap parçacıklarının ısıtılarak sentetik reçinelerle yapıştırılmasıyla elde edilir. Dolap mobilyalarının kullanım süresi ve kalitesi, ahşap yonga levhaların mekanik özellikleri ve ahşap esaslı panellerin derzlerinin konstrüksiyonu ile belirlenir. Sıklıkla, demonte konstrüksiyona sahip kasa mobilyaları ve demonte konstrüksiyonlu kasa mobilyaları, sırasıyla çok dübelli yapıştırılmış derzler ve mobilyalara yönelik kam bağlantı parçaları kullanılarak birleştirilir. Ahşap esaslı paneller, takılabilir ahşap dübeller veya mobilya bağlantı parçaları uygulanırken, mekanik özellikleri normal derzlerle test ve karşılaştırmaya tabi tutulmamış olan gönyeli bağlantılarla birleştirilebilir[51].

Kapı ve kapaklarda boyut artışıyla beraber ağırlık da artmaktadır. Bu nedenle menteşe sayıları da artış göstermektedir. 100x50cm boyutundaki 18 mm MDF bir kapak yaklaşık 7-8kg ağırlığa sahip olması nedeniyle 3 adet menteşe kullanılması gerekirken aynı boyutlarda 12 mm MDF kapak 4-5 kg geleceğinden 2 adet menteşe kullanılması uygundur. Buradan yola çıkarak

menteşe seçiminde boyut ve ağırlığı birlikte değerlendirmek doğru seçim konusunda yardımcı olmaktadır[2].

Çekmeceler, mobilyalarda tasarım aşamasında çekmece boşluklarına uygun olarak yapılmaktadır. Kolayca dışarı çekilip içeri itilecek kadar çekmece boşluğundan küçük yapılır. Bir çekmecenin rahat çalışması için çekmece kutusunun ve çekmece boşluğunun gönyesinin hatasız olması ve çekmecenin genişlik ve yükseklik ölçülerinin boşluk ölçülerine uygun olması gerekir. Standart bir çekmecede eleman kalınlıkları birbirinden farklıdır. Genel olarak ön kayıtın kalınlığı 18-22 mm, yan kayıtların kalınlığı 12-16 mm, arka kayıtın kalınlığı da 10-12 mm yapılır. Altlık kalınlığı da 4-8 mm arasında değişmekle birlikte genellikle 4 veya 5 mm'lik altlık kullanılmaktadır. Çekmecenin uzunluğu, çekmece boşluğu derinliğinden 1-2 cm daha kısa yapılmaktadır[52].

Mobilyanın yapısal güvenliği, mobilyayı oluşturan parçaların ve birleştirmelerin dayanımını da içermektedir. Genel olarak, yükleme altındaki ahşap mobilyalar, elemanın kendisinde olduğu gibi, bağlantı elemanlarında da deformasyona sebep olmaktadır. Bu nedenle, bağlantı elemanının tasarımı da en az eleman dayanımının tasarımı kadar önemlidir[53].

Farklı tekniklere sahip yapı elemanları olarak mobilya kalitesi, önemli bir role sahip olan birleşim yerlerinin sağlamlığına bağlıdır [54]. Ahşap esaslı mobilyaların yapımında bağlantılar her zaman dikkatli seçilmelidir. Uygun bir bağlantı göz ardı edildiğinde çeşitli yapısal hatalar meydana gelebilir[55],[10]. Bu nedenle, tasarımcıların uygun bileşen (boyut, geometri, malzeme tipi) ve bağlantı elemanları (dübel, çivi, vida, cıvata) kombinasyonunu seçmek için uygun bilgiye ve deneyime ihtiyacı vardır [56].

Araştırmacılar, özellikle dolap mobilyalarının bağlantı elemanlarının güvenilirliğini [57],[58], dolap mobilyalarında birleştirmelere üzerine vida bağlantı şeklinin ve dayanımının bağlantı şeklinin ve dayanımının etsinin analizini [59], [60], yarı esnek bağlantılı ahşap vidasının matematiksel bir modelini ve aynı malzemelerin bulunduğu kabin mobilya yapısının sayısal modelini oluşturmuşlardır [61].

Smardzewski ve Klos [62] yaptıkları çalışmada, açılıp kapanmaya maruz kalan levha elemanlarının eklem ikame rijitliğinin modelleyerek ikame lineer elastikiyet modülü düğümlerini kullanarak levha elemanlarının kavela bağlantı rijitliğinin sayısal olarak modellenmesi için alternatif yöntemler sunmuşlardır. Bu modülün değerlerini belirlemek, bu

bağlantının sehimlerini tespit etmek, alternatif ağ modelleri geliştirmek, elde edilen sonuçları karşılaştırmak ve model seçerek mobilyaların sanal prototiplemesi için en uygun olanını bulmuşlardır. Laboratuvar deneyleri ve sayısal hesaplamalar yoluyla elde edilen eklem sapma değerleri %3 ila %4 arasında farklılık göstermiştir.

Tankut, Tankut [63] yaptıkları çalışmada, sınıflarda, okul kütüphanelerinde ve evlerde kullanıma uygun yuvarlak zıvana ve zıvana bağlantıları ile inşa edilen duvar dolaplarının tasarımını, yapımını, test edilmesini ve performans özelliklerini araştırmışlardır. Genel olarak, bu çalışmada, yuvarlak zıvana ve zıvana bağlantıları ile yapılan duvar dolaplarının, yapısal bütünlük veya işlev kaybı olmadan normal hizmet yüklerine dayanabildiğini açıkça göstermiştir.

Kowaluk ve diğ. [64], alternatif bir hafif ürün olarak, özel olarak hazırlanmış siyah akasya ve söğüt parçacıklarından farklı yoğunluklara sahip yonga levhaları çalışma konusu olarak belirlenmişlerdir. Panellerin standart mekanik parametreleri incelenmiş ve incelenen panellerin vida çekme direnci ve menteşe yatağı ölçülmüştür. Sonuçlara göre; düşük yoğunluklu siyah akasya paneller dışında tüm paneller mobilya üretiminde kullanıma uygunluğu saptanmıştır.

Mobilya imalatında, özellikle depolama amaçlı tasarımlarda, kullanım güvenliği, hareketli elemanların fırlamaya karşı emniyete alınmasını gerektirir. Bu gereklilik, tasarımlarına ve yapısal biçimlerine atıfta bulunarak hareketli elemanlar, yani kapılar, kanatlar veya kapaklar için de geçerlidir. Kapaklar, dolabın gövde kısmına sabitlenebilir, yan duvarların ve odaların dar düzlemleriyle uyumlu hale getirilebilir veya bu yüzeylere yerleştirilebilir. Kabinin gövde kısmının iç kısmına erişim, kapıyı çevirerek, kaydırarak veya açarak mümkündür [10].

Tüm mobilyalar, gerekli mukavemeti ve dayanıklılığı garanti eden bağlantı elemanları (raylar ve menteşeler) ile kurulmakta ve sabitlenmektedir. Birçok mobilya fabrikasında çekmeceler için farklı raylar, kapaklar için çok çeşitli menteşeler kullanılmaktadır. Yapılan literatür araştırmasında ise bu kadar önemli olan bağlantı elemanlarının montaj tekniklerini belirleyen hiçbir çalışmaya ise rastlanılmamıştır [65].

Sökülebilir bağlantı elemanları, çerçeve mobilyalarda yaygın olmamakla birlikte dolap mobilyalarında baskındır [66], [45], [67], [68], [69], kapılarda vida ve menteşe kullanılmaktadır ve bu bağlantı elemanları kapı gibi yüklere maruz kalarak deforme olmaktadır.

Sert [70] yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında MDFLAM kullanmış, 80 cm mutfak dolaplarında 2 menteşeli mekanik deneyler yapmıştır. Bu deneylere göre çıkan sonuçlarda YONGALAM malzemeye göre daha fazla yük taşıma değerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Erdinler ve diğ. [71] yaptıkları çalışmada, farklı malzeme türleri, açma-kapama açısı ve yük kuvveti kullanılarak ahşap dolap kapaklarının açma ve kapama sırasındaki eğilme performansı belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler malzeme cinsi, açılma-kapanma açısı ve yük kuvvetinden oluşmakta ve bağımlı değişken ise sehim değeri olarak belirlenmiştir. Her ikisi de melamin kaplı olan MDF ve YL iki farklı malzeme türü olarak kullanılmıştır. Açma kapama açıları ve kuvvetlerin yönleri BS EN 16122 (2012) ve TSE EN 9215 (2005)'de belirtildiği gibi yapılmış ve kapılar 300N, 375N ve 450N kuvvetlerle yüklenmiştir. Sapma değerini etkileyen faktörler ve aralarındaki etkileşim çok değişkenli varyans analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar, malzeme tipi, açı, yük kuvveti ve malzeme tipi ile yük kuvveti arasındaki ortalamanın önemli olduğunu göstermiştir. Yükleme kuvveti arttıkça sehim değeri de artmıştır. Nem arttıkça sehim değeri artmış, malzeme yoğunluğu arttıkça sehim değeri azalmıştır. Modellerin yeterliliği R-kare (R^2) ve Düzeltilmiş R-kare (Adj- R^2) değerleri ile değerlendirildi. Bu değerler için sonuçlar sırasıyla %88,23 ve %86,58 idi.

Chen [72] yaptığı çalışmada, bir mobilya dolabının menteşe mekanizmasının dinamiklerini incelemiştir. Vektör döngü yöntemi ilk olarak altı çubuklu menteşe mekanizmasının konum, hız ve ivme denklemlerini belirlemek için kullanmıştır. Lagrange Denklemi daha sonra hareket denklemlerini türetmek için kullanıldı. Bu diferansiyel denklemler daha sonra dördüncü dereceden Runge-Kutta yöntemi ve Gauss-Jordan yöntemi ile eş zamanlı olarak çözüldü. Analitik sonuçlar, açma ve kapama hareketleri sırasında kapı koluna uygulanan farklı yükler altında menteşe mekanizmasının dinamik tepkisini göstermiştir. Kapıyı açmak için minimum yükün 1,464N ve kapıyı kapatmak için 0,892N olduğu gösterildi. Ayrıca, kapı yarı açıkken bırakılan kolun dinamik tepkisi, hareket denklemi aracılığıyla elde edildi. Simüle edilmiş sonuçlar deneylerle iyi bir uyum içindeydi.

Yapılan başka bir çalışmada menteşe montaj tekniklerinin mobilya tasarımındaki önemli yönlerini ele almışlardır. Yapılan denemelerdeki hedef yonga levhadan üretilen mobilya kapaklarının mukavemetlerini ve sarkma özelliklerini belirlemektir. Çalışmanın sonucunda menteşeler arasındaki mesafelerin artmasıyla birlikte kapaklardaki sarkma miktarlarının azaldığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca, geliştirilmiş regresyon eşitlikleri kullanılarak

varsayılan sapma veya tersine sapmaları da menteşeler arasındaki aralıklara göre tahmin edebilecek matematiksel modeller geliştirmişlerdir [73].

Kapı montajının sağlamlığı ve dayanıklılığı üzerindeki etkiyi belirlemek için menteşe çeşitleri ve aralarındaki mesafelerini, menteşeleri ve bağlantı tipini ve içeri girme momentlerinin değerlerini incelemişlerdir. Elde edilen araştırma sonuçlarına ve analizlerine dayanarak, bir dizi pratik gözlem ve sonuç çıkarılmıştır. Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda menteşe ve vidalarda daha ağırlıklı konuda çalışmaların olduğu ortadadır. Çalışma sonucunda yazarlar kapı çalışma yükleri için, endüstriyel uygulamada kabul edilebilecek maksimum sapmalar 1,97 mm ile 4,8 mm arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır[74].

Smardzewski ve diğ. [73], gizli menteşeler arasındaki boşlukların yanı sıra bu menteşeleri monte eden vidaların çapının etkisini gözlemleyerek kapıların sağlamlığını ve rijitliğini araştırmışlardır. Ayrıca numerik analiz yöntemi de uygulayarak sonuçların gerçek testlere göre dağılımını incelemişlerdir. Sonuçlara göre; menteşeler arası mesafe arttıkça kapı rijitliği de artmıştır.

Mobilya durumunda kapılar, dolap çerçevesi ile sınırlı bir alanı kapatmaya izin verir ve aynı zamanda iç mekana geçişi sağlar. Artık endüstriyel uygulamada, bir kapının dönme hareketini sağlayan çok sayıda çeşitli menteşe ve bağlantı parçaları kullanılmaktadır. Bir yan duvardaki kılavuza ve kapıdaki kutu menteşenin yapısına bağlı olarak, kapı 110° ile 360° arasında bir açıyla açılabilir[10]. Ayrıca Smardzewski ve Majewski [74] yaptıkları bir çalışmada farklı menteşe ve çekmece raylarını, euro vida, ahşap ve plastik vidaların panellere olan montaj yöntemlerini test etmişlerdir. Vidalama elemanları için farklı tork değerleri dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre avantajlı vida ve torku tespit edilmiştir. Ve sonuç olarak bu değerler Çekmece kızakları ve menteşelerin montaj plakaları mobilya gövdesine plastik manşonlar içerisine yerleştirilmiş vidalar ile 1,342 N/m moment değerinde olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada uzun süreli kullanımda vida sıkma torkunun protez vida ve vida tutuculu abutment-implant kompleksine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, protezin uygun sıkma torkunu tahmin etmek için bir FEM simülasyon yöntemi kullanılmıştır. İkinci olarak nihai torku bulmak için burulma testi yapılmıştır. Deney sonuçları simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve iyi bir uyum gösterdiği belirtilmiştir. Daha sonra dış yükleme altında sıkma torkunun etkisini araştırmak için sıkma torku dikkate alınarak yüklemenin bir FEM modellemesi

gerçekleştirilmiştir. Uzun süreli kullanımda güvenilirliği değerlendirmek için mevcut modellemeye dayalı olarak 107 döngünün güvenlik faktörü hesaplanır. Sonuç, sıkma torkunun sadece protez vidanın stresini değil, aynı zamanda vidayla tutulan dayanağın stresini de önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Araştırmaya göre implant sisteminin işlevselliğini sağlamak için 18N·cm'den daha düşük bir sıkma torkunun kullanılması tavsiye edilmiştir[75].

Toth [76], torklama ve açılma kontrollü sıkma için elastik ideal plastik ve elastik plastik olmak üzere iki teorik model geliştirerek üzerinde çalışmıştır. Bu iki teorik model arasındaki en belirgin farklılık, cıvatanın plastik bölgeye ulaşmasıyla birlikte, bağlantının farklı davranış göstermesidir. Her iki model de, anlık ve kalıcı uzamalar, son ön yük ve tork değerlerinin ortaya konmasında Monte Carlo benzetimleri ve Taylor serileri kullanılarak elde edilen deneysel bulgularla birebir örtüşen sonuçlar vermiştir. Marshall ve diğ. [77], cıvata bağlantılarında temas yüzeyinde oluşan gerilme dağılımını incelemişlerdir. Araştırmalarında gerçek durumu ortaya koyabilmek için ultrasonik yöntem kullanmışlar, bu yöntemde bağlantı ara yüzeyine ultrasonik bir dalga göndererek, yansıtılan ses sinyallerini kayıt altına almışlardır. Gerilmenin fazla olduğu yüzeylerde ultrasonun emilerek yansıtılan ses sinyallerinin zayıf kaldığını, gerilmenin az olduğu yüzeylerde ise ultrasonun büyük bir kısmının yansıtıldığını tespit etmişlerdir. Ses sinyalleri ile gerilmeler arasındaki bağlantıyı kurabilmek için paralel bir deneysel kalibrasyon yöntemi uygulamış, bu yöntemle farklı tork değerleri için gerilme dağılım sonuçlarını elde etmişlerdir. Olsson ve Sandlund [78] cıvatalı bağlantılarda tork değerlerinin hesaplanması için kıstasları belirlemiş ve Scania firmasına ait iki farklı fabrikada, farklı yöntemlerle sıkılan eşdeğer noktaları örnekleme yaparak incelemişlerdir. Çalışma kapsamında sıkma hızı, malzeme özellikleri, ortam sıcaklığı, açılma sıkımları için uygulanan ön tork değerleri vb. parametreler değiştirilerek ölçümler yapılmış ve süreçler arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Mukherji [79], DC tork cihazıyla sıkılan cıvatalı bağlantılarda ergonomi etkileşimlerini incelemiştir. Bu etkiyi ortaya koyabilmek amacıyla gerçek bağlantıyı simüle edebilecek bir test bankosu yapılmış, sıkma algoritması, bağlantı katılığı, operatör kol kütlesi ve yumuşak tork kesme (kol etkisi) gibi farklı parametrelerin etkileriyle elde edilen sonuçların ergonomi konusunda yapılan önceki çalışmalarla farklılıklar ihtiva ettiğini tespit etmiştir. Yarkin [7], araçlardaki şasi bağlantılarının alt ve üst toleranslarını bir yöntem dâhilinde hesaplamış ve üst tolerans limitine kadar sıkılmış bağlantıları, 30.000 km yol testi sonrasında tekrar ölçerek, tork değerindeki değişimleri incelemiş ve hesap yönteminin doğruluğunu araştırmıştır. Tork değişimlerinin sebepleri üzerine yorum getirmiştir.

Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap kapılar ev, ofis, bina vb ahşap haricinde malzemelerden de yapılarak kullanılmaktadır. Mekan kapıları haricinde farklı bir sektör olan otomotiv sektöründe de kapı-kapak performansına dayalı literatür çalışması da bulunmaktadır.

Yapılan bir çalışmada havalandırılmalı bir odadaki termal etkilerle birlikte menteşeli kapı hareketinin neden olduğu geçici akış özelliklerini incelenmiştir. Kapı hareketi ve kaldırma kuvvetinin hava değişimi üzerindeki etki mekanizmaları araştırılmıştır. Bina içi termal tabakalaşmanın bozulması değerlendirilmiştir. Ayrıca sonlu elemanlar dinamik simülasyon analizi kullanılarak yer değiştirme havalandırılmalı termal olarak katmanlı bir ortamda menteşeli kapı hareketlerinin neden olduğu geçici hava akışı özelliklerini ve hava değişim miktarına etkisi araştırılmıştır [80]. Sol, ön ve arka çelik (temel) kapıların beyaz kapı yapıları, sıcak üflemeyle şekillendirilmiş alüminyum panellerden üretimlerini kolaylaştırmak için yeniden tasarlanmıştır. Kapı tasarımlarının her biri bir "STAR" çok amaçlı takviye paneli ile desteklenmiştir. Prototip beyaz kapı yapıları, hızlı plastik olarak şekillendirilmiş alüminyum panellerden üretildi. Çelik muadillerine göre prototip alüminyum kapılarda 5,1 kg/kapı (ön) ve 4,7 kg/kapı (arka) kütle tasarrufu elde etmişlerdir. Alüminyum kapılar, üst başlık sertliği haricinde tüm statik sertlik kriterlerini karşıladı. FMVSS 214 testi, üretim araç (çelik) gövde sisteminde test edildiğinde kapıların kabul edilebilir izinsiz giriş direnci sergilediğini ortaya koymuşlardır. Araştırma sonucunda alüminyum kapıların dinamik bir LINCAP (tam araç yan darbe) testinde de iyi performans gösterdiği yazarlarca ortaya konmuştur [81]. Wang ve Wu [82] yaptıkları çalışmada kapı kapatıcı ve kapatıcısız menteşeli kapılar için yenilikçi bir kuvvet ölçüm sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde özellikle kendi tasarımı olan bir çeyrek ark kılavuz ray cihazı uygulamış, böylece hem kapı çalıştırma kuvveti hem de kapı çalıştırma torku aynı anda ve etkili bir şekilde ölçülmüştür. Ardından, kapı için gereken çalışma torkunu (ROT) belirlemek için laboratuvarında bir dizi deney yapılmıştır. Sonuçlar, kapı kapatıcı kullanıldıkça kapının ROT'unun önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Bu iki kapak arasındaki fark, daha düşük bir kapı açma hızı ve daha büyük bir kapı kapatıcı boyutu uygulandıkça daha da büyüdü görülmüştür. Sonuçlar, kapı kapatıcı uygulamasının kullanıcıların iş yükünü artıracak ve böylece, özellikle bireysel kapasitesi zayıf olan kişiler için kapının aralıklı olarak çalışmasını sağlayacağını göstermiştir. Böylece evrensel tasarıma sahip bir kapının gerçekleştirilmesinde kapı kapatıcı uygulama önerileri de verilmiştir [82].

Akarçay ve diğ. [83] yaptıkları bir çalışmada, ticari araçların arka kapılarında kullanılan çelik sıcak dövme prosesi ile yapılan menteşelerin uygun alüminyum alaşımı seçilerek

hafifletilmesini amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında belirlenen ve imal edilen alüminyum alaşımı menteşeler ile mevcut modeller korozyon ve çekme davranışları açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ticari araçlarda kullanılan menteşeler için geçerli olan kriterleri sağlamak koşuluyla yeni bir menteşe malzemesinin adapte edilmesi ile menteşenin hafifletilmesi sağlanmıştır. Bu durum farklı disiplinlerde de menteşe ve kapak testlerine farklı yönlerden yaklaşıldığını göstermektedir. Başka bir çalışmada ise, kapının ağırlığını azaltmayı, çalışma verimliliğini artırmayı ve araç çalışma güvenliğini sağlamayı amaçlanmıştır. Geleneksel alüminyum alaşımlı kapılara dayalı olarak, yeni bir tür petek kompozit malzeme geliştirilmiştir. Petek sıkıştırma direnci, petek ve cilt kesme performansı, plaka bükme, termal iletkenlik ve çevre korumayı belirlemek için testleri yapılmıştır. Tam yan açık yapı esas alınarak sekiz kapı geliştirilmiş, statik dayanım ve rijitlik analizleri eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Kapı titreşim problemlerini çözmek için modal analiz ve testler yapılmıştır [84]. Otomotiv kapı contaları, dışarıdan toz ve su girişini önlemek ve gürültüyü izole etmek için tasarlanmıştır. Bu tasarım hedeflerine ulaşmak için, bir kapı contasının belirli bir kriterden daha yüksek bir tepki kuvveti olması gerekirken, kapıyı kapatma çabası minimum bir tepki kuvveti gerektirdiği belirtilmiştir. Bir kapı contası tasarımı, bu iki karşılıklı tasarım hedefi arasında bir uzlaşma süreci olarak tanımlanabilir. Kapı kapanma hızı, kapı contası da dahil olmak üzere bir dizi faktörü içerir ve bugüne kadar yalnızca deneysel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. Deneysel yöntemler, kapı kapatma çabasındaki ana faktörlerin belirlenmesini zorlaştırır ve optimize edilmiş conta tasarımının geliştirilmesine özellikle yardımcı olmaz. Kapı contası tasarımına yönelik hesaplamalı çabalar yalnızca çizimlere ve yapısal analize odaklanmıştır.

Smardzewski ve Majewski [74] yaptıkları bir çalışmada çekmece raylarının mukavemeti ve dayanıklılığı üzerindeki manşonların ve bağlantı halkalarının yanı sıra içeri girme değerlerinin etkisini belirlemişlerdir.

Eckelman [85], raf boyunun 1/200'ü ile 1/500'ü arasındaki sapma miktarının kabul edilebilir sınırlar olduğunu belirtmiştir. Raf uzunluğunun 1/180'ine kadar olan sapma miktarının göze hoş gelebileceğini ancak bu oranın 1/165'e çıkması halinde estetik görünmeyeceğini belirtmiştir.

Vassiljivkov ve Marinova [86], rafların alt yüzeylerine açılan kanallara 2-3 çita kontrplak yerleştirerek melamin kaplı yonga levha ve standart yonga levhadan yapılmış rafların yayılı yük altında eğilme özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda, raf yapısının altına üç

çitanın dahil edilmesinin, standart yonga levhaya kıyasla yonga levha için sapma özelliklerinde %20'lik bir iyileşme ile sonuçlandığı bildirmişlerdir. Ayrıca, Jivkov and Marinova [86], yonga levhanın aynı teknikle işlendiğinde bükülme özelliklerinde %30'luk bir artış sergilediğini bildirmişlerdir.

Denizli-Tankut ve diğ. [87] elyaf levha ve yonga levhanın eğilme özelliklerini iyileştirmek için rafların arkasına vidalar yerleştirilirse sapma miktarında %33'lük bir iyileşme sağlanacağını bildirmiştir. Ozarska ve Harris [88], sıcaklık 230° C sabit olmak üzere rutubet oranlarının % 35-85 arasındaki değişiminin, rafların sehimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Rutubet oranı azaldığında sehimin de azaldığını bildirmişlerdir. Gökteş ve diğ. [89], mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve yonga levhadan (YL) üretilen vidalı birleştirmeli rafların, yüzeye dik (lateral) yük taşıma performansları üzerine yaptıkları çalışmada 32 mm'lik vida etkili boyunun yük taşıma performansını artırdığını bildirmişlerdir.

Araştırmacıların yaptığı başka bir çalışmada kontrplaktan yapılan L tipi birleştirmelerde dübel ve yapıştırma hattının 3 boyutlu gerilme-gerinim dağılımı incelenmiştir. 19 mm kalınlığında 11 katlı sert ağaç kontrplaktan (Gürgen, Kayın ve Kızılağaç) yapılmış bağlantı elemanları kullanılmıştır. Çalışmada; L-tipi bağlantıların sıkıştırma yükü altında eğilme momenti kapasitesine üç seviyede çap (6, 8 ve 10 mm) ve derinlikte (9, 13 ve 17 mm) penetrasyonunda kayın dübellerin etkisi deneysel test olarak incelenmiştir. Numunelerdeki ahşap dübel ve yapıştırma hattının gerilme-gerinim dağılımı, sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile ANSYS 15 yazılımı aracılığıyla simüle edilmiştir. Sonuçlar, eğilme momenti direncinin dübel çapının 6 mm'den 8 mm'ye artmasıyla arttığını göstermiştir. Artan penetrasyon derinliği ile eğilme momenti direnci de paralel olarak artmıştır. Ayrıca ANSYS yazılımı ile elde edilen simülasyon sonucu, dübel çapının artmasıyla dübel ve yapıştırma hattındaki gerilme-gerilmenin arttığını ve 10 mm çapındaki dübelde yapılan birleştirmede birleşim yerlerindeki kırılma nedeniyle artan gerilmenin ve direncin bir kez azaldığını göstermiştir. Model analizinden elde edilen sonuçlara göre dübel ve yapıştırma hattının nihai gerilmesi birleşim yerlerinin temas ettiği bölgede oluşmuştur[90].

Yapılan başka bir çalışmada FEM ve Analitik Yöntem (AY) kullanılarak T-tipi birleştirmelerin çekme dayanımı araştırılmıştır. İlk olarak standart deneyler kullanılarak ahşabın mekanik özellikleri ölçülmüştür. Ayrıca, ahşap yüzeyler arasındaki sürtünme katsayısı lif yönü ve basınç altında çeşitli birleştirme alanlarında incelenmiştir. Daha sonra birleştirmelerde çekme kuvveti

hesaplanması için lineer elastik matematik model oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında elde edilen deney sonuçları ile analitik ve nümerik analizler karşılaştırılmış; analitik yöntem ile deneyler arasındaki tutarlılık düzeyinin de %80 ve nümerik analiz ile deneyler arasındaki tutarlılık düzeyinin %83 olduğunu göstermiştir. Buna göre; deney sonuçlarına, nümerik analizler ile elde edilen sonuçların daha yakın olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; yazarlar matematiksel modelin ahşap konstrüksiyon ve ahşap ürünlerin yapı tasarımında mühendislik gereksinimlerini karşılayabilecek şekilde uygulanabileceğini belirtmiştir[91].

Branowski ve diğ. [92] yaptıkları bir çalışmada iki yeni tip mobilya birleşim yerinin bükülmesi için yük sınırı kapasitesini, rijitliği ve kırılma mekanizmalarını incelemişlerdir. Yeni birleşimlerin biri sürtünmeli eksantrik bağlantı elemanı ve diğeri tutkallı düz köşe birleştirmeler olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, referans olarak kullanılan ve mobilya sektöründe yaygın olarak bilinen vidalı birleştirmelere ile karşılaştırılmıştır. İncelenen her üç bağlantı elemanı için de yük-sehim diyagramları ve deformasyon karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, iki yeni bağlantı elemanının, vidalı birleştirmeye kıyasla daha avantajlı yük kapasitesi ve sertliği olan mobilya bağlantılarının yapılması için uygun olduğunu doğrulamışlardır.

Araştırmacılar yaptıkları çalışmada çerçeve mobilya için yeni tasarlanan bağlantıların mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Birleşim yerlerinin ayakları ve kayıtları yapıştırılmış HDF tabakalı panellerden imal edilmiştir. Mafsallar 3D baskı teknolojisi kullanılarak ABS'den üretilmiştir. Tasarlanan bağlantıların rijitliği ve dayanımı ve bağlantılarda bulunan montaj kuvvetleri deneysel olarak belirlenmiştir. Sonlu Elemanlar Yöntemi, birleştirme elemanlarındaki sehimleri, emniyet katsayısı değerlerini hesaplamak ve temas halindeki elemanların yüzeylerindeki yükleri belirlemek için uygulanmıştır. Deneysel çalışmaların sonuçları, sayısal hesaplamaların sağladığı verilerle karşılaştırılmıştır. Yeni tasarlanan bağlantıların iyi mekanik özellikler sergilediği gösterdiği ortaya çıkmıştır. En avantajlı sonuçlar, çift kendinden basınçlı bir bağlantı elemanı için kaydedilmiştir. Basma ve çekme testinde, bu bağlantı elemanı, sertlik ve mukavemet açısından en küçük farklılıkları göstermiştir [93].

Sonlu elemanlar yöntemi, farklı mühendislik dallarınca, özel analizler gerektiren mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan nümerik bir yöntemdir. Sonlu elemanlar yönteminin ilk kullanımı 1900'lü yıllara dayanır. Sonlu elemanlar yöntemini temel alan ANSYS programı,

1971 yılından günümüze kendisine giderek daha büyük bir uygulama alanı bulacak şekilde geliştirilmiştir [94].

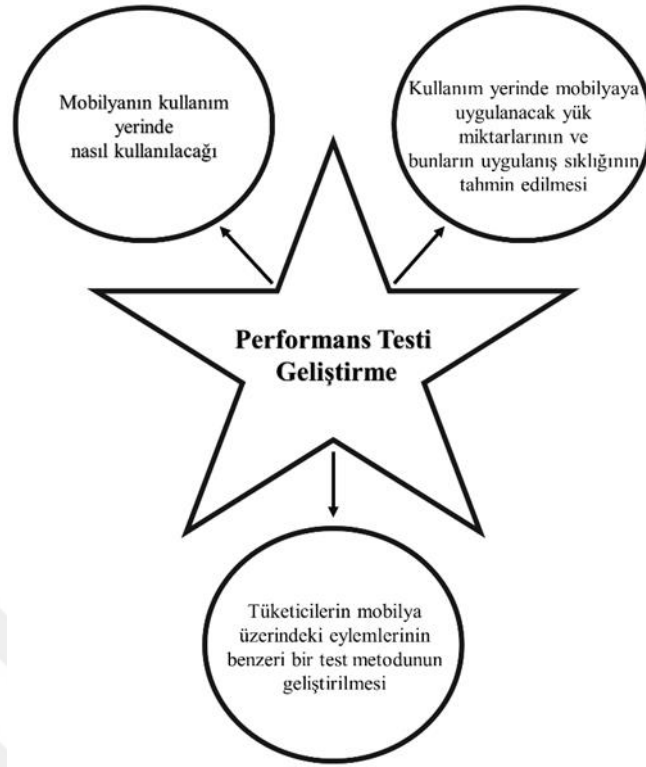
Çeşitli yüklere maruz kalan katı cisimlerde oluşan gerilmeler ve bu yükler sebebiyle oluşan deformasyonlar ve yer değiştirmeler, kesit geometrisinde meydana gelen değişimler, mevcut yükler altındaki elemanların ve birleştirmelerin güvenle görev yapıp yapmayacağı, meydana gelen yer değiştirme ve biçim değiştirmelerin kabul edilebilirliği mühendisler ve fizikçiler tarafından analitik yöntemlerle çözülmeye çalışılmıştır. Kullanım yükleri altında, tasarlanan mobilya sistemindeki gerilme dağılımının istenilen sınır değerlerinin altında kalması sağlandıktan sonra, var olan yükleri taşıyacak optimum eleman ölçülerinin ve birleştirmelerin tasarımının sağlanması mühendislik tasarımı açısından önemlidir[4].

Mobilya mukavemet değerlendirmesi, tasarım süreci aşamasında başlatılmalıdır. Belirli bir mobilya prototipinin uygunluk sertifikası, her zaman belirlenen kusurları ve hataları ortadan kaldırmak için önemli ölçüde daha yüksek maliyetlere katlanma ihtiyacını gerektirir [95].

Mobilya tasarımı için gereksinimler sadece çekici görünüm ve güncel moda değil, aynı zamanda yapısal güvenlik ve sağlam işlevselliktir. En ilgili gereklilik, mobilyaların yapısal güvenliğidir[53].

Üretimi planlanan mobilyanın kullanım yerinde maruz kalacağı yüklere 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 [96].

Performansın göstergesi olan bu testlerle üretim ve gelişim esnasında ortaya çıkan belirsizlikler ve aksamalar bertaraf edilebilmektedir. İyi bir süreç ile yapılan performans testi, üreticilerin ve müşterilerin söz konusu testlerin mobilya hakkında yararlı bilgiler sağlama potansiyeline sahip olduğunu Şekil 2.3 teki kriterler doğrultusunda göstermesi beklenmektedir.



Şekil 2.3: Performans testi geliştirme kriterleri [97].

Bu testlerin uygulanması esnasında “hafif-orta-ağır” olacak şekilde hizmet kabul seviyeleri belirlenmiştir [98]. Bu seviyeler daha önceden tahmin edilen yük miktarlarıyla ilişkili olup, yüklerin kullanım sıklığına göre formüle edilir. Bu şekilde formüle edilen bu testler birçok ülkede çeşitli özel ve kamusal organizasyonlar tarafından kullanışlı güvenilir bilgiler sağlamaktadır [99].

Sonlu elemanlar analizi, aslen Turner ve diğ. [100] tarafından tanıtılan, genel sınır koşullarına bağlı karmaşık mühendislik problemlerine yaklaşık çözümler getiren güçlü bir hesaplama tekniğidir. FEA, çeşitli mühendislik disiplinlerinde fiziksel bir olayın tasarlanması veya modellenmesinde önemli bir adım haline gelmiştir [101]. Sonlu elemanlar yöntemi (FEM) karmaşık mühendislik sistemlerinin fiziksel davranışlarını tahmin etmek ve simüle etmek için temel bir yaklaşım haline gelmiştir. Ticari sonlu eleman analizi (FEA) programları, endüstri mühendisleri ile üniversiteler ve devlet laboratuvarlarındaki araştırmacılar arasında ortak kabul görmüştür. Bu nedenle, akademik mühendislik bölümleri sadece FEM teorisini değil, aynı zamanda piyasada bulunan FEA programlarını kullanan uygulamalarını kapsayan lisans veya lisansüstü üst düzey derslerini de içerir [101].

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ahşap elemanlar ve yapılar hesaplanırken ahşabın davranışını tanımlamak için, ortotropik malzeme modeli, maksimum gerilme kriteri veya etkileşimli başarısızlık Hoffman ve Tsai-Wu kriteri ile birlikte kullanılmıştır. Diğer bir seçenek olarak da ahşap deformasyonları için genel bir anizotropik plastisiteli malzeme modeli maksimum gerilme ölçütü kullanılarak tamamlanmıştır. Sunulan genel malzeme modeli, sarıçamdan (*Pinus sylvestris*) ahşap numune testlerinin modellenmesi için yıllık halkaların silindirik yüzeyle uyumlu modellenerek birlikte kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sayısal analiz sonuçları ile ahşap numunelerin deneysel testleri arasında iyi bir uyum olduğunu göstermiştir. Anizotropik malzeme modelinin kullanımı, uygulanan yükün seviyesinin, ahşap malzemenin deformasyonunun meydana geldiği seviyeden daha yüksek olduğu durumlarda da görülebileceği ifade edilmiştir [102].

Kasal [103] yaptığı çalışmada; masif ahşap ve ahşap esaslı kompozit malzemelerden yapılmış, yapılandırılmış dübel birleştirmeli koltuk iskeletlerinin dayanım özellikleri incelenmiştir. Ayrıca koltuğun oturma yerini ve kanepenin de yan çerçevesini optimize etmiştir. Masif ahşap malzeme olarak sarıçam (*Pinus Sylvestris* Lipsky) ve Türk kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) kullanılmıştır. Ahşap kompozit olarak yönlendirilmiş yonga levha (OSB), okoume (*Aucoumea Klaineana* Pierre) kontrplak (PLY) ve orta yoğunluklu lif levha (MDF) kullanılmıştır. Numuneler TS 9215 esaslarına göre statik yük altında, kanepenin gerçekte maruz kalabileceği oturma ve sırtlık yükleri uygulanarak test edilmiştir. Yapılan çalışmada kanepenin çerçevelerinin analizinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan üç boyutlu yapısal analizin, koltuk çerçevelerinin toplam dayanım performansları hakkında makul tahminler verdiği görülmüştür. Üstelik, Karkas konstrüksiyon mobilya üretiminde özellikle döşemeli oturma mobilyası iskeletlerinde masif ahşap malzemeler yerine ahşap kompozit malzemelerin kullanılabileceği sonucuna da varılmıştır.

Huş kontrplak ve huş odunundan yapılmış 18 mm kalınlığında ve yarım bindirme 30 mm kalınlığında L-şekilli mobilya kendinden kilitlemeli çerçeve bağlantılarının yük taşıma kapasitesi, sertliği ve gerinim alanları yapılan bir çalışmada belirlenmiştir. Bağlantılar, çekme ve basınçla eğilme altında test edilmiştir. Deneysel bilgilere dayanarak, sonlu elemanlar analiz modelleri doğrulanmıştır. Veriler, huş kontrplaktan yapılan bağlantıların, aynı kalınlıktaki huş çıta levhadan yapılan bağlantılara göre daha yüksek yük taşıma kapasitesine ve sertliğe ulaştığını göstermiştir. Çalışma sonucuna göre huş kontrplağından yapılan Yarım bindirmeli bağlantı (HLJ), hem basınçla bükme hem de çekmeyle bükme altında nihai yük taşıma

kapasitesine ve nihai sertliğe ulaşmıştır. Birleştirmelerin sonlu eleman analiz modelleri, makalede kullanılan malzemelerden yapılmış farklı zıvana şekillerine sahip kendinden kilitlemeli bağlantıların mekanik özelliklerini tahmin etmek için kullanılabileceği de yazarlar tarafından tavsiye edilmiştir [104].

Dolap mobilyalarının en önemli kalite değerlendirme kriterlerinden biri rijitliktir [105], [106],[107],[108]. Dolap mobilya rijitliğinin analitik modelleri üzerine çalışmalar 1957'den beri yapılmaktadır [108], [109]. Bu deneylerin sonuçları, çeşitli bağlantıların yardımıyla bağlanan fiziksel modellerde, mobilya sapmalarının hesaplanan değerlerle karşılaştırıldığında daha düşük olduğunu ortaya koydu. Tutarsızlıkların ana nedeni, mobilya derz rijitliğinin tüm konstrüksiyonun rijitliği üzerindeki etkisinin göz ardı edilmesi idi. Bu nedenle, birçok araştırmacı dikkatini mobilya bağlantılarının sağlamlığı ve dayanıklılığı ve bunların tüm yapının sağlamlığı üzerindeki etkisine odaklanmıştır [110], [111], [112], [113]. Bağlantı kuvvetinin ana değerlendirme kriteri, kırılma kuvvetinin veya eğilme momentinin değeri idi. Öte yandan rijitlik, yük uygulama yönü boyunca sapma değerine veya eklem kolları arasındaki açının değer değişimine göre değerlendirildi. Bu sonuçlar, bilişsel açıdan çok önemli olsa da, hızlı prototipleme için CAE (bilgisayar destekli mühendislik) aracını kullanan mobilya fabrikalarının tasarım ofislerinin işini kolaylaştırmıyor. Sayısal modelleme, bağlantı rijitlik katsayılarının belirlenmesini veya birbiriyle temas halinde kalan elastik cisimlerin gerçekçi modellemesini gerektirir [61], [114], [91], [115]. Önerilen yöntemde eklem sertliği, bir yük ve sapma fonksiyonu şeklinde bir elastikiyet modülü aracılığıyla ifade edildi.

Ahşap mobilyalar genellikle kiriş veya levha olarak modellenebilen basit parçalardan oluşur. Bu özellikler, mobilya davranışının sonlu eleman simülasyonunda serbestlik derecesi sayısını (kısaca dof) azaltan basitleştirilmiş yaklaşımların kullanılmasına izin verir. Genelde bu tür simülasyonlarda bağlantılar dikkate alınmaz ancak bu bağlantılar mobilyaların arızalanma sürecinde kritik öneme sahiptir[116].

Araştırmacılar yatıkları çalışmada MDF ve yonga levhadan üretilen mutfak mobilyalarının 20 °C ila 80 °C arasındaki sıcaklıklarda deneysel olarak belirlenen eğilme mukavemeti ve imha süresini araştırmışlardır. Hesaplama sonuçları, mutfak uygulamalarına yönelik mobilyaların ağırlıklı ortalama kullanım ömürlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Ocak ve fırın alanındaki sıcaklığı belirlemek için “SolidWorks Simulations” yazılımı da kullanarak, ürünün

başlangıç sıcaklığını $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve bunun yapıyı etkileyeceği süreyi $\tau = 3600\text{ s} = 1\text{ saat}$ olarak ayarlayarak bir malzeme üzerindeki sıcaklık eylemi sürecini simüle etmişlerdir[43].

Smardzewski ve Ożarska [61] yaptıkları çalışmada yarı esnek bağlantılı ahşap vidasının matematiksel bir modelini ve aynı malzemelerin bulunduğu kabin mobilya yapısının sayısal modelini oluşturmuşlardır. Buna ek olarak, yazarlar, bir bükülme momenti ile yüklenmiş olan onay tipi bir yarı-rijit köşeli bağlantı elemanının matematiksel ve sayısal bir modelini sonlu elemanlar yöntemiyle geliştirmişlerdir.

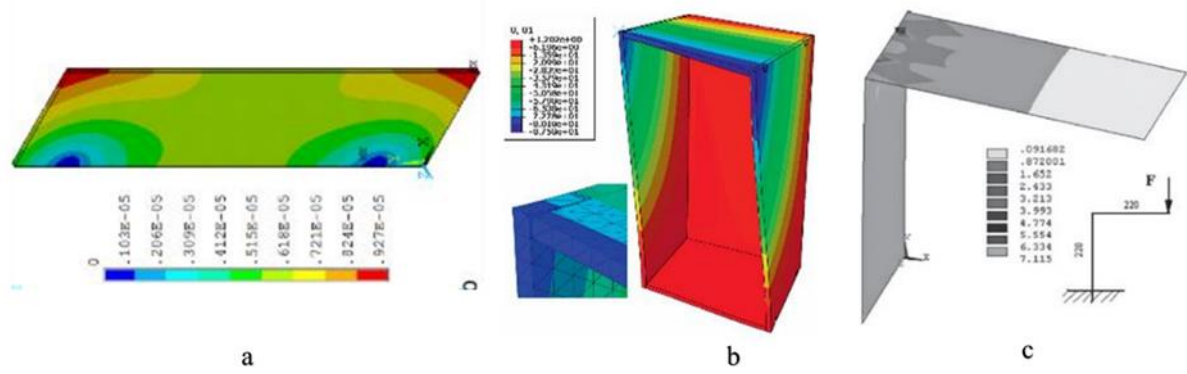
Simek ve Sebera [117] yaptıkları çalışmada, mobilya sanayi kolunda ileri teknoloji kullanımının gösterilmesine odaklanmışlardır. Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) ve Bilgisayar Sayısal Kontrol (CNC) teknolojileri ile temsil edilen Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE) terimlerinin kilit araçlar olduğunu ifade etmişlerdir.

Zhou ve diğ. [65], sonlu elemanlar yöntemini (FEM) kullanarak değişen menteşe dağılımı konfigürasyonunda mobilya kapıları için maksimum sapma değerlerini ve gerinimlerini belirlemiştir. Kullanılan ahşap türevli malzemelerin elastik özelliklerini göz önünde bulunduran araştırmacılar, optimum menteşe sayısını ve aralarındaki mesafeyi belirlemek için bir yöntem önermişlerdir (Şekil 2.4.a).

Paketler halinde satılan mobilyaların dağıtımı, uygun tasarım çözümlerinin kullanılmasını gerektirir. Bunlar, alet kullanmaya gerek kalmadan kendi kendine montajı kolaylaştırması gereken bağlantıları içermektedir. Bu tür birleştirmeler işlevsel, estetik açıdan çekici, dayanıklı ve kullanımı güvenli olmalıdır. Çalışmada, yenilikçi mobilya bağlantılarının prototiplerinin üretilmesine ve bu bağlantılar kullanılarak birleştirilen mobilyaların kalitesinin değerlendirilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla sonlu elemanlar yöntemi ve Abaqus programından yararlanılmıştır. Bağlantılar, polilaktik asitten (PLA) yapılmış nesneler olarak modellenmiştir. Birleştirmelerin yapımından kaynaklanan yüzeyden yüzeye temas ve montaj kuvvetleri, birleşim elemanları arasına dahil edilmiştir (Şekil 2.4.b). Mobilya kasası burulma yüklerine maruz kalmış, mobilyaların rijitliği ve birleşim noktalarındaki gerilme dağılımı hesaplanmıştır. Sayısal hesaplamaların temelinde, birleştirmeler pozitif olarak doğrulanmıştır[118].

Bilgisayarların sürekli kalite ve güvenilirlik geliştirmelerinin yanı sıra mobilya endüstrisi tasarımındaki yaygın uygulamaları, uygulanan bağlantıların rijitlik özelliklerinin dikkate

alınacağı mobilya konstrüksiyonlarının optimizasyon algoritmalarının detaylandırılmasını teşvik etmektedir. Son kırk yılda, sonlu elemanlar yöntemi, FEM, yapısal, katı ve akışkanlar mekaniği alanındaki fiziksel olguları analiz etmenin yanı sıra alan problemlerinin çözümü için kullanılan baskın teknik haline gelmiştir. Tankut ve diğ. [119] yaptıkları çalışmada, ahşaptan yapılmış mobilya ürünlerinin analizinde uygulanan FEM'in bibliyografik bir incelemesini sunmuşlardır. Mobilya yapı malzemesi olarak ahşap ve mekanik özellikleri, şimdiye kadar uygulanan istatistiksel mobilya optimizasyonu yöntemlerine, çok daha kesin sonuçlar elde edilmesini sağlayan gradyan yöntemleriyle değiştirilmesine önem verdikleri bir çalışma ortaya koymuşlardır (Şekil 2.4.c).



Şekil 2.4: (a). kapılarda maksimum sapma [65]; (b). mobilya kasası burulma yükleri[118] ; (c). mekanik özelliklerin sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplanması [119].

Ke ve diğ. [120] yaptıkları araştırmada çamdaki mobilya köşe birleştirmelerinin dayanıklılığının bilinmediğini ve bilgi eksikliğinin mobilya endüstrisindeki kullanımlarını sınırladığını düşündüklerinden, çamdaki L şeklindeki köşe kavela birleştirmelerin mukavemetini Taguchi yöntemi ve sonlu elemanlar analizi (FEA) kullanarak optimize etmişlerdir. Bir L9-34 Taguchi ortodoksi dizisini (OA) benimseyerek, faktörlerin ve seviyelerin optimal kombinasyonunu belirlemek için her biri üç seviyede dört deneysel faktör (yani, yapım stili, zıvana uzunluğu, zıvana çapı ve zıvana aralığı) gerçekleştirmişlerdir. ANSYS yazılımını kullanarak von mises stresini bulmak için FEM analizinin ve varyans analizinin (ANOVA) sonuçları, çam ağacında en uygun L-şekilli köşe kavela bağlantısının yapı stilinde 45° eğimli alın, 24 mm zıvana uzunluğunda, 6 mm çapında ve 20mm zıvana boşluğunda olduğunu ortaya çıkartmışlardır.

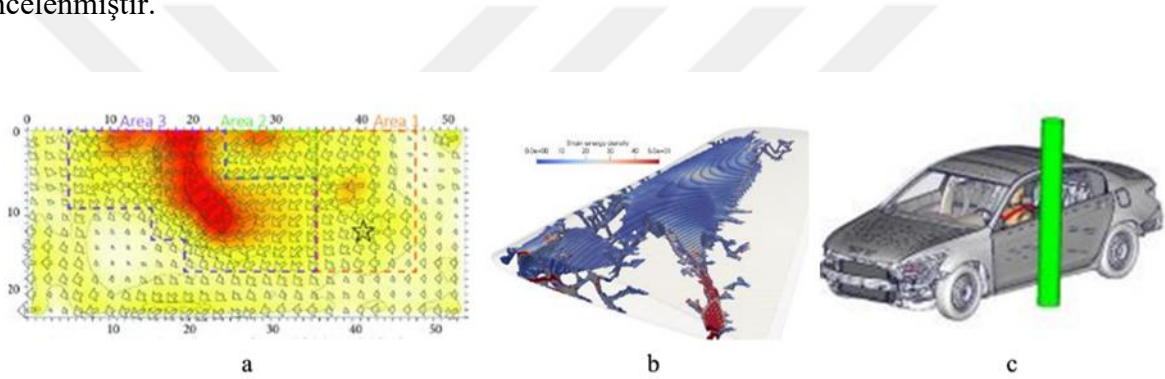
Diler ve diğ. [121] Sonlu elemanlar yönteminin, üreticilerin sandalyelerin şeklini ve boyutunu optimize etmesine olanak sağladığını belirtmiştir. Geliştirilen modeller, ürün tasarımını ve test

süresini azaltmak için lamine bambu sandalye üzerinde sanal test gerçekleştirmek için prosedürler oluşturulmuştur. Bu sanal test, lamine bambu sandalyenin tasarımının iyileştirilmesi ve geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır. Başka bir araştırma çalışması ise [122], sandalyelerin performanslarına göre sınıflandırılmasına odaklanmıştır. Üç yüz on beş sandalye test edilmiş ve test sonuçlarının ardından ahşap sandalye performansı için kabul edilebilir hafif, orta ve ağır tasarım yükleri belirlenmiştir. Ayrıca bu değerler izin verilen tasarım yükleri ile uyumlu olduğu ortaya çıkmıştır.

Hu ve diğ. [123] aynı yük gereksinimlerini karşılamaya devam ederken daha hafif hale getirmek için bir mobilya çerçevesinin hacmini optimize etmişlerdir. Optimizasyon için sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ve MATLAB programı kullanılmıştır. Örnek olarak kayın tabure çerçevesi alınmıştır. Tabure çerçevesinin iç kuvvetlerini elde etmek için ilk olarak sonlu elemanlar modeli kurulmuş ve analiz edilmiştir. Her bir eleman tipindeki maksimum kritik kuvvetleri elde etmek için iç kuvvetler incelenmiştir. Daha sonra amaç fonksiyonu olarak tanımlanan tabure çerçevesinin hacmini en aza indirmeye yönelik kısıtlar elde edilmiştir. Son olarak MATLAB yazılımı kullanılarak amaç fonksiyonu ve kısıtlar programlanarak çözülmüştür ve sonuç olarak elemanların minimum hacim ve boyutları belirlenmiştir. Optimize edilmiş taburenin aynı yükleri taşıyacak kadar güçlü olup olmadığını belirlemek için deneysel bir test yapılmıştır. Sonuçlar, optimize edilmiş taburenin optimize edilmemiş versiyondan %58 daha hafif olduğunu ve aynı zamanda GB 10357-3 gerekliliklerini karşıladığını göstermiştir. Sonuç olarak, yazarlar bu yöntemin, bir mobilya çerçevesinin optimizasyonu, daha hafif hale getirilmesi ve üreticinin malzeme maliyetlerinin düşürülmesi için uygun olduğunu bildirmiştir. Birçok araştırmada farklı ağaç türleri için mukavemet analizleri yapılmıştır. En son yapılan çalışmalardan birinde, sandalyede düzensiz oturma biçimleri FEM tarafından analiz edilmiştir. Çalışmada kızıl meşe (*Quercus falcata*), kırmızı çam (*Pinus resinosa*) ve Ladin Engelmann (*Picea engelmannii*) ağacından üretilen sandalye, ambalaj standartlarında tanımlanan iki farklı yükseklikten serbest düşüşle simüle edilmiştir. Sandalyenin farklı kısım ve köşelerindeki mukavemet, ANSYS ile ön ayakları üzerinde serbest düşüş olarak analiz edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada yazarlar mobilya tasarımcıları ve üreticileri için bazı öneriler geliştirilmiştir [124].

Sonlu elemanlar yöntemi mobilyada; bağlantı elemanlarında, fonksiyonellikte, mekanik davranışlarda vb. alanlarda kullanıldığı literatür araştırmasında ortaya çıkmıştır. Birçok alanda kullanılan bu yeni mühendislik metodunun optimizasyon, matematik, istatistik alanlarda da kullanıldığı görülmüştür. Dünyada ve ülkemizde yapılan diğer çalışmaların bazıları;

2016 Kumamoto, Japonya depremi için fay düzleminde bir deprem oluşumunu simüle etme süreci, sonlu elemanlar yöntemleri kullanılarak dinamik olarak incelenmiştir (Şekil 2.5.a) [125], bir diğer çalışma birden çok yük durumu için kaldırma ve uyum kısıtlamalarına bağlı sürtünmeyi en aza indirmek amacıyla uçak kanatlarının dış şeklinin ve iç topolojisinin eşzamanlı optimizasyonu için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yeni bir yöntem geliştirilmiştir (Şekil 2.5.b) [126], Porkolab ve Lakatos [127] yaptıkları çalışmada çarpışma testlerini gerçekçi koşullar altında pratikte bir kaza durumunda simüle etmişlerdir (Şekil 2.5.c). Bu testten sonra Sonlu Elemanlar Yöntemi, matematiksel diferansiyel denklemlere dayalı olarak bir kazanın çeşitli sonuçlarının sanal olarak hesaplanması yapmışlardır. Sonuç olarak çeşitli bileşenlerin veya tüm arabanın deformasyon derecesi bir bütün olarak hesaplanarak incelenmiştir.



Şekil 2.5: (a). Japonya depremi simülasyonu [125]; (b). uçak kanadı simülasyonu [126]; (c). araba çarpışma testi simülasyonu[127].

Moon ve diğ. [128] yaptıkları çalışmada, hem gerçek bir aracın geometrik/fiziksel verilerinden hem de sanal reaksiyon kuvvetine karşı kapanma süresi verilerinden minimum kapı kapanma hızını tahmin etmek için sayısal bir süreç geliştirmişlerdir. Daha gerçekçi bir çözüm üretmek için açık kod kullanan üç boyutlu bir kapı kapatma analizi de tanıtılmıştır [128].

Hu ve diğ. [129] farklı ayna şekli ve yan cam geometrik parametrelerinin arabadaki gürültü üzerindeki etkisinin birincil ve ikincil dereceleri, ortogonal deneylerin tasarımı ve analizi yoluyla elde edilmiş ve akış ve ses alanlarının sonuçları karşılaştırılmıştır. Analizler sonlu elemanlar yönteminde ANSYS programı kullanılarak elde etmişlerdir. Literatürde rastlanan başka bir çalışmada yazarlar alüminyum petek yapıların düşük hızlı darbe altındaki davranışı deneysel ve sonlu elemanlar analizi yöntemiyle incelemişlerdir. Alüminyum petek kompozit yapıların üretimi, farklı genişlik ve yükseklikteki farklı yapıştırıcılar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen petek yapıların düşük hızlı darbe deneyleri ASTM D7766

standardına göre yapılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık %85 oranında uyum içinde olduğu görülmüştüğü gibi yapılan t-testi sonucunda sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı da yazarlarca belirtilmiştir[130].

Kapılar, patlama gibi aşırı yüklere maruz kaldıklarında eninde sonunda bozulabilecekleri için herhangi bir yapıdaki en kritik kısımdır. Bir yapıdaki patlamaya dayanıklı kapılar, patlama basıncına karşı etkili bariyerler olarak çalışarak tüm yapıyı güvenli hale getirir. Buna göre, patlama basıncına dayanmak için önemli yapılarda patlamaya dayanıklı kapılar sağlama ihtiyacı ortaya çıkar. Burada, patlama yüküne maruz kalan üç menteşeli beş mandallı çift kanatlı kompozit bir kapının karşılaştırmalı performansı, sonlu elemanlar analiz yazılımı LsDyna kullanılarak incelenmiştir[131].

Çekmece rayları ile fonksiyonel olarak aynı çalışan vinç kolları ile ilgili bir çok bilimsel araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmalar tıpkı raylar gibi temas, kayma ve sabit yüzeylerin durumunu ortaya koymak amacıyla sonlu elemanlar analizinin kullanıldığı çalışmalardır.

Yapılan başka bir çalışmada teleskopik rayların yapısı araştırma nesnesi olarak kullanılmıştır. FEA yazılımı ANSYS ve üst üste binen ve üst üste gelmeyen bölgelerdeki mukavemet hesaplama teorisi aracılığıyla sonuçları karşılaştırmalı olarak birleştirerek optimize etmeye çalışmışlardır. Modelin FEA sonuçlarının, sabit bağlantı yüzeylerinde eş düzlemli yol ile, tüm analiz ve karşılaştırma boyunca ciddi distorsiyon fenomeni ortaya çıkardığı, distorsiyon derecesinin %354,5'e ulaştığı ve bu optimizasyon yönteminin başarısız olduğunu gösterdiği bulunmuştur; Kayan temas yüzeylerinin temaslı doğrusal olmayan analize göre düzenlendiği modelin FEA sonuçları, kayan temas yüzeylerinin doğrusal düğüm bağlantısına göre düzenlendiği modelin sonuçlarından daha büyüktür, bu yöntemde gerilim yoğunlaşması olgusu yoktur, simülasyon sonuçları eskisinden daha güvenli ve gerçek temas durumuyla daha tutarlı olduğunu bildirmişlerdir. Temas analizi, daha fazla bilgisayar kaynağına ihtiyaç duyan bir tür doğrusal olmayan analiz davranışdır. Bu nedenle bilgisayar kaynağı gerginken düğüm bağlantısının kayar bağlantıya uyarlanması durumunda gerçek hesaplama sonuçları daha gerçekçi ve ekonomik olarak elde edilebilir [132].

Shen ve diğ. [133] yaptıkları bir çalışmada teleskopik bom ile kaydırıcı arasındaki gerçek temas durumunun nasıl simüle edileceği, karmaşık doğrusal olmayan temas nedeniyle vinç endüstrisi için acilen çözülmesi gereken bir sorun olmuştur. Araştırma nesnesi olarak yeni büyük tonajlı

demiryolu vinci alınmış, uluslararası gelişmiş doğrusal olmayan sonlu elemanlar analiz yazılımı ABAQUS'un yardımıyla silindir modeli oluşturulmuş, kaplin kısıtlamaları ve konnektörleri, kayma sürtünmesi tanımlanarak silindir ve teleskopik bom arasındaki menteşeli ilişki oluşturulmuştur. Temas mekaniği modelinin 103 tekrarlı hesaplama sonunda başarılı bir şekilde yakınsaması sağlanmıştır. Kaydırıcının doğrusal olmayan temas analizinin boşluğunu dolduran silindir desteğiyle kayan temas işlemi sırasında temas bölgesinin temas gerilimi tepkisi belirlenmiştir.

Literatür incelemesi sonucunda, mobilya mühendisliği, laboratuvar testleri, sonlu elemanlar analizlerinin mobilya mühendisliğinde uygulanması ile ilgili pek çok çalışmaya rastlanmıştır. Ancak, bu çalışmaların pek çoğu laboratuvar ortamında üretilen ürünlere ilişkin olup, endüstri uygulamalarında bu metodolojinin uygulandığı çalışmaların sayısı sınırlıdır. Bu çalışma ile gerçekleştirilen mühendislik tasarımı metodolojisi sayesinde, uygulanan laboratuvar testleri ve tasarım, modelleme ve yapısal analizler ile mobilya daha üretilmeden tasarımcılara, üreticilere ve mühendislere sayısal verilerin sağlanabileceği belirlenmiştir.

3. YÖNTEM

Çalışma, mobilyaları oluşturan malzemelerin bazı fiziksel mekanik testleriyle başlamaktadır. Testlerde kullanılacak olan dolaplar 2 tür malzemedan üretilmiştir. Bu amaçla yapılacak mobilyaların malzemesi, aynı partiden seçilen yonga levha ve MDF olarak belirlenmiştir. Mobilya üretimine başlanılmadan her malzeme partisinden 1'er örneğin fiziksel ve mekanik testleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan örnekler Türkiye'de önemli miktarda mobilya üretimi yapan bir firmadan hazırlama şartları önceden uzlaşılarak temin edilmiştir. Levha özellikleri tanımlandıktan sonra kapak ve çekmecelerin laboratuvar koşullarında standartlara uygun testleri 30' ar örnek ile gerçekleştirilmiştir. Testlerde İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarları donanım ve makinaları kullanılmıştır.

3.1. MATERYAL

3.1.1. Ahşap Esaslı Levhalar

Çalışma kapsamında kullanılan levha türü seçiminde; hem ülkemizde mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan hem de literatürde yer alan standartlara uygun malzeme seçimi yapılmıştır. Buna göre, TS EN 312-2012 esaslarına uygun üretilmiş 18 mm kalınlığında yatık yongalı yonga levha, TS 64-3EN 622-3; 2005 esaslarına uygun üretilmiş 18 mm kalınlığında orta yoğunlukta Lif Levha (Medium Density Fiberboard: MDF) kullanılmıştır [134], [135].

3.1.1.1. Mobilya Yapımında Kullanılan Malzeme Özellikleri

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 çita 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.

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. Şekil 3.1 de örneklerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Örneklerin yapımında kullanılan ahşap esaslı malzemeler.

3.1.2. Bağlantı Elemanları

3.1.2.1. Kabin bağlantı elemanları

Kabinlerin ana gövdeleri tez kapsamında deneylerin doğrudan bir parçası olmasa da kapaklı ve çekmeceli MDF ve YL malzemeden yapılan her modül aynı kalite, özellikte ve birebir aynı yöntemle birleştirilmiştir. Kabinlerde 8x30mm ölçülerde kavela, 13x15mm ölçülerde minifix ve soketi, 18 x 3,5 mm yonga levha vidası kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Kabin bağlantı elemanları.

3.1.2.2. Menteşe

Deneylerde kapakların dolap gövdesine bağlanması için Grass Tiamos tip 110 dereceye kadar açılabilen, küçük kabinlerde daha çok kullanılan ve çalışma kapsamında ürünlerin sağlandığı firmada en çok tercih edilen menteşeler seçilmiş ve yine bu menteşelerin hem kapak yüzeyine hem de dolap gövdesine bağlantısının sağlanması için 18 x 3,5 mm yonga levha vidası kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Menteşe.

3.1.2.3. Çekmece ray bağlantı elemanları

Deneylerde bağlantı elemanı olarak; çekmecelerin kabin gövdesine bağlanması için “Nova Pro” rayları ve yine bu rayların hem çekmece hem kabin gövdesine bağlantısının sağlanması için 18 x 3,5 mm yonga levha vidası Şekil 3.4’ teki gibi kullanılmıştır. 2 gövde rayı (sol + sağ), 2 çerçeve (sol + sağ), 2 ön tutucudan oluşan ray sistemi alüminyum alaşımdandır. Çalışma kapsamında 63x500mm boyutlarında çekmece rayları kullanılmıştır.



Şekil 3.4: Çekmece rayları.

3.1.3. Diğer Yardımcı elemanlar

3.1.3.1. Komparatör

Kapak ve çekmecelerin standarda uygun deneyleri yapıldıktan sonra bazı yer değiştirmeler meydana gelmektedir. Bu yer değiştirmeleri kantitatif bir sonuca dönüştürmek için komparatör cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, kapak ve çekmeceler teste hazırlandıktan sonra; U1 ve U2 işaretli yerlerden ölçüm yapılarak kullanılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir (Şekil 3.5). Testlerde 0,0001mm hassasiyetli Mitutuya ID-S dijital komparatör kullanılmıştır. U1 ve U2 noktalarının bir standardı bulunmadığından kapak ve çekmece kenarlarından 5cm içeri gelecek şekilde tüm modüllere uygulanmıştır.



Şekil 3.5: Diğer yardımcı elemanlardan komparatör.

3.1.3.2. Deneylerde kullanılan mobilya kapak ve çekmece test cihazı

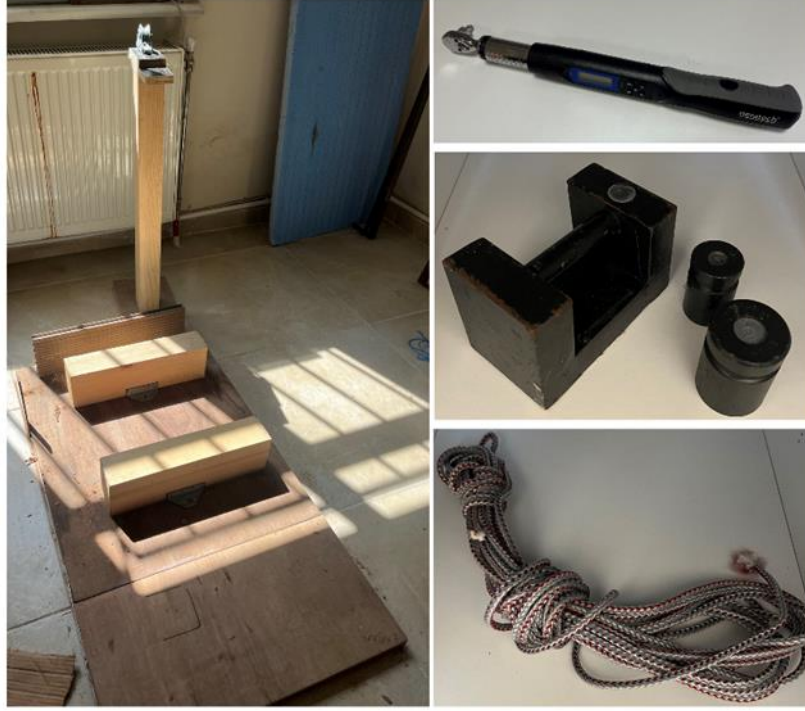
Deneylerde kapak ve çekmece açma-kapama cihazı kullanılmıştır. Cihazlar Tümke Makine AŞ tarafından yapılmış, Universal mobilya test cihazının aynısıdır. Standarttaki testlerin bazıları elle yapılabilirken bazılarında pnömatik sistemler uygulanabildiğinden birçok testte İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mobilya Kalite Değerlendirme ve Endüstri 4.0 Laboratuvarında bulunan cihazlar kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Deneylerde kullanılan cihazlar.

3.1.3.3. Deneylerde kullanılan ağırlıklar, deney düzeneği, torkmetre ve diğer yardımcı elemanlar

Standarda uygun yapılan deneyler birçok deney prosedüründen oluşmaktadır. Her bir deney prosedürü oluşturulurken yardımcı elemanlar kullanılmıştır. Kabinlerde, menteşe ve raylarda kullanılan vidaların tamamında Geratech DTWB-85 85 Nm Mini Dijital Tork Anahtarı kullanılmış, 0,63 ve 1,30 N/m olmak üzere 2 farklı tork değerinde testler yapılmıştır. Bazı test gruplarında ağırlıklar kullanılmıştır. Bu ağırlıkların tamamı sertifikalı ve standardına uygun şekilde yapılmış ve özellikle statik yüklemelerde kullanılmıştır. Yüklerin kapaklara asılmasında ve hızlı açma-kapama deneylerinde ağırlığı olmayan, yükleri kaldırabilen ipler kullanılmıştır. Ayrıca hızlı açma-kapama deneylerinde kullanılmak üzere de makaralı bir sistem, kabini sabitlemek için de hareketsiz bir mesnet İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Atölyesinde yapılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Deneylerde kullanılan diğer yardımcı elemanlar.

3.1.4. Deney Örneklerinin hazırlanması

3.1.4.1. Kabinlerin hazırlanması

Firmada üretilen mutfak dolabı modelleri, paketlenmesi yapıldıktan sonra İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Üniversitesi Orman Fakültesi Mobilya Kalite Değerlendirme ve Endüstri 4.0 Laboratuvarında test edilmek üzere gönderilmişlerdir. Mobilya modelleri üniversiteye demonte olarak ulaştırılmıştır. Çekmece ve kapak modüllerini içeren kabinler iki farklı malzeme olması haricinde aynı ölçü ve standartta hazırlanmıştır. Kabin parçalarının hepsi firmadan paketli ve üzerlerinde parça özellikleri yazan etiketli olarak Şekil 3.8'deki gibi gönderilmiştir.



Şekil 3.8: Paketli modül parçaları.

Kabinlerin her parçası paketten çıkarılarak isimlendirilmiştir. Sağ yan levha, sol yan levha, altlık, üst levha ve arkalık olmak üzere her bir kabin birleştirilmiştir. Tüm levhalar 18mm ve arkalıklar 8mm kalınlıktadır. Kabinler MDF ve YL olarak ayrı ayrı birleştirilmiştir (Şekil.3.9).



Şekil 3.9: Kabinlerin montajı.

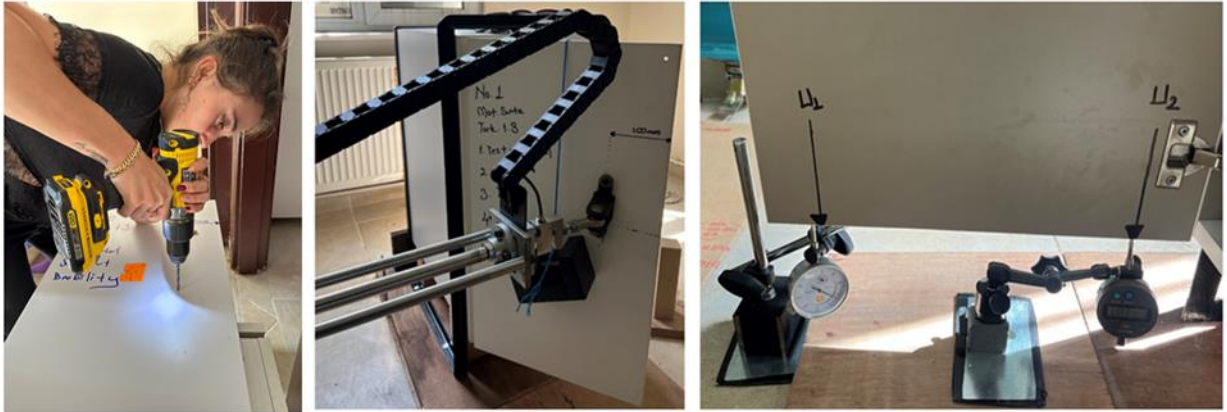
3.1.4.2. Kapakların hazırlanması ve menteşe montajı

Kapakların hazırlanması 2 aşamada yapılmıştır. İlk aşamada menteşenin yuvasına yerleştirilmesi ve kapağın kabine montajı işlemi yapılmıştır (Şekil 3.10). Burada kullanılan 4 vidanın da torku sabitlenmiş ve kapaklı modüller teste hazır duruma getirilmiştir.



Şekil 3.10: Kapaklı numunelere ait menteşe montajı.

İkinci aşamada ise kapağın üstüne yer değiştirme değerlerine bakılacak U1 ve U2 ölçüm yerleri işaretlenmiştir. Kapağın ön kısmına özellikleri yazılmıştır. Test cihazının bağlanması için gerekli delikler açılmış ve son olarak yüklemenin yapılacağı yerler standarda uygun şekilde belirlenmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Kapaklı modüllerin laboratuvar testlerine hazır hale getirilmesi.

3.1.4.3. Çekmecelerin hazırlanması ve ray montajı

Çekmecelerin hazırlanması 2 aşamada yapılmıştır. İlk aşamada çekmece montajı ile başlanmıştır. Çekmece rayları kabine monte edilerek, tork değerleri sabitlenmiştir. Çekmece kasası oluşturulmuş, çekmece altlıkları da çekmece malzemesi ile aynı olacak şekilde

montajlanmıştır (Şekil 3.12). Yine buradaki kullanılan tüm vidaların torku birbiri ile eşit şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.12: Çekmece raylarının montajı.

İlk aşamada çekmece kapağının üstüne yer değiştirme değerlerine bakılacak U1, U2 ve U3 işaretlenmiştir. Burada kapak testlerinden farklı olarak çekmece altlık sehimi için de U3 isimli ölçüm noktası tam ortadan olacak şekilde belirlenmiştir. Çekmece kapağının ön kısmına özellikleri yazılmıştır. Test cihazının bağlanması için gerekli delikler açılmış ve son olarak ttsi yapılacak örnekler üzerinde yüklemenin yapılacağı noktalar standarda uygun şekilde belirlenmiştir (Şekil 3.13).



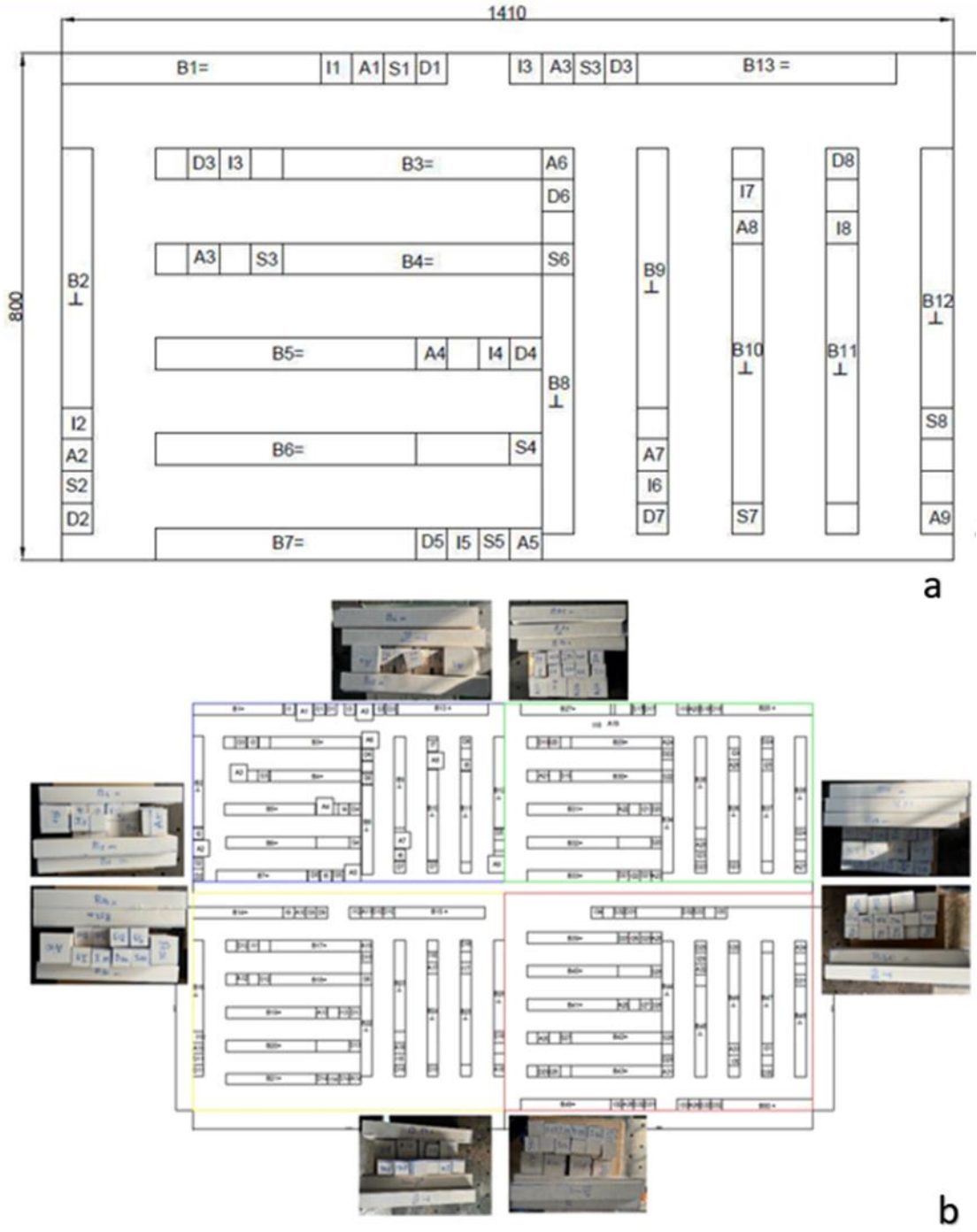
Şekil 3.13: Çekmeceli modüllerin performans testlerine hazır hale getirilmesi.

3.2. METOD

3.2.1. Levhaların Fiziksel- Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Çalışmada; YL ve MDF malzemelerin rutubet oranı, yoğunluk, su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme, çalışma miktarı, eğilme direnci, elastikiyet modülü, çekme direnci ve levha yüzeyine paralel yönde vida çekmece direnci tespit edilmiştir.

Fiziksel- Mekanik testlerin yapılacağı deney numuneleri BS EN 326-1 standardına göre her deney numunesi, teste uygun ölçülerde Şekil 3.14.a'da görüldüğü gibi uygulanmış ve kesilmiştir (Şekil 3.14.b) [136]. Standartta verilen numune sayısı kadar değil, istatistiksel açıdan değerlendirme için testler minimum 30 ar örnek üstünden yapılmıştır. Kesim planı 180x220 boyutlardaki MDF ve yonga levha plakaların tamamına uygulanmış; seri üretimden çıkan parti levhalardaki mobilyaların üretileceği bölgesel farklılıkları gidermek amaçlanmıştır.



Şekil 3.14: Fiziksel ve Mekanik Test Numunelerine ait (a). Standart Kesim Planı, (b). Çalışmada kullanılan levhaların kesim planı.

Fiziksel ve mekanik özelliklerin belirleneceği bütün deney örnekleri 65 ± 5 bağıl nem ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık şartlarındaki iklimlendirme kabininde Şekil 3.15'deki gibi kondisyonlanmışlardır. Tüm deneyler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarlarında mevcut olan 5 ton kapasiteli “Üniversal Test Cihazı” kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 3.15: Kondisyonlanmış test örnekleri.

Fiziksel mekanik testlerin deney deseni Tablo 3.1'deki gibidir. Numuneler plakadan kesilip kodlanarak kondisyonlanmış sonra da ilgili standarda uygun şekilde test edilmiştir.

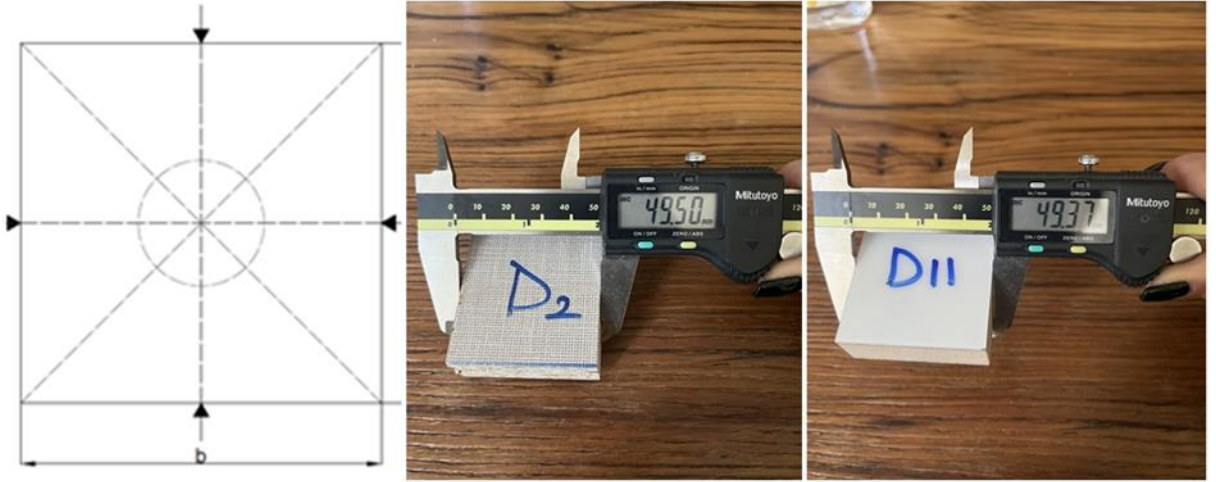
Tablo 3.1: Fiziksel mekanik testlerin deney deseni.

Fiziksel Mekanik Testler	Malzeme Türü	Adet	Kod	Boyut	Fotoğraf
Yoğunluk (g/cm ³)	MDF -YL	30	D	50x50mm	
Rutubet(%)	MDF -YL	30	D	50x50mm	
Su Alma Kalınlığına Şişme(%)	MDF-YL	30	S	50x50mm	
Eğilme Direnci (N/mm ²)	MDF-YL	30	B	410x50mm	
Eğilmede E Modülü (N/mm ²)	MDF-YL	30	B	410x50mm	
İç Yapışma D (N/mm ²)	MDF -YL	30	I	50x50mm	
Vida Çekme (N)	MDF- YL	30	A	75x75mm	

3.2.1.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

- Levhaların yoğunluğun belirlenmesi (EN 323)

TS EN 323’de (1999) belirlenen esaslara göre 50 x 50 mm ölçülerinde 30’ar adet yonga levha ve MDF hazırlanmış ve numune testleri yapılmıştır [137]. EN 326-1 belirtilen esaslara göre kondisyonlanmış ve 4 saat aralıklı yapılan tartımlarda, ardı ardına yapılan iki ölçme arasındaki ağırlık farkının, deney parçası ağırlık farkının %0,1’inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde bu ağırlık değişmez kabul edilmiştir. Hassas terazide (± 0.01) ve boyutları ise dijital kumpasla (± 0.1) ölçülmüştür. Dijital kumpas, deney parçalarının yüzeylerine yavaş yavaş uygulanarak, numunenin kalınlığı, t, en az 0,05 mm yaklaşımla ve Şekil 3.16 gösterilen köşegenlerin kesiştiği noktadan ölçülmüştür.



Şekil 3.16: Levhaların Yoğunluğunun belirlenmesi.

Buna göre özgül ağırlık (yoğunluk);

$$\delta = m/v \quad (3.1)$$

δ = Özgül ağırlık (g/cm³)

m = Numune ağırlığı (g)

v = Numune hacmi (cm³)

- Levhaların rutubet miktarının belirlenmesi (EN 322)

Rutubet miktarının belirlenmesinde EN 322’de belirtilen esaslara göre 50 x 50 mm ölçülerinde 30’ar adet yonga levha ve MDF parçalar hazırlanmıştır[138]. Örnekler hassas terazide tartılmıştır. Sonra 103 ± 2° C’ de değişmez ağırlığa ulaşınca kadar Şekil 3.17’ deki gibi kurutulmuştur.



Şekil 3.17: Levhaların rutubet yoğunluğunun belirlenmesi için kurutulması.

6 saat ara ile arka arkaya yapılan tartımlarda iki tartım arasında ağırlık farkının, deney parçası ağırlıklarının 0,01'den fazla olmaması durumuna geldiğinde, standarda göre bu ağırlık değişmez ağırlık olarak kabul edilmiştir.

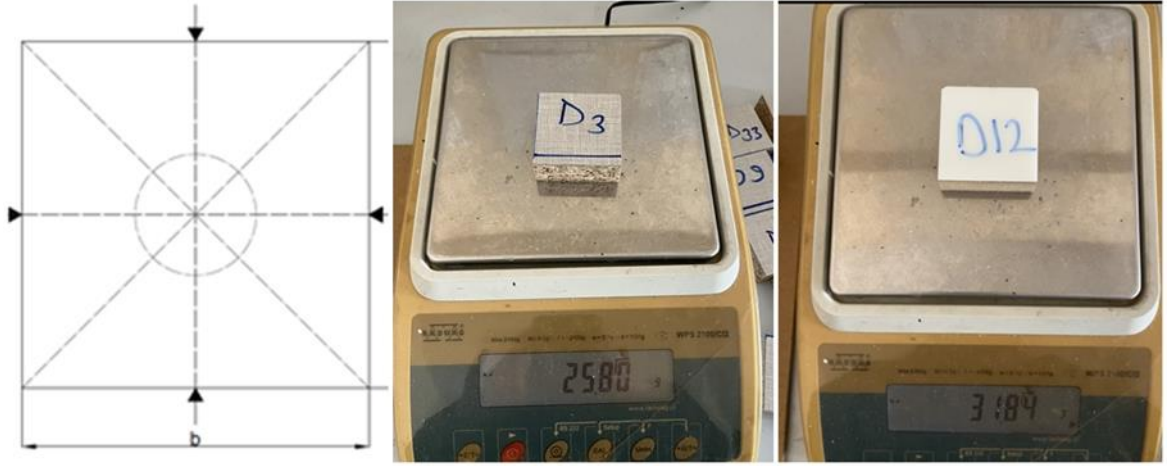
Her deney parçası kurutma fırınından çıkarılarak soğutulduktan sonra %0,1'den daha fazla rutubet artışını önleyecek hızda Şekil 3.18 olduğu gibi 0,01 gram hassasiyetle terazide tartılmıştır. EN 322'de belirtilen standart esaslarına göre aşağıdaki formülle (3.2) rutubet miktarı hesaplanmıştır.

Buna göre özgül ağırlık rutubet miktarı;

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} \times 100 (\%) \quad (3.2)$$

m_H = Numune ağırlığı (g)

m_0 = Numunenin kurutulduktan (g)



Şekil 3.18: Levhaların Rutubet miktarının belirlenmesi.

- Levhaların su alma-kalınlığına şişme miktarının belirlenmesi (EN 317)

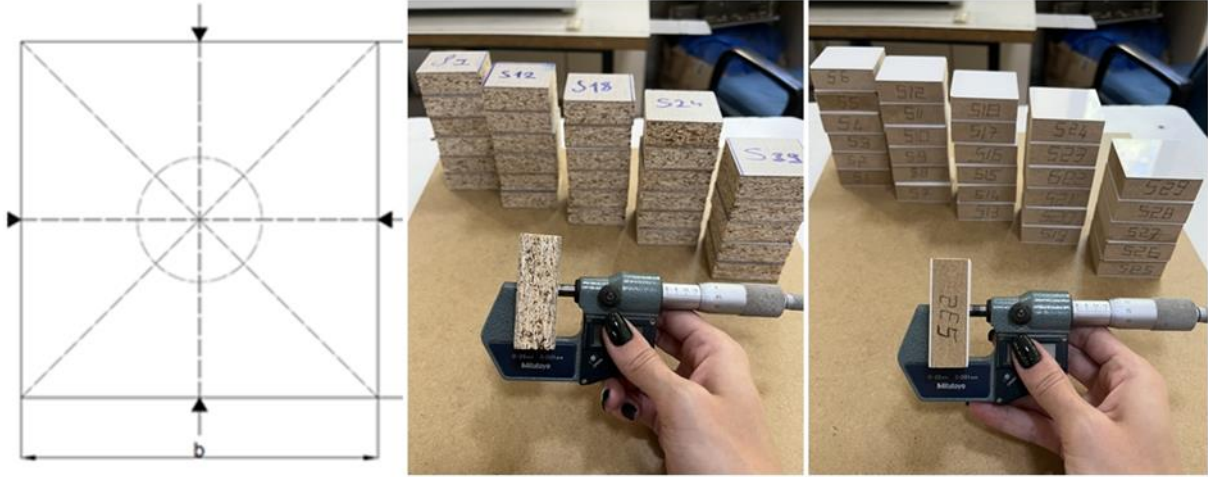
Su alma miktarı ve kalınlığına şişme oranının belirlenmesinde EN 317 standardında belirtilen esaslara uygun olarak $50 \pm 0,1$ mm x $50 \pm 0,1$ mm x 10 mm boyutlarında kesilen 30'ar adet yonga levha ve MDF levhalar test etmek üzere hazırlanmıştır [139].

Her deney parçasının ağırlıkları hassas terazide ($\pm 0,01$) ve kalınlıkları ise dijital kumpasla ($\pm 0,1$) ölçülmüştür. Deney numuneleri; su tankının tabanına ve kenarlarına değmeyecek şekilde, her yeni deney başlangıcında durgun ve temiz, pH değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı $20 \pm 2^\circ\text{C}$ olan su içerisine 24 saat ± 15 dakika süresince daldırılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Numunelerin su tankına atılması.

Deney numunelerinin üst kısımları su yüzeyinden yaklaşık olarak 25 ± 5 mm aşağıda olmasına dikkat edilmiştir. Daldırma süresinin tamamlanmasının ardından deney numuneleri sudan çıkarılarak, fazla sular akıtılmış ve her deney numunesinin şişmiş haldeki kalınlığı Şekil 3.20 deki gibi işaretli noktadan ölçülmüştür.



Şekil 3.20: Levhaların su alma miktarı ve kalınlığına şişme oranının belirlenmesi.

$$KA = \frac{k_2 - k_1}{k_1} \times 100 (\%) \quad (3.3)$$

k_1 = Numunenin suya daldırılmadan önceki kalınlığı (mm)

k_2 = Numunenin suya daldırıldıktan sonraki kalınlığı (mm)

Her levhanın deney numuneleri için bulunan değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak münferit levhaların, bunların ortalaması ile de bütün levhaların kalınlığına şişme değeri bulunmuştur.

3.2.1.2. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

- Eğilme Direnci (EN 310)

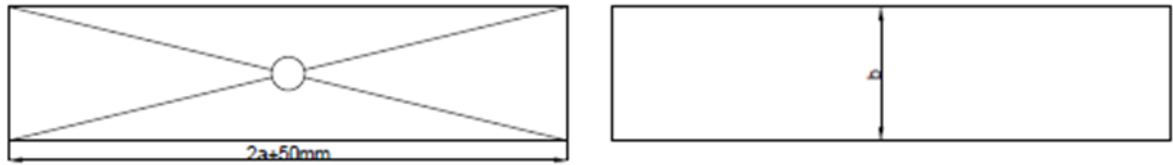
Deney, TS EN 310'da belirtilen esaslara göre yapılmıştır [140]. Deney, her bir deneme levhasından yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı levha uzunluğuna dik olarak kesilmiştir. Her gruba ait olan numunelerin yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı ise levha uzunluğuna dik olacak şekilde alınmıştır. Numuneler üzerine yük uygulanırken levha yüzeyine paralel olan numunelerin yarısına üst yüzünden diğer yarısına ise alt yüzünden uygulanmıştır. Aynı işlem levha yüzeyine dik olan numuneler üzerinde de yapılmıştır. Deney, bir ton güçlü universal ağaç malzeme test makinasında yapılmış ve basınç silindirisinin çapının

$30 \pm 0,5$ mm olmasına, dayanak silindirlerinin ise $15 \pm 0,5$ mm çapında olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan numune boyutları aşağıdaki gibidir.

Numunelerin;

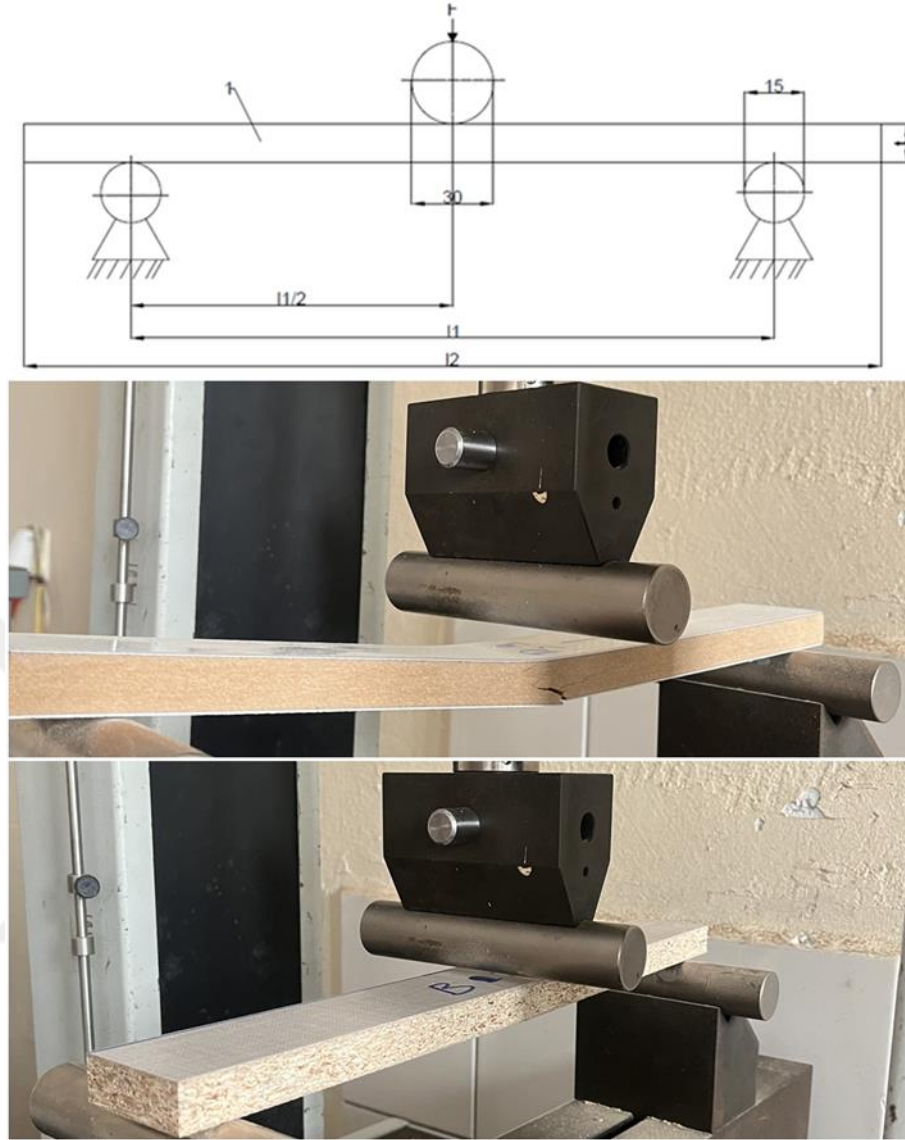
- Uzunluğu (L) = $LS + 50$ mm'dir. LS: Dayanak açıklığı
- Genişliği (b) = 50 ± 1 mm
- Kalınlığı (a) = Levha kalınlığı, mm
- Dayanak açıklığı (LS) = $20 \times a$ mm'dir.

Deney parçasının kalınlığı (a), $\pm 0,001$ mm hassasiyetli dijital mikrometre ile köşegenlerin kesişme noktasından ölçülmüştür (Şekil 3.21). Genişlik (b) Şekil 3.5 b'de gösterildiği gibi aynı eksen üzerinde numune uzunluğunun ortasından $\pm 0,01$ mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülmüştür.



Şekil 3.21: Deney numunelerinin hazırlanması.

Numuneler, 1 ton yük uygulayabilen universal ağaç malzeme test makinasında, çapları 15 mm olan silindirik dayanaklara boyuna ekseni, dayanak silindirleri eksenlerine dik olacak biçimde serbest olarak yerleştirilmiştir. Böylece deney numunesinin enine ekseni ile yük uygulama başlığının düşey ekseni aynı düzlemde olmaktadır (Şekil 3.22). Dayanak açıklığı (LS) levha kalınlığının 20 katı olacak şekilde ve 1 mm yaklaşımla ayarlanmıştır. Yük, çapı 30 mm olan basınç silindiriyle orta yerden olmak ve numunenin bütün genişliğine yayılmak üzere numunelerin yarısına üst yüzden, diğer yarısına ise alt yüzden uygulanmıştır.



Şekil 3.22: Eğilme Direnci tayini (EN 310 ‘a göre).

Yük deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve basınç silindirin hızı en büyük yüke (60±30) saniyede ulaşılacak şekilde ayarlanmıştır. Numunenin kırılmasında uygulanan en büyük yük (Fmax) 1 N yaklaşımla deneme makinasının dijital ekranından okunarak kaydedilmiş ve eğilme direnci 0,01 N/mm² yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$f_m = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot L_S}{2 \cdot b \cdot a^2} \quad (3.4)$$

f_m = Eğilme direnci (N/mm²)

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

L_S = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b = Numune genişliği (mm)

a = Numune kalınlığı (mm)

- Eğilmede Elastikiyet Modülü (EN 310)

Eğilmede elastikiyet modülü; yük-sünme diyagramının doğru oranlılık bölgesi içinde kalmak kaydıyla deney parçasına giderek artan bir yük uygulanması esnasında net eğilme sahasındaki sünme ölçülmek suretiyle tayin edilir.

Deney, EN 310’da belirtilen esaslara göre her bir deneme levhasından yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı levha uzunluğuna dik olarak kesilmiştir [140]. Her gruba ait olan numunelerin yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı ise levha uzunluğuna dik olacak şekilde alınmıştır. Numuneler üzerine yük uygulanırken levha yüzeyine paralel olan numunelerin yarısına üst yüzünden diğer yarısına ise alt yüzünden uygulanmıştır. Aynı işlem levha yüzeyine dik olan numuneler üzerinde de yapılmıştır. Deney bir ton güçlü universal ağaç malzeme test makinasında yapılmış ve basınç silindirinin çapının $30 \pm 0,5$ mm olmasına, dayanak silindirlerinin ise $15 \pm 0,5$ mm olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan numune boyutları aşağıdaki gibidir.

Numunelerin;

Uzunluğu (L) = $LS + 50$ mm’dir. LS : Dayanak açıklığı

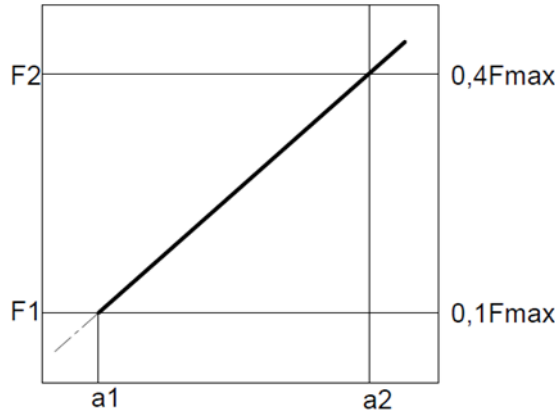
Genişliği (b) = 50 ± 1 mm

Kalınlığı (a) = Levha kalınlığı, mm

Dayanak açıklığı (LS) = $20 \times a$ mm’dir

Deney parçasının kalınlığı (a), $\pm 0,001$ mm hassasiyetli dijital mikrometre ile köşegenlerin kesişme noktasından ölçülmüştür (3.21). Genişlik (b) Şekil 3.21’de gösterildiği gibi aynı eksen üzerinde numune uzunluğunun ortasından $\pm 0,01$ mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülmüştür. Numuneler, 1 ton yük uygulayabilen universal ağaç malzeme test makinesinde, çapları 15 mm olan silindirik dayanaklara boyuna ekseni, dayanak silindirleri eksenlerine dik olacak biçimde serbest olarak yerleştirilmiştir. Böylece deney numunesinin enine ekseni ile yük uygulama başlığının düşey ekseni aynı düzlemde olmaktadır.

Dayanak açıklığı (LS) levha kalınlığının 20 katı olacak şekilde ve 1 mm yaklaşımla ayarlanmıştır (Dayanak noktaları arası açıklık 1000 mm'den fazla, 100 mm'den az olamaz). Yük, çapı 30 mm olan yükleme silindiriyle orta yerden olmak ve numunenin bütün genişliğine yayılmak üzere numunelerin yarısına üst yüze, diğer yarısına ise alt yüze değişmez bir hızla uygulanmıştır. Basınç silindiri numune üzerine temas ettiği anda makinenin dijital ekranında yük ve deformasyonu (eğilme) gösteren yerler sıfırlanmıştır. Daha sonra numuneye yük uygulanmaya başlanmıştır. Test makinesi değişmez bir hızla numuneye yük uygulamaya başladıktan sonra maksimum yükün %10'unda ve %40'ında numune ortasında meydana gelen sehimler, makinenin dijital ekranından 0,01 mm duyarlılıkla okunmuştur (Şekil 3.22). Böylece, yük-sehim diyagramının doğru oranlılık bölgesindeki yük artışı (F_2-F_1) ve bu yük artışlarına karşılık gelen sehim artışı formülde yerine konarak eğilmede elastikiyet modülü hesaplanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23: Standarta göre yük artışlarına karşılık gelen sehim artışı.

Bu işlemler, yük uygulamasının başlamasından itibaren $1,5 \pm 0,5$ dakikalık zaman içinde tamamlanmıştır. Her deney numunesinin eğilmede elastikiyet modülü (E_m) $0,01 \text{ N/mm}^2$ yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$E_m = \frac{(F_2 - F_1) \times LS^3}{4 \times b \times a^3 \times (a_2 - a_1)} \quad (3.5)$$

Burada;

E_m = Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm^2)

LS = Dayanak açıklığı (mm)

b = Numune genişliği (mm)

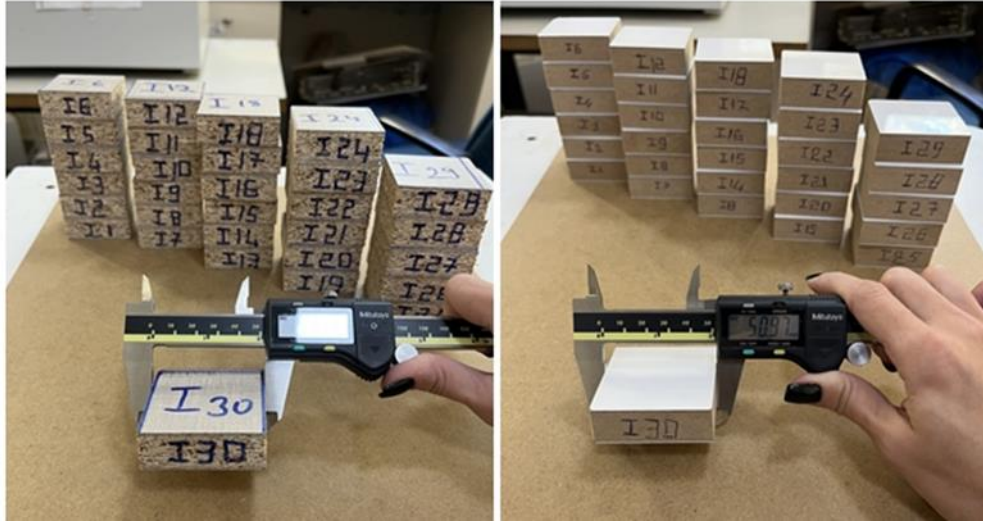
a = Numune kalınlığı (mm)

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

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

- Levha İç Yapışma Direnci (EN 319)

İç yapışma direnci, tutkal ve tutkallama kalitesini belirleyen en önemli özelliktir. Deney, TS EN 319'e göre, her bir deneme levhasından, kalınlığı levha kalınlığında olan ve $50 \pm 0,1$ mm x $50 \pm 0,1$ mm x 10 mm boyutlarında kesilmiştir (Şekil 3.24)[141]. Klimatize edilen numunelerin eni ve boyu, çekme yüzeyinin (kopma alanı) hesaplanabilmesi için 0,01 mm duyarlılıklı dijital kumpas ile ölçülmüştür.



Şekil 3.24: Deney numunelerinin kesilmesi ve ölçülmesi.

Her bir numune kendisine yapıştırılmış Meşe tutamaklarla birlikte, Şekil 3.25' te görüldüğü gibi 1 tanesi kendi eksenini etrafında hareketli kavrama çenelerine takılarak yüzeye dik iki zıt yönde değişmez bir yük uygulanarak koparılmıştır. Kopma anında meydana gelen maksimum yük (F_{max}) makinenin dijital ekranından okunarak tespit edilmiştir. Yük, deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükün uygulanmasıyla deney parçasının kopması arasındaki sürenin 60 ± 30 sn içinde olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.25: Levha iç yapışma direnci deneyinin yapılması.

İç yapışma direnci $0,01 \text{ N/mm}^2$ yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$Q_{cd} = \frac{F_{max}}{F} \quad (3.6)$$

Burada;

Q_{cd} = İç yapışma direnci (N/mm^2)

F_{max} = Kopma anındaki yük (N)

F = Yükün uygulandığı yüzey alanı (mm^2)

Levha yüzeyine dik yönde çekilen numunelerde kopmanın numunenin orta bölgesinden olduğu gözlenmiştir. Levha yüzeyine çok yakın bir yerden veya Meşe tutamakla numune arasındaki tutkal hattından olan kopmalar hesaplamaya dahil edilmemiştir.

- Vida Tutma Mukavemetinin Belirlenmesi (EN 320)

Deney parçasının yüzey veya kenarından, belirlenen bir vidanın çekilmesi için gereken kuvvet ölçülerek, vida tutma kabiliyetinin (mukavemeti) tayin edildiği en önemli özelliktir. Deney, TS EN 320'e uygun şekilde hazırlanmış ve yapılmıştır[142]. Numunelerin alınması ve parçaların kesilmesi EN 326-1 standart esasına göre yapılmıştır. Her numune levhadan 30'ar adet $75\text{mm} \times 75\text{mm}$ olarak alınmıştır.

Deney numuneleri, deneyden önce, değişmez kütleye ulaşmaya kadar, nisbi rutubeti $\% (65 \pm 5)$ ve sıcaklığı $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ olan bir ortamda değişmez kütleye ulaşmaya kadar kondisyonlanmıştır. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki tartım arasındaki

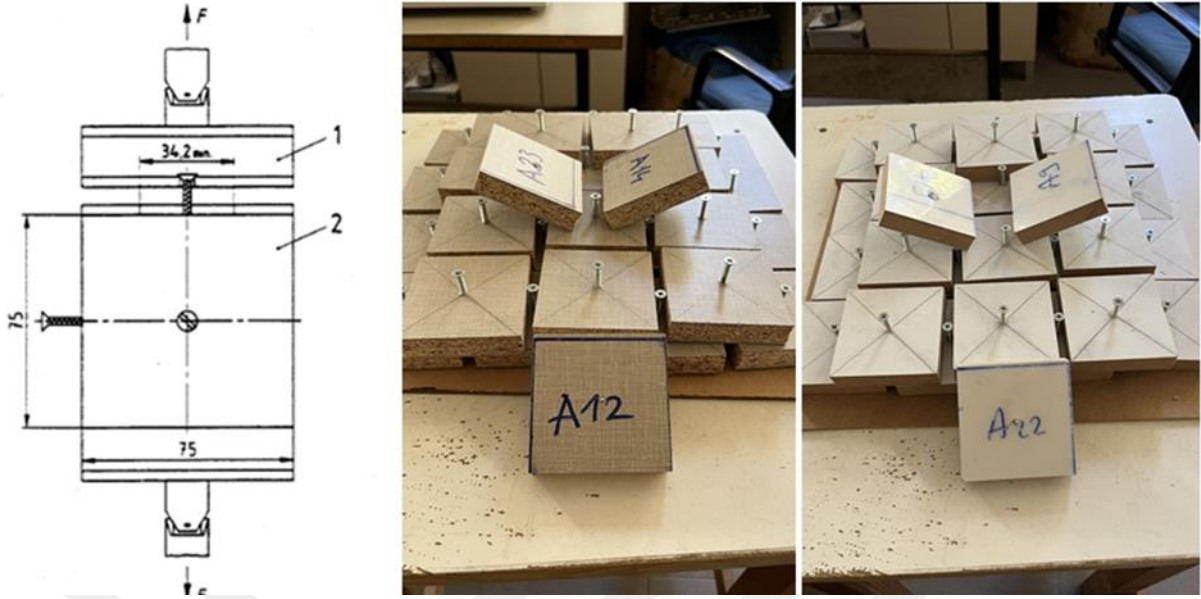
kütle farkının deney parçası kütlelerinin %0,1'inden fazla olmadığı duruma gelindiğinde, numuneler değişmez kütleyle ulaşılmış olduğu kabul edilmiştir.

Deney parçaları, kondisyonlandıktan sonra, vidalar, açılan klavuz (pilot) deliklere vidalanmıştır. Delikler, $(2,7 \pm 0,1)$ mm çapında ve (19 ± 1) mm derinliğinde açılmıştır. Delikler deney parçasının yüzeyine dik olacak şekilde açılmıştır. Delikler komşu yüzeyin ortasına yerleştirilmiştir. Vidalar; deney parçaları üzerinde açılan deliklere $(15 \pm 0,5)$ mm'lik kısmı, dişlerinin tamamı gömülecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu deneyde standart çerçevesinde; anma boyutu, 4,2 mm x 38 mm, ISO 1478'e göre başlık numarası, ST 4,2, vida diş açıklığı (vida adımı) 1,4 mm olan çelik vida kullanılmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26: Deneyde kullanılan vidalar.

Her vidaya; üzerinde vida başlığının rahatlıkla girebileceği bir delik bulunan bir bağlama tertibatı yardımıyla, vida başlığının altında eksenel yönde ve giderek artan bir çekme kuvveti vida tamamen çıkıncaya kadar ve (10 ± 1) mm/dakika hızla uygulayarak vida çekilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27: Kalınlığı 15 mm'den Fazla Olan Levhalarda, Vida Tutma Kabiliyeti (mukavemeti) Deneyi Örneği (1 Bağlama tertibatı, 2 Deney Parçası, t deney parçasının kalınlığı, F kuvvet).

Yüzeylerde vida tutma deneyi, yapılarak, maksimum kuvvet 10 Newton yaklaşımla kaydedilmiştir. Daha sonra deney parçasının yüzeylerden elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak, yüzeylerde her bir levha için vida tutma kabiliyeti hesap edilmiştir.

3.2.2. Mutfak Dolap Modellerine Uygulanan Laboratuvar Testleri

Çalışma, mevcut durum tespiti, istatistik analizi ve sonlu elemanlar yöntemi ile optimizasyon olmak üzere 3 aşamada ele alınmıştır. Birinci aşamada mevcut ürünler BS-EN 16122 standardına göre performans testlerine tabi tutulmuştur [143]. Bu yöntem, tasarlanan mobilyaların, kullanım yüklerini taşıyıp taşıyamayacaklarının yeterli mukavemete sahip olup olmadıklarının önceden belirlenebildiği, başka bir açıdan günlük kullanımı simüle eden mekanik yorma testidir. Bu test sisteminin metodolojisinde, kullanıcıların yük uygulama eylemlerini, başka bir deyişle kapak ve çekmecelerin gerçek kullanım şartlarını en gerçekçi şekilde temsil eden metot kullanılmaktadır. Standartta var olan testlerde uygulanan ağırlık, kuvvet, test sayısı, test seviyesi kavramları ise atıf yaptığı BS EN 4875-7 standardına uygun şekilde uyarlanmıştır[144]. Kapak ve çekmeceler için uygulanan testlerin deney desenleri Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'deki gibidir. Gerçek kullanımlarda ürünler sistematik bir yükleme geçmişinde olmayıp dayanımın aşıldığı noktada deforme olarak kullanım dışı olmaktadır. Ürün deneyleri kapak ve çekmece olarak ayrı kısımlarda ele alınarak istatistik analiz ve sonlu elemanlar aşamaları için kaydedilmiştir. Her deney numunesi için standarda uygun fişler düzenlenmiş ve test dataları Microsoft Excel'de birleştirilmiştir.

Tablo 3.2: Kapak testleri deney deseni.

Malzeme	Tork(N/m)	Numune Sayısı	Test İsmi	Yükleme Tekrar	Test Seviyesi				
					1	2	3	4	5
MDF	0,63 1,30	15	Düşey Yükleme Testi	Ağırlık (kg), 10 tekrar	10	15	25	30	45
YL	0,63 1,30								
MDF	0,63 1,30	15	Yatay Yükleme Testi	Kuvvet (N), 10 tekrar	-	50	60	70	80
YL	0,63 1,30								
MDF	0,63 1,30	15	Hızlı Açma- Kapama	Ağırlık (kg) 10 tekrar	2	2	3	4	6
YL	0,63 1,30								
MDF	0,63 1,30	15	Dayanıklılık Testi	Tekrar	10.000	20.000	40.000	80.000	160.000
YL	0,63 1,30								

Tablo 3.3: Çekmece testleri deney deseni.

Malzeme	Tork(N/m)	Numune Sayısı	Test İsmi	Yükleme Tekrar	Test Seviyesi				
					1	2	3	4	5
MDF	0,63 1,30	15	Uzatma Elemanları Mukavemet Testi	Ağırlık (kg), Kuvvet (N)	2,5	2,5	3,5	6,5	8
YL	0,63 1,30				100	150	250	300	450
MDF	0,63 1,30	15	Uzatma Elemanları Yer Değiştirme Testi	Ağırlık (kg), Kuvvet (N)	2,5	2,5	3,5	6,5	8
YL	0,63 1,30				30	40	60	70	80
MDF	0,63 1,30	15	Uzatma Elemanları Hızlı Açma Kapama Testi	Hızlı Açma 5kg	2 1,2	2,3 1,5	2,6 1,7	2,9 2	3,2 2,2
YL	0,63 1,30			Hızlı Kapama35kg	2 1,2	2,3 1,5	2,6 1,7	2,9 2	3,2 2,2
MDF	0,63 1,30	15	Dayanıklılık Testi	Tekrar	10.000	20.000	40.000	80.000	160.000
YL	0,63 1,30								

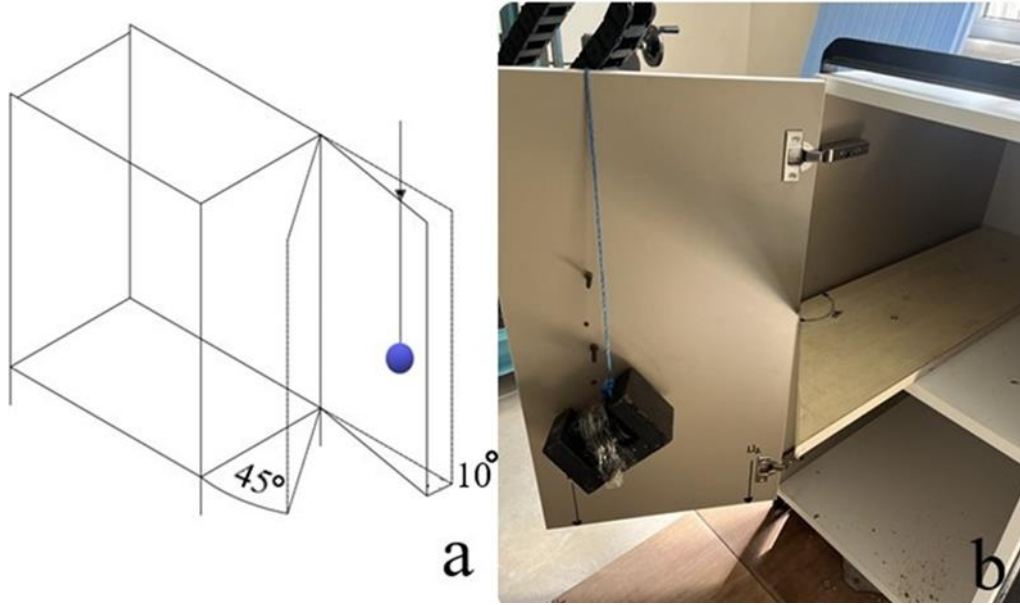
3.2.2.1. Kapak deneylerinin yapılışı

Kapak testleri BS-EN16122 ‘Evsel ve evsel olmayan depolama mobilyaları- Mukavemet, dayanıklılık ve stabilitenin belirlenmesi için deney yöntemleri’ standardında ‘Kapılarda Kullanım’ bölümünden yola çıkılarak yapılmış olup, test tanımları ise BS EN 4875-7:2006 ‘Mobilyaların sağlamlığı ve stabilitesi- Bölüm 7: Evsel ve sözleşmeli depolama mobilyaları- Performans gereksinimleri’ yararlanılmıştır. Kapak testleri toplamda 4 farklı test tipinde

yapılmış olup, hepsi birbirinin devamı niteliğindedir. Kapak mukavemet deneyleri esnasında menteşelerde ve menteşe bağlantılarında gevşeme bozulma ve kırılma gibi hasarlar meydana gelmemesi ve kapak açılıp kapanmasını önleyecek kadar sarkmaması durumunda testlere devam edilmiştir. Deneyler sonunda kapak ve menteşeler görevini yerine getirecek durumda olması istense de bu durumların gelişmesi durumunda test durdurulmuştur.

- Test 1: Kapaklarda mukavemet-Dikey yükleme testi

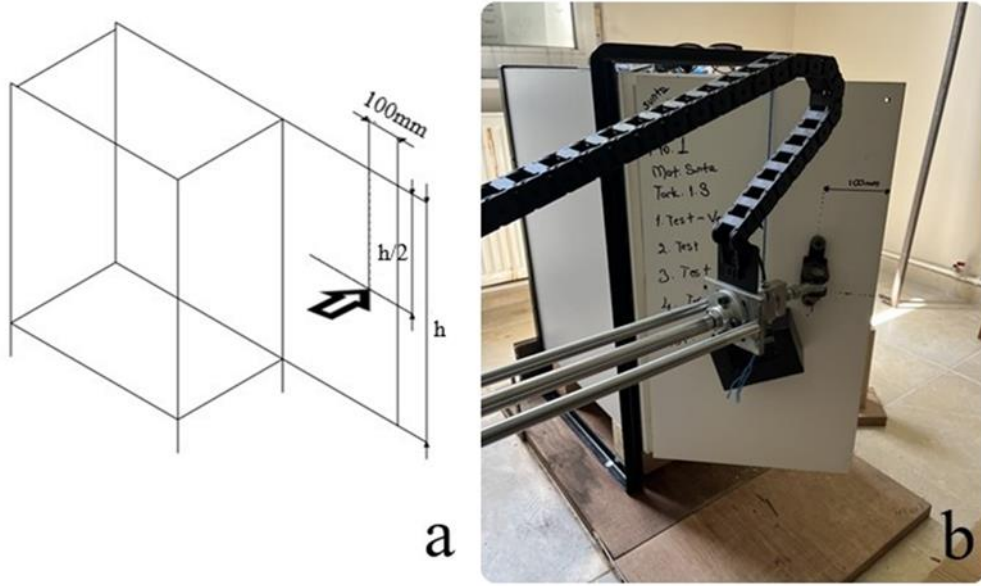
45° açık konumdan tam kapalı konuma açma kapama yapılmıştır. Burada 5 test seviyesi bulunmakta olup her test seviyesinde farklı kilolar kapak çevresinden 100mm uzağına gelecek mesafede yerleştirilerek testler yapılmıştır (Şekil 3.28). BS EN 4875-7:2006 ya göre bu test seviyeleri 10kg, 15kg, 25kg, 30kg ve 45 kg'dır. Her 10 tekrardan sonra kapağın hazırlanması sırasından işaretlenen U1 ve U2 noktalarından sehim değerleri alınarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.28: Kapaklarda mukavemet-Dikey yükleme testi.

- Test 2: Kapaklarda yatay yükleme testi

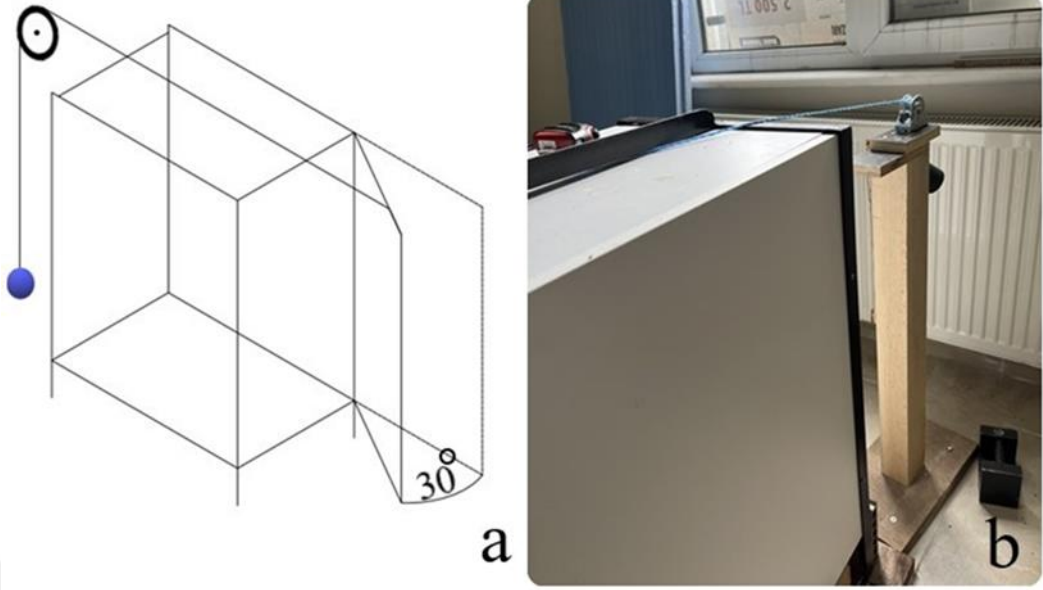
Bu test aşamasında yatay kuvvetlerin etkisine bakılmıştır. Burada yine kapak çerçevesinden 100mm içerde olacak bir mesafe ile kapağın tam ortasının kesiştiği noktadan 4 test seviyesinde kuvvetler uygulanmıştır. BS EN 4875-7:2006 ya göre bu test seviyeleri 50N, 60N, 70N ve 80N olacak şekilde açma kapama cihazında otomatik gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.29). Her 10 tekrardan sonra U1 ve U2 noktalarından yer değiştirmeler komparatör yardımıyla ölçülmüştür. Ayrıca bir önceki test ile aralarındaki farkta her iki sehim noktası için kaydedilmiştir.



Şekil 3.29: Kapılarda yatay yükleme testi.

- Test 3: Kapılarda hızlı açma kapama testi

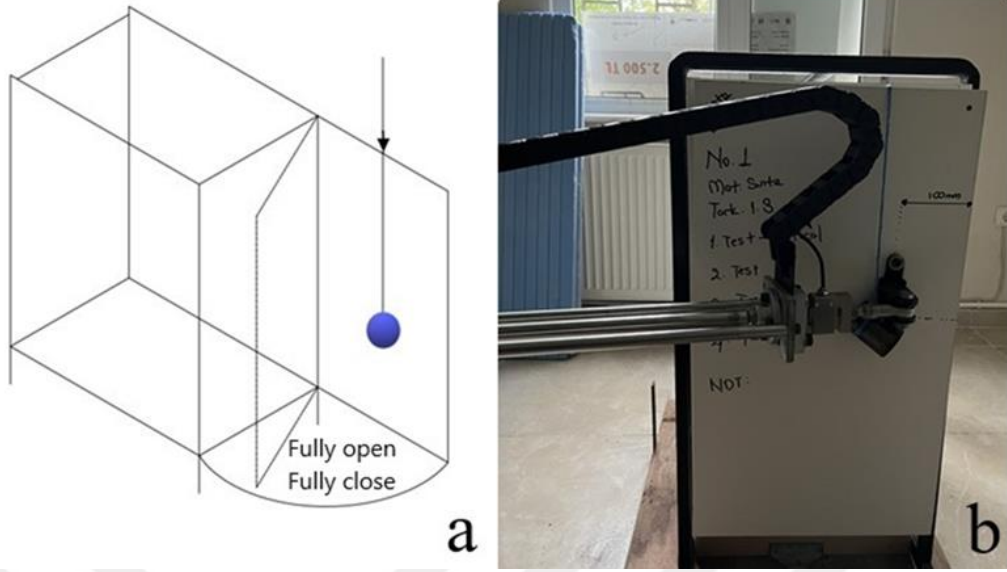
Kapak, kulp merkezinin konumuna mümkün olduğunca yakın bir şekilde kapının arkasına bağlanan bir ip ile sapın uzunluğu 200 mm'den fazla olduğundan, ip, yerden maksimum 1200 mm yüksekliğe kadar, sapın üst kısmının 100 mm altına bağlanmıştır. Testlerde kullanılan kapaklarda kulp olmadığından ip, kapı yüksekliğinin ortasındaki ön kenardan (menteşeden en uzak olan) 25 mm uzağa takılmıştır. Kapağı hareket ettirmek için gereken ağırlığı, m1 BS EN 4875-7:2006 ya göre belirlenmiş olup, test kütlesi $m_1 + m_2$ olacak şekilde ve m_2 kapak ağırlığı olmak üzere hesaplanmıştır. Kütleler ($m_1 + m_2$) yani 2 kg, 2kg, 3kg, 4kg ve 6 kg kullanarak kapıyı on kez çarparak kapatılmıştır (Şekil 3.30). Test kütlesi, kapak tamamen kapanmadan 10 mm öncesine kadar hareket ettirilmiş olup, kütleler, 300 mm mesafeden düşürülmüştür. Cihaz ile yapması mümkün olmayan bu test yöntemi için İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Atölyesinden destek alınarak bir deney elemanı daha sisteme eklenmiştir. Her 10 tekrardan sonra Test 2'nin devamı niteliğinde U1 ve U2 noktalarından yer değiştirmeler komparatör yardımıyla ölçülmüştür. Ayrıca bir önceki test ile aralarındaki farkta her iki sehim noktası için kaydedilmiştir.



Şekil 3.30: Kapılarda hızlı açma kapama testi.

- Test 4: Kapaklarda dayanıklılık testi

Bu test yönteminde kapaklarda dayanıklılık deneyi uygulanmıştır. Test prosedüründe 10.000, 20.000, 40.000, 80.000 ve 160.000 tekrarlar bulunmaktadır. Kapının kenarından 100mm mesafeye 2 kg yük takılarak tekrarlar yapılmıştır (Şekil 3.31). Her tekrardan sonra Test 3'ün devamı niteliğinde U1 ve U2 noktalarından yer değiştirmeler komparatör yardımıyla ölçülmüştür. Ayrıca bir önceki test ile aralarındaki farkta her iki sehim noktası için kaydedilmiştir.



Şekil 3.31: Kapaklarda dayanıklılık testi.

Yapılan tüm deney sonuçlarının kaydedilmesi için Şekil 3.32 deki gibi fişler oluşturulmuştur. Kapak kodunun, malzemenin, torkun ve tekrarlar sonucunda elde edilen sehim verilerinin yazılabildiği bu fişler daha sonra Microsoft Excel programına kaydedilmiştir. Böylelikle deneyleri yapılan tüm kapakların kimlikleri ve uygulanan test yöntemleri ortaya konmuştur.

KAPAK KODU:

KAPAK AÇMA KAPAMA DENEYİ																				
TEST YAPILIŞI: açık konumdan 45o ye getir, 135o den 10o kapat ve 10 devir (10sn de 3 açma kapama)										TORK:					MALZEME:					
TEST (Vertical)	1.ADIM				2.ADIM				3.ADIM				4.ADIM				5.ADIM			
	10KG				15KG				25KG				30KG				45KG			
1																				
SEHİM	A B				A B				A B				A B				A B			
MENTEŞE ROTASYONU	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																				
TEST YAPILIŞI: kapak dışından 100m içeri ve kapak ortasına gelecek şekilde kuvvet uygula (10sn de 3 açma kapama)										TORK:					MALZEME:					
TEST (Horizontal)	1.ADIM				2.ADIM				3.ADIM				4.ADIM				5.ADIM			
	50N				60N				70N				80N				90N			
2																				
SEHİM	A B				A B				A B				A B				A B			
MENTEŞE ROTASYONU	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																				
TEST YAPILIŞI: tam açıktan 30o konuma getir makaraya tak (kapak ucundan) ve hızlıca bırak (10sn de 3 açma kapama)										TORK:					MALZEME:					
TEST (Slam shut)	1.ADIM				2.ADIM				3.ADIM				4.ADIM				5.ADIM			
	2KG				2KG				3KG				4KG				6KG			
3																				
SEHİM	A B				A B				A B				A B				A B			
MENTEŞE ROTASYONU	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																				
TEST YAPILIŞI: kapak tam ortasından ön ve arkaya 1kg yük asılarak (10sn de 3 açma kapama)										TORK:					MALZEME:					
TEST (Durability)	1.ADIM				2.ADIM				3.ADIM				4.ADIM				5.ADIM			
	10.000 cycle				20.000 cycle				40.000 cycle				60.000 cycle				60.000 cycle			
4																				
SEHİM	A B				A B				A B				A B				A B			
MENTEŞE ROTASYONU	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																				

Şekil 3.32: Kapak test sonuçlarının kaydedildiği fişler.

3.2.2.2. Çekmece deneylerinin yapılışı

Çekmece testleri BS-EN16122 ‘BS-EN16122 ‘Evsel ve evsel olmayan depolama mobilyaları- Mukavemet, dayanıklılık ve stabilitenin belirlenmesi için deney yöntemleri’ standardında

‘Uzatma Elemanları’ bölümünden yola çıkılarak yapılmış olup, test tanımları ise BS EN 4875-7:2006 ‘Mobilyaların sağlamlığı ve stabilitesi - Bölüm 7: Evsel ve sözleşmeli depolama mobilyaları - Performans gereksinimleri’ tanımlarından yararlanılarak yapılmıştır. Çekmece testleri toplamda 4 farklı test tipinde yapılmış olup, hepsi birbirinin devamı niteliğindedir. Çekmece açılıp kapanma deneyi esnasında çekmece ve yuvasında bozulma kırılma gibi hasarlar meydana gelmemesi durumunda testlere devam edilmiştir. Deney sonunda çekmece rahatça ve duraklamadan yuvasında hareket edebilmesi istenir ancak tersi durum oluştuğunda testlerin durdurulması gerekmektedir.

- Test 1: Uzatma elemanları mukavemet testi

Test yöntemi gereği uzatma elemanının iç uzunluğunun (derinliğinin) üçte birine kadar açma kapama yapılacağından öncelikle çekmecenin 1/3 ü hesaplanmıştır. Burada $l=16\text{mm}$ olup test cihazında deneye uygun şekilde hazırlanmıştır. Test prosedüründeki çekmece kapağının üstünden uygulanacak ağırlıklar ise BS EN 4875-7:2006 ‘Mobilyaların sağlamlığı ve stabilitesi - Bölüm 7: Evsel ve sözleşmeli depolama mobilyaları - Performans gereksinimleri standardına göre;

Uzatma elemanlarının hacmi: $L*W*h = 7\text{cm}*30\text{cm}*48\text{cm} = 10080\text{cm}^3 = 10,08\text{dm}^3$

Buna göre:

1.Test seviyesi için: $0,25*10,08 = 2,52\text{kg} \rightarrow 100\text{N}$

2.Test seviyesi için: $0,25*10,08 = 2,5\text{kg} \rightarrow 150\text{N}$

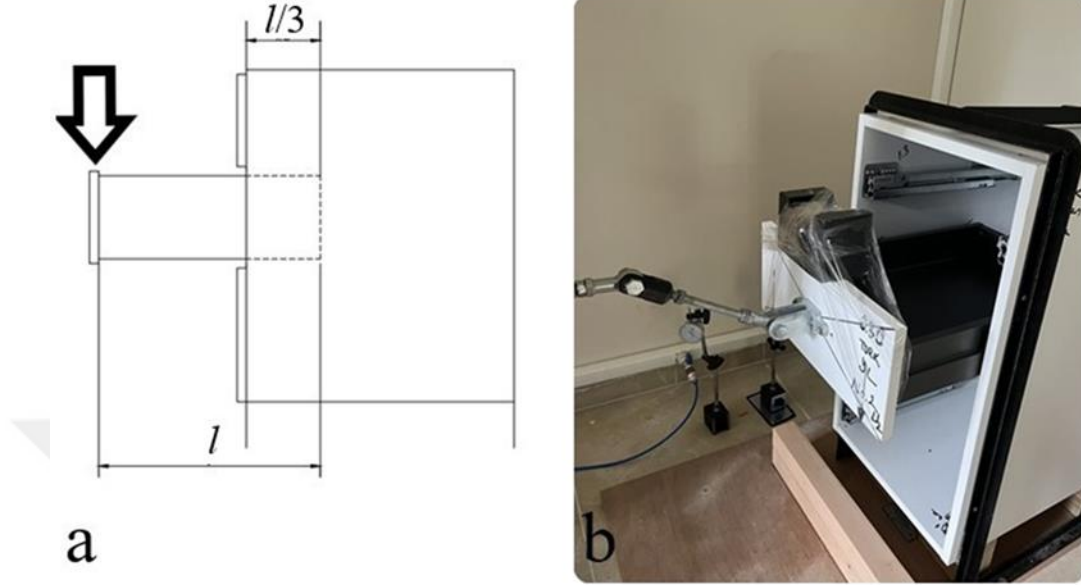
3.Test seviyesi için: $0,33*10,08 = 3,3\text{kg} \rightarrow 250\text{N}$

4.Test seviyesi için: $0,65*10,08 = 6,5\text{kg} \rightarrow 300\text{N}$

5.Test seviyesi için: $0,8*10,08 = 8\text{kg} \rightarrow 450\text{N}$

Test yönteminde çekmece 16mm ye kadar açma kapama yapma şartıyla hesaplanan ağırlıklar çekmece kapağına yerleştirilerek karşılığı gelen kuvvetlerde açma kapama yapılmıştır (Şekil 3.33). Çekmece kapakları hazırlanırken üzerine U1, U2 ve U3 olarak işaretlenen noktalardan da 10 tekrar her test bitiminde komparatör yardımıyla yer değiştirme değerleri alınarak

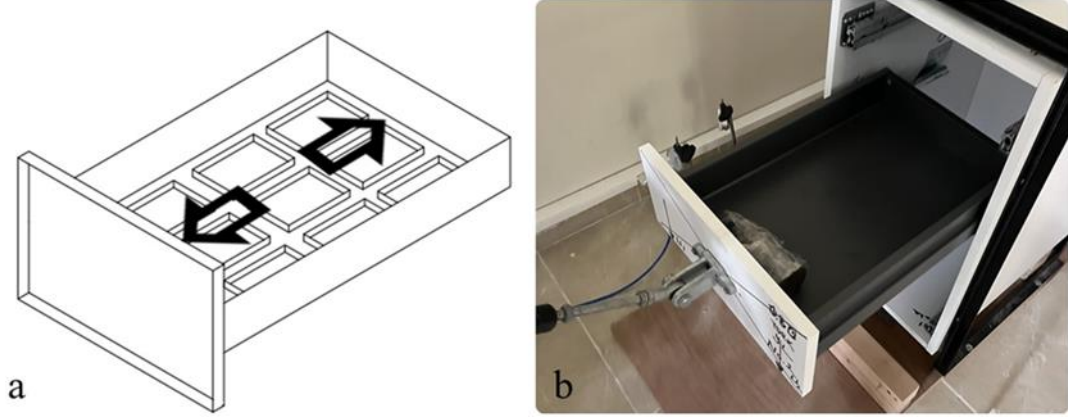
kaydedilmiştir. Ayrıca bir önceki test ile aralarındaki farkta her iki sehîm noktası için kaydedilmiştir.



Şekil 3.33: Çekmecede uzatma elemanı mukavemet testi.

- Test 2: Uzatma elemanları yer değıştirme testi

Bu test yönteminde BS EN 4875-7:2006 ya göre belirli ağırlıkları 25mm boşluklarla çekmece içine yerleştirilerek yine aynı standartta var olan kuvvetler ile açma kapama yapılmıştır. BS EN 4875-7:2006 ‘Mobilyaların sağlamlığı ve stabilitesi- Bölüm 7: Evsel ve sözleşmeli depolama mobilyaları- Performans gereksinimleri standardına göre; 30N yüklemede 2,5kg, 40N yükleme 2,5kg, 60N yüklemede 3,5kg, 70N yükleme 6,5kg, 80N yüklemede 8kg çekmece içine konularak 10 tekrarlı test uygulanmıştır (Şekil 3.34). Burada özellikle U3 yani çekmece altlığının sehîmi başta olmak üzere yine U1 ve U2 noktalarından sehîm alınarak kaydedilmiştir. Ayrıca bir önceki test ile aralarındaki farkta her iki sehîm noktası için kaydedilmiştir.



Şekil 3.34: Uzatma elemanları yer değiştirme testi.

- Test 3: Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı açma kapama testi

Bu test yönteminde hızlı açma kapama testi yapılmıştır. Testler diğer testler gibi cihaz ile değil atölyede teste uygun yapılan yardımcı eleman ile gerçekleştirilmiştir. Bu test yönteminde açma için ayrı, kapama için ayrı olmak üzere her malzeme dolayısıyla çekmeceler için test uygulanmıştır. Yonga levha çekmecelerin ortalama ağırlığı 4,15kg iken MDF çekmecelerin ortalama ağırlığı 4,22kg'dır. EN 4875-7:2006 'Mobilyaların sağlamlığı ve stabilitesi- Bölüm 7: Evsel ve sözleşmeli depolama mobilyaları- Performans gereksinimleri standardına göre;

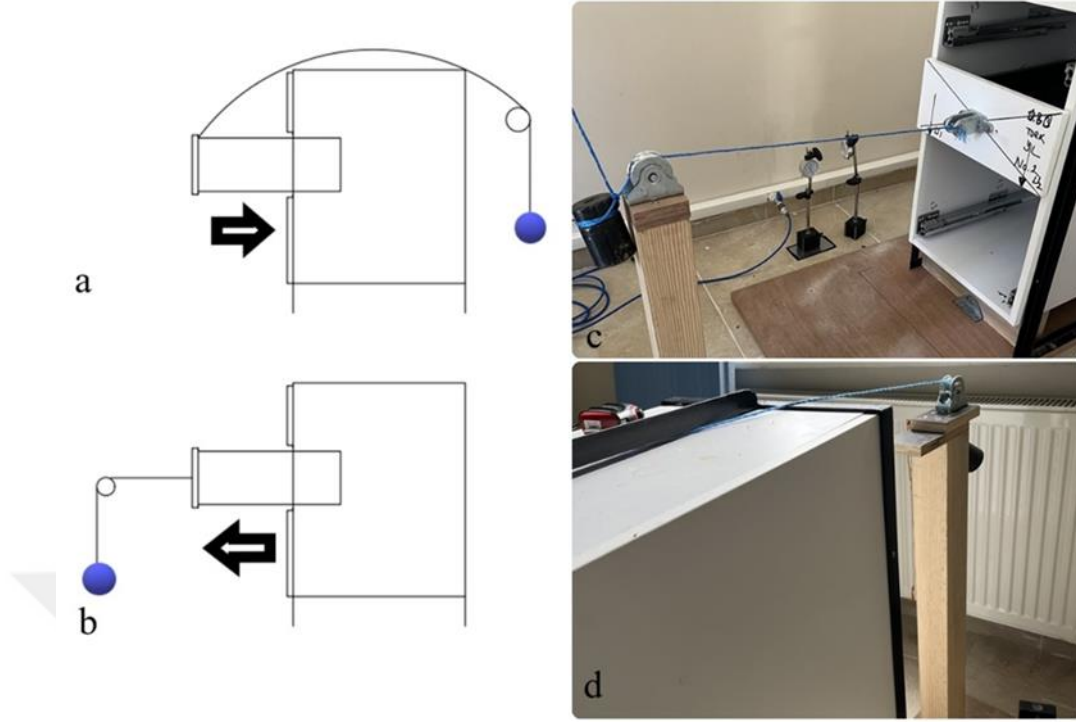
$$M = K\sqrt[3]{m} \quad (3.6)$$

M: çekilirken uygulanacak kütle

K: standarda göre verilen 5 adımın katsayısı

M: çekmece ağırlıkları

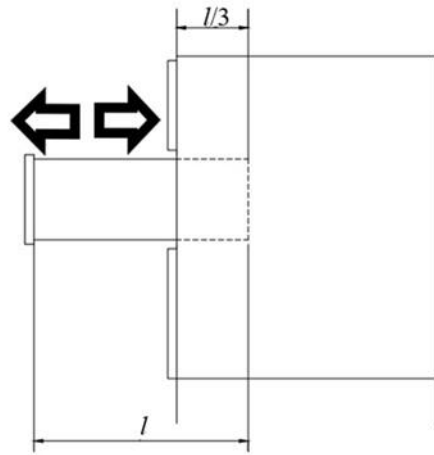
Çekmece için 5kg yük konularak öncelikle açma testi yapılmıştır. MDF için 2 kg, 2,3kg, 2,6kg, 3kg ve 3,3 kg yükü çekilirken; Yonga levha için 2kg, 2,3kg, 2,6kg, 2,9kg ve 3,2kg yüklerle açma deneyi yapılmıştır. Yine aynı formül kullanılarak çekmece içine 35kg yük konularak MDF için 1,2kg, 1,5kg, 1,7kg, 2kg, 2,2kg yükü çekilirken; Yonga levha için de aynı yüklerde kapatma testi yapılarak bu test prosedürü de tamamlanmıştır (Şekil 3.35). Çekmece kapakları hazırlanırken üzerine U1, U2 ve U3 olarak işaretlenen noktalardan da 10 tekrar her test bitiminde komparatör yardımıyla yer değiştirme değerleri alınarak kaydedilmiştir. Ayrıca bir önceki test ile aralarındaki farkta her iki sehim noktası için kaydedilmiştir.



Şekil 3.35: Çekmecede uzatma elemanları hızlı açma kapama testi.

Test yöntemi gereği uzatma elemanının iç uzunluğunun (derinliğinin) üçte birine kadar açma kapama yapılacağından öncelikle çekmecenin 1/3 ü yani 16mm hesaplanmış, test cihazı da uygun şekilde hazırlanmıştır. Deneyler 1 dakikada 4 açma kapama yapacak şekilde 80N sabit kuvvet ile yapılmıştır. EN 4875-7:2006 ya göre; 10.000 tekrarda 2,5kg, 20.000 tekrarda 2,5kg, 40.000 tekrarda 3,5kg, 80.000 tekrarda 6,5kg ve 160.000 tekrarda 8kg yük çekmece içine yerleştirilerek deney gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.36). Çekmece kapakları hazırlanırken üzerine U1, U2 ve U3 olarak işaretlenen noktalardan da her tekrar sonunda komparatör yardımıyla yer değiştirme değerleri alınarak kaydedilmiştir. Ayrıca bir önceki test ile aralarındaki farkta her iki sehim noktası için kaydedilmiştir.

- Test 4: Uzatma elemanlarında dayanıklılık testi



a



b

Şekil 3.36: Çekmecelerde uzatma elemanlarında dayanıklılık testi.

Yapılan tüm deney sonuçlarının kaydedilmesi için Şekil 3.37 deki gibi fişler oluşturulmuştur. Çekmece kodunun, malzemenin, torkun ve tekrarlar sonucunda elde edilen sehîm verilerinin yazılabildiği bu fişler daha sonra Microsoft Excel programına kaydedilmiştir. Böylelikle deneyleri yapılan tüm kapakların kimlikleri ve uygulanan test yöntemleri ortaya konmuştur.

NO:												TORK:												MALZEME:											
TEST YAPILIŞI: 16mm ye kadar açma kapama yapılacak, 1 dakikada 6 defa																																			
TEST (Strenght)		1.ADIM			2.ADIM			3.ADIM			4.ADIM			5.ADIM																					
1		100N/2,5KG(üstten)			150N/2,5KG(üstten)			250N/3,5KG(üstten)			300N/6,5KG(üstten)			450N/8KG(üstten)																					
SEHİM		A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def																			
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																																			
TEST YAPILIŞI: 16mm ye kadar açma kapama yapılacak, 1 dakikada 6 defa																																			
TEST (Displacement)		1.ADIM			2.ADIM			3.ADIM			4.ADIM			5.ADIM																					
2		30N/2,5KG(içine)			40N/2,5KG(içine)			60N/3,5KG(içine)			70N/6,5KG(içine)			80N/8KG(içine)																					
SEHİM		A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def																			
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																																			
TEST YAPILIŞI: tam açma-kapama YL: 4,15kg, MDF: 4,22kg ($M=\sqrt{W}$) 1,62MDF / 1,60YL açma: içerde 5kg kapama içerde:35kg																																			
TEST (Slup Shut)		1.ADIM			2.ADIM			3.ADIM			4.ADIM			5.ADIM																					
3A(açma) MDF için		2kg			2,3kg			2,67kg			3kg			3,3kg																					
SEHİM		A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def																			
3A(açma) YL için		2kg			2,3kg			2,6kg			2,96kg			3,28kg																					
SEHİM		A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def																			
3B(kapama) MDF için		1,29kg			1,5kg			1,78kg			2kg			2,26kg																					
SEHİM		A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def																			
3B(kapama) YL için		1,28kg			1,5kg			1,76kg			2kg			2,24kg																					
SEHİM		A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def																			
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																																			
TEST YAPILIŞI: 16mm ye kadar açma kapama yapılacak, 1 dakikada 6 defa (80N)																																			
TEST (Durability)		1.ADIM			2.ADIM			3.ADIM			4.ADIM			5.ADIM																					
4		10.000(2.5kg içine)			20000(2.5kg içine)			40.000(3.5kg)			80.000(6.5kg)			160.000(8kg)																					
SEHİM		A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def	A	B	Altık Def																			
GÖZLEMLENEN SONUÇ:																																			

Şekil 3.37: Çekmece test sonuçlarının kaydedildiği fişler.

3.2.3. Verilerin İstatistiksel Analiz ile İrdelenmesi

Mutfak mobilyalarında kullanılan kapak ve çekmece modüllerinin üzerinde yapılan malzeme fiziksel mekanik test sonuçları ve laboratuvar deney sonuçlarında istatistiksel değerlendirme ve karşılaştırma yapılmıştır. Kullanılan Yonga Levha ve MDF malzemelerin fiziksel mekanik testlerinin, bu malzemelerden oluşturulan kapak ve çekmece modüllerinin uygulanan testler kapsamında birbirleriyle ve kendi aralarında olan karşılaştırma ve değerlendirilmesi ayrı ayrı yapılmıştır.

Çalışmada istatistiksel değerlendirme ve karşılaştırma için “SPSS 28.0”, “Minitab 21”, “Microsoft Office Excel” programları kullanılmıştır. Öncelikle modülleri oluşturan malzemelerin fiziksel mekanik testlerinin yapıldığı deney grupları, İkinci aşamada ise özellikleri ortaya konan bu malzemelerden üretilen kapak ve çekmece modüllerinin deney grubu için örneklerin regresyon analizi yapılmıştır.

Bu kapsamda örneklerin;

-Çarpıklık basıklık değerlerinin $\pm 2,00$ değerleri [145],

-Çarpıklık ve basıklık değerlerinin standart hataya bölünmesi[146],

-Normallik testi (örnek sayısının 50’den büyük olduğunda Kolmogorov Smirnov, 50’den küçük olduğunda ise Shapiro Wilks testi) uygulanmıştır. Sonuçlar histogram grafiği (Detrended Q-Q grafiği) ve normallik grafiği (Normal Q-Q grafiği) incelenerek değerlendirilmiştir [146]. İncelenen sonuçlara göre verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine karar verilmiştir. Normal dağılıma sahip olmayan örnek grupları, istatistiksel dönüşüm yöntemleri ile normal dağılıma dönüştürülmüştür. Çalışma kapsamında malzeme mekanik test ölçüm sonuçları normal dağılıma sahip olduğu için bir dönüşüm işlemi yapılmamıştır. Ancak kapak ve çekmece modüllerinin laboratuvar deneyleri 4 ayrı test yönteminde yapıldığı bağımlı ve bağımsız değişkenlerin her test için farklılıklar gösterdiği için deney tasarımı metodolojisi ile istatistik tanımlaması yapılmıştır. Genel faktör tasarımı kullanılan bu yöntemde veri dağılımına uygun şekilde varyans analizi yapılarak, normal dağılım, artık değer, veri dağılım grafikleri oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında yapılan tüm testlere ait aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerler, varyasyon katsayısı gibi bazı tanımlayıcı istatistikî değerler tablolar halinde verilmiştir. Bu çalışmada güven düzeyi %95 olarak belirlenmiş, yöntemin

anlamlılık değerleri de 0,05 olarak belirlenmiştir. Normal dağılıma ulaşan sonuçların varyans analizinde anlamlılık değerleri de 0,05 olarak belirlenmiştir. Buna göre ilgili yöntemin anlamlılık değeri 0,05'in altındaysa, aranılan sonucun %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu anlaşılmaktadır. Farklı test ve değerlendirme yöntemleri ile elde edilen verilerin istatistiki karşılaştırmaları için genel olarak;

- İki toplumun ilgili değişkenlerinin normal dağılması durumunda ortalamalar farkının anlamlı olup olmadığının incelenmesi/karşılaştırılması için 'bağımsız örneklem t-testi'; malzemelere uygulanan fiziksel mekanik test sonuçlarının istatistiksel olarak irdelenmesi,
- İkidenden fazla toplumun ( veya daha fazla sayıda gruplar için veya değişkenler için) ortalamalarının istatistiksel anlamlılığını/karşılaştırması için varyans analizi (ANOVA) ve bu tespit edilen varyansların homojen dağılıp dağılmamasına göre Post-hoc testlerinden Tukey testi; kapak ve ekmece modüllerinin laboratuvar testlerinin istatistiksel olarak irdelenmesinde kullanılmıştır.

3.2.4. Mutfak Mobilyalarında Kapak ve ekmece Testlerinin Sonlu Elemanlar Metoduyla Teorik Analizi

Laboratuvar çalışmalarının uzun zamanlar, maliyetler ve iş gücü zayıatlarına sebep olmasının önüne geçilmek için sanal ortamda sonlu elemanlar analiz programı kullanılmıştır. Yapısal analizlerde sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan program ANSYS-Workbench 2021 R2' den yararlanılmıştır.

Mühendislik ve bilimdeki birçok fiziksel olay, kısmi diferansiyel denklemlerle açıklanabilir. Genel olarak, keyfi şekiller için bu denklemleri klasik analitik yöntemlerle çözmek neredeyse imkansızdır. Sonlu elemanlar yöntemi (FEM), bu kısmi diferansiyel denklemlerin yaklaşık olarak çözülebildiği sayısal bir yaklaşımdır. Mühendislik açısından FEM, bilgisayar simülasyonu ile stres analizi, ısı transferi, sıvı akışı ve elektromanyetik gibi mühendislik problemlerini çözmek için bir yöntemdir.

FEM, 1950'lerde havacılık endüstrisinde, Amerika Birleşik Devletleri'nde Boeing ve Bell Aerospace ve Birleşik Krallık'ta Rolls Royce tarafından geliştirilmiştir. MJ Turner, R.W. Clough, H.C. Martin ve L.J. Topp, 1956'da Plate with a Hole Triangular Finite'de ana fikirleri ortaya koyan ilk makalelerden birini yayınlamışlardır. Yakın zamanlarda zamanlarda, John Swanson Westinghouse Electric Corp.'ta nükleer reaktörlerin analizi için bir sonlu elemanlar

programı geliştirmiş, 1969'da Swanson, ANSYS adlı bir programı pazarlamak için Westinghouse'dan ayrılmıştır[147].

Sonlu elemanlar yöntemi fizik ve mühendislikte karşılaşılan birçok problemin çözümünde kullanılan en etkin ve yaygın sayısal yöntemlerden biridir. Yöntem karmaşık yapıların, üzerinde hesaplama yapılabilecek daha küçük yapılara bölerek, yapıyı modelleme esasına dayanmaktadır. Günlük hayatta bu yöntem birçok uygulamada kullanılmaktadır. Örneğin bir dairenin çevre formülü kullanmadan çevresini hesaplamak istesek eğri üzerinde veya bir eğrinin boyunu hesaplamak istesek, boyunu hesaplayabildiğimiz düz doğrular çizip bunları toplayabiliriz. Bu yöntem kullanılarak belli bir doğrulukta eğrinin boyunu hesaplamış oluruz. Kullanılan düz çizgilerin boyunun eşit olması şartı olmadan ne kadar küçük olursa o kadar gerçeğe yakın sonuç elde ederiz. Önemli olan onların çizgilerin toplamıdır. Ayrıca dar köşelerde düz çizginin boylarının küçültülmesi daha hızlı bir hesaplama ve daha hassas bir sonucu elde etmek için iyi bir strateji olmaktadır[148].

Sonlu elemanların uygulama yelpazesi listelenemeyecek kadar geniştir; elektronik çipler, elektrikli cihazlar, valfler, borular, basınçlı kaplar, otomotiv motorları ve uçak gibi endüstriyel parçaların stres ve termal analizleri; barajların, enerji santrallerinin, şehirlerin ve yüksek binaların sismik analizi; arabaların, trenlerin ve uçakların çarpışma analizi; soğutma havuzlarının, kirleticilerin ve kirleticilerin ve havalandırma sistemlerindeki havanın sıvı akış analizi; antenlerin, transistörlerin ve uçak imzalarının elektromanyetik analizi; plastik cerrahi, çene rekonstrüksiyonu, skolyoz düzeltilmesi gibi cerrahi prosedürlerin analizinde kullanılmaktadır.

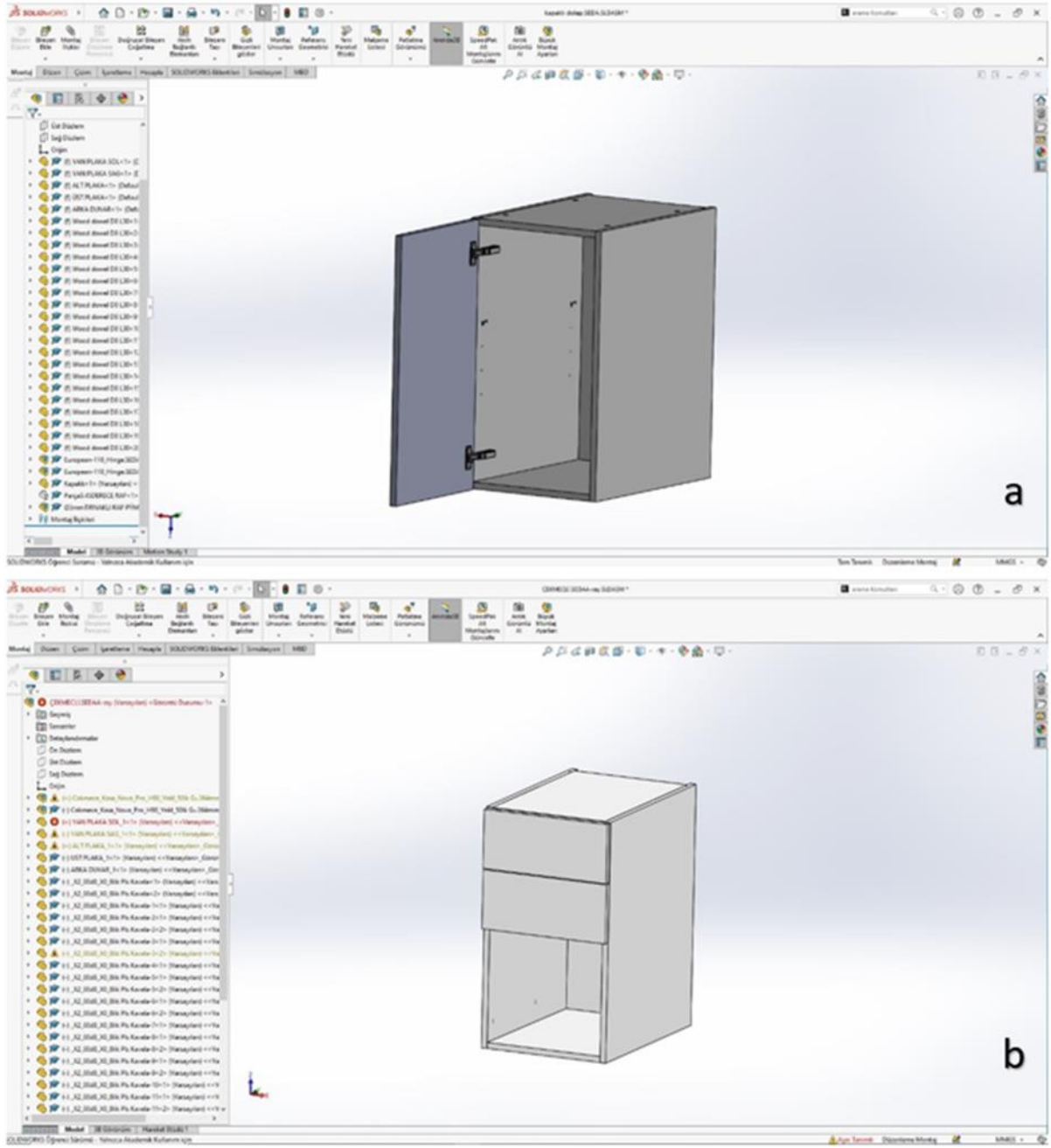
Sonlu elemanlar yöntemi (FEM) aşağıdaki beş adımdan oluşmaktadır:

- Ön işleme: problem alanını sonlu elemanlara bölmek.
- Eleman formülasyonu: elementler için denklemlerin geliştirilmesi.
- Montaj: tek tek elemanların denklemlerinden tüm sistemin denklemlerinin elde edilmesi.
- Denklemleri çözme.
- İşlem sonrası: gerilimler ve gerinimler gibi ilgili miktarların belirlenmesi ve yanıtın görselleştirmelerinin elde edilmesi[147].

Çalışmada laboratuvar testlerinden elde edilen veriler ile programdan alınan veriler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir böylece bu testleri yapan firmalar için zaman alıcı bir problem olan test süreleri asgari düzeye çekilmiş olacaktır.

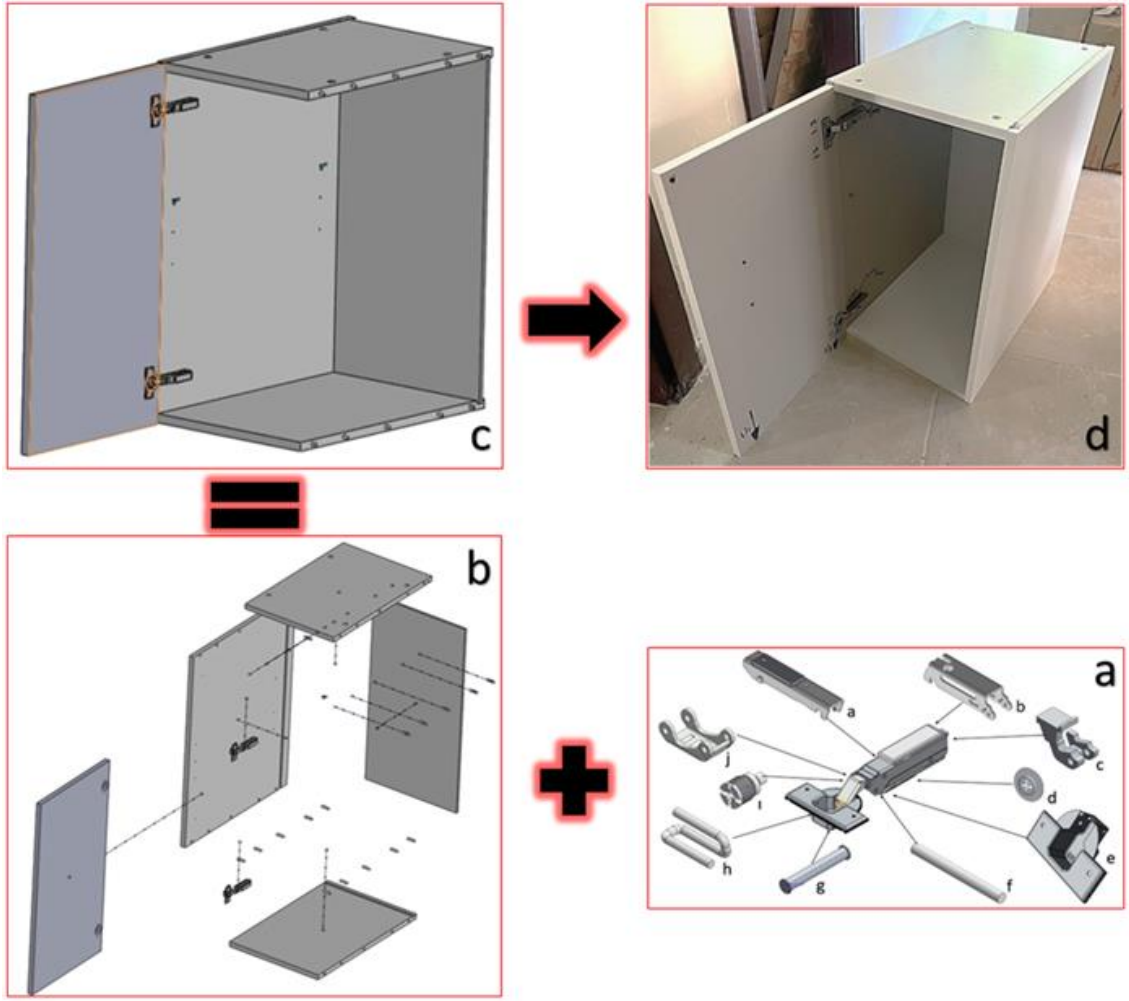
- Mutfak dolap modüllerinin 3B modellenmesi

Kapak ve çekmece modellerinin yapısal analiz aşamasına getirilmeden önce 3 boyutlu (3B) görselleri bir modelleme programında (SolidWorks 2022) modellenerek hazır hale getirilmiştir. SolidWorks modelleme programı ANSYS geometri tanımlama programına (SCDM-SpaceClaim) dosya uzantısının değiştirilmesine gerek kalmadan, dosya aktarımı sağlayabilmektedir. Bu programın diğer bir kullanım sebebi kapak ve çekmece modüllerinde çok fazla parça olması yanında, bu parçaların birçoğunun hareketli olmasıdır. Model parçalarının tek tek tasarımının yapılmasından sonra program içindeki montaj yöntemlerine göre hareketli parçalara sistemdeki kullanım şartlarını verebilmek mümkündür. Ayrıca analiz programının geometri modelleme kısmında rahatlıkla açılabilirdiği gibi üstünde değişiklik yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Bu programların birbiri içerisinde uyumu da dikkate alınarak çalışma kapsamında analizler bu programlarla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.38).

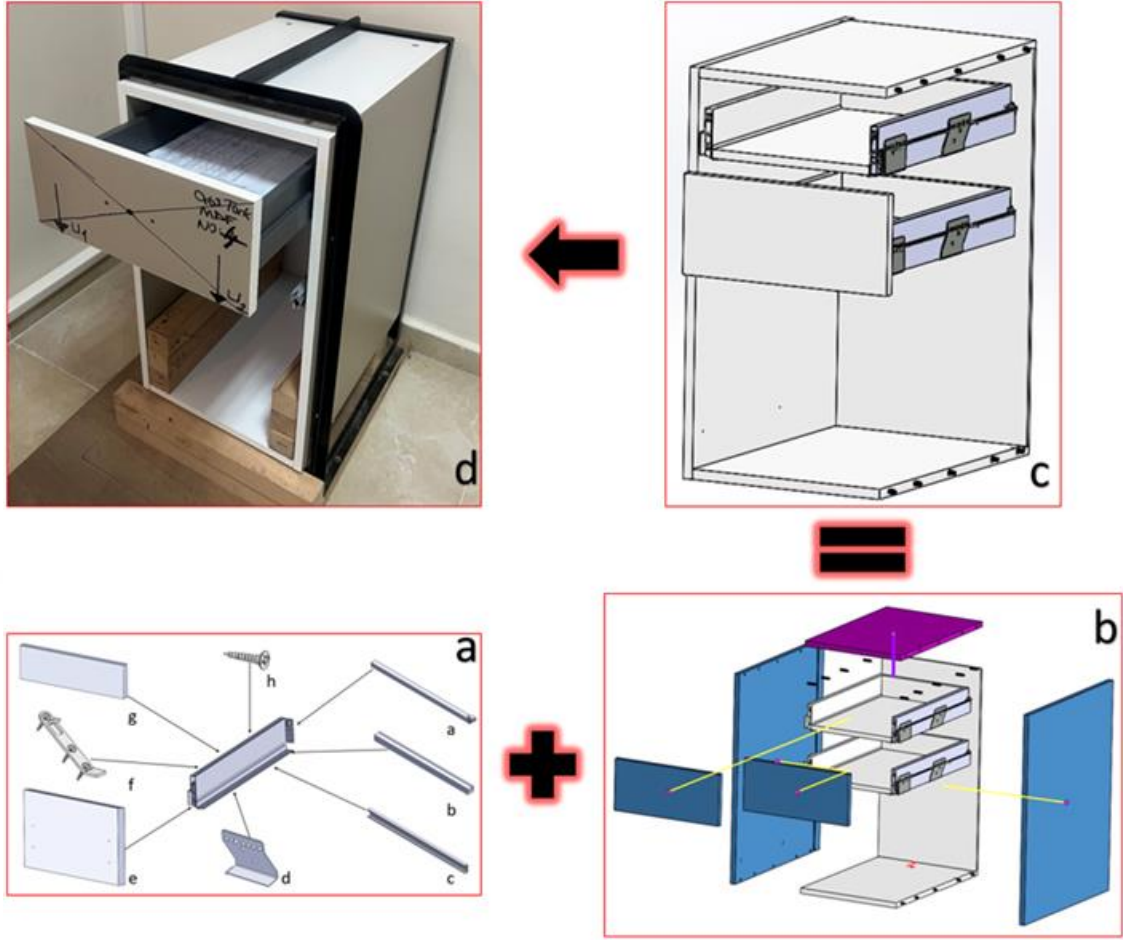


Şekil 3.38: (a). Kapak (b). Çekmece modellerinin Solidworks programında modellenmesi.

Kapak ve çekmeceleri oluşturan tüm parçalar tek tek ve aynı ölçülerde tasarlanarak montajlanmıştır. Mutfak mobilyalarında çekmece ve kapakların bağlı olduğu kabinler en boy ve yükseklik olarak birebir aynı olduğundan aynı kabin kullanılmış, malzeme özellikleri MDF ve yonga levha olarak değiştirilmiştir. Modellere ait oluşturulan 3B modellerin; bağlantı elemanı, montaj özellikleri ve tam model hali kapak modelleri ve çekmece modelleri için ayrıca verilmiştir (Şekil 3.39 ve Şekil 3.40).



Şekil 3.39: (a). Bağlantı elemanı ayrıntılı görsel, (b). Montajlama detayı, (c). Modelin son hali, (d). Deneylerde kullanılan modeli oluşturulmuş kapaklı kabin.



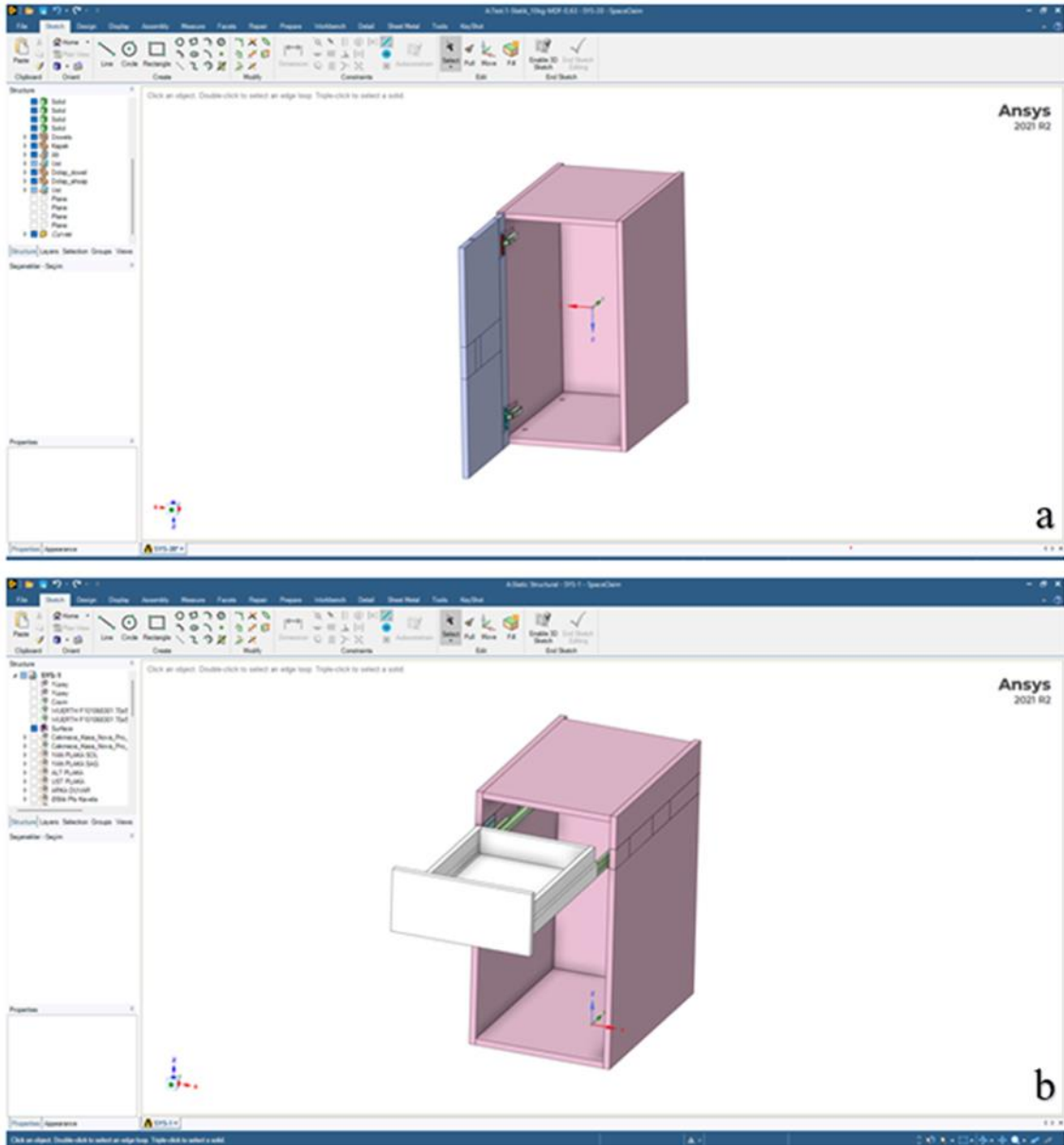
Şekil 3.40: (a). Bağlantı elemanı ayrıntılı görsel, (b). Montajlama detayı, (c). Modelin son hali, (d). Deneylerde kullanılan modeli oluşturulmuş çekmeceli kabin.

- Mutfak dolap modüllerinde (Kapak ve Çekmece) ANSYS ile yapılan analizler

3B modellemesi ve montajı biten modüllerin yapısal analiz programında analizleri yapılmıştır. Mutfak modülleri ilk etapta bütün olarak incelenmiştir ancak kabin ve çekmece, kapakların bağlandığı kısımların haricinde kalan kabin parçaları atılan ağ örgüsünün (mesh), temas noktalarının (contact), hareketli parçaların (joint) fazla olması ile çözüm işlemleri çok uzun sürdüğü ve bazı çözümlerde programın çözümü yakınsayamadığı probleminin açığa çıkmasına sebep olmuştur. Bu yüzden modelde var olan bu parçalar analiz sırasında ihmal edilmiştir.

Modelleme tamamlandıktan sonra analiz için gerekli olan son hazırlıklar yapısal analiz programının geometri düzenleme bölümüne aktarılmıştır. Modelleme programında hazırlanan 3B modellerde kapak, çekmecelerde bulunan parçalar ve birleştirme noktaları için yapısal analizde karşılaşılabilecek olası hataların önüne geçmek için analiz programının modelleme kısmında da kontroller yapılmıştır (Şekil 3.41). Bu kısımda parça montajları sırasında verilen

temas ve birleşim yerlerinin (contact ve jointlerin) genel durumuna da bakılmıştır. Ayrıca ağ örgüsünde problem çıkartabilecek hatta analiz sonucunu sapmaya uğratacak geometrik hatalar açısından bu kısım büyük önem arz etmektedir. Sonuçları direkt etkileyerek analizin devam ettirilmemesine, yakın değerlere ulaşamamasına veya hiç çözüm alınamamasına sebep olmaktadır.



Şekil 3.41: Analiz için modelleri kontrol edilen (a). Kapaklı, (b). Çekmeceli modüller.

Kapak ve çekmece modüllerinin yapısal analizleri farklı yöntemlerle birçok kez hazırlanarak yapılmıştır. Standartlara bağlı kalınarak yapılan laboratuvar testlerini analiz programına uygulamak için yapılan bu denemelerden çözüm süresi ve değer yaklaşımları yönünden en

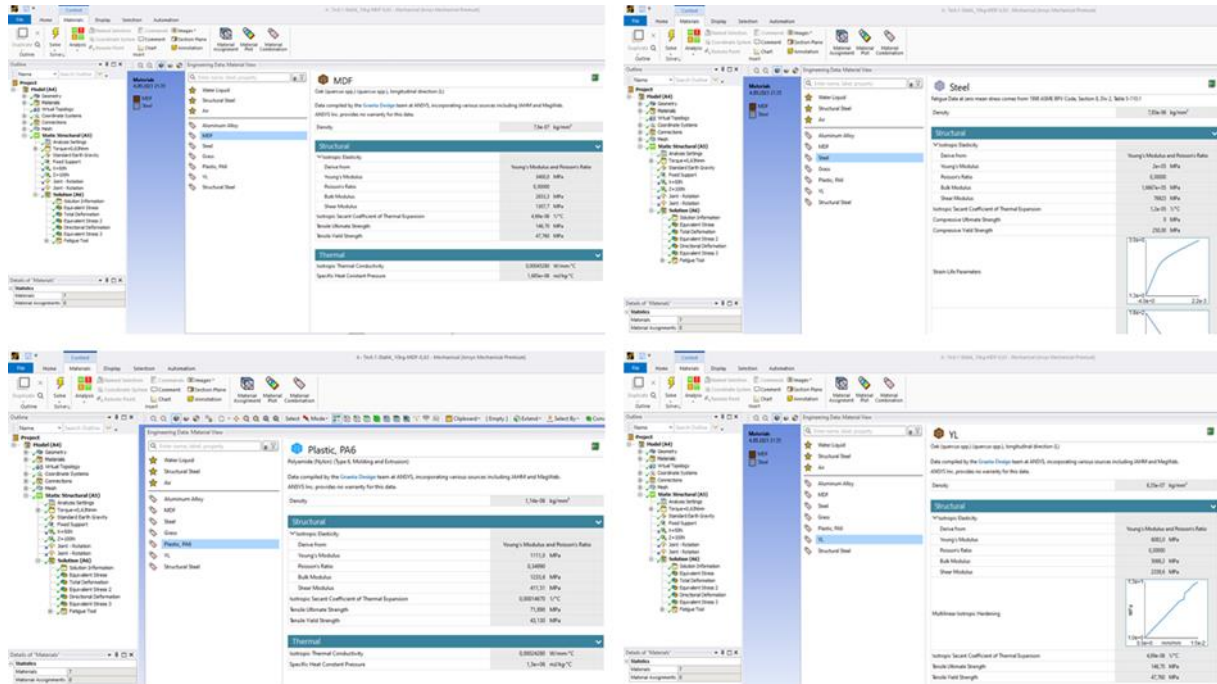
uygun yöntemler uygulanmıştır. Yapılan analiz yöntemi standart detayındaki içeriklerle birebir örtüşecek duruma getirildikten sonra iki farklı malzeme türünde aynı adımlarla uygulanmıştır.

Modelleme programında kapak ve çekmece testi analizi için hazırlanan 3B model yapısal analiz programına atılarak, kapaklı modülü oluşturan ve analizi yapılacak her parçaya malzeme özellikleri bölümünden atama yapılmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4: FEM programı için kullanılan malzemeler.

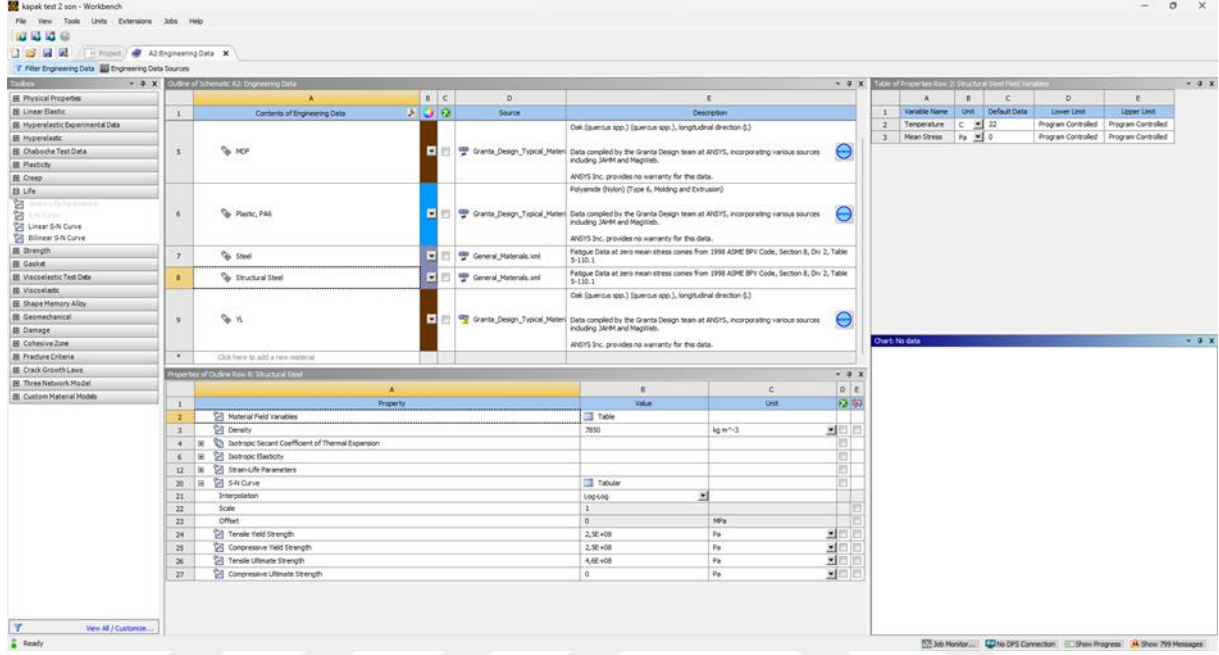
Malzeme	Elastikiyet	Yoğunluk (g/cm ³)	Yönler	Elastikiyet Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Plastik (PA6)	İzotropik	1114	x-y-z	1111	0,32
Metal	İzotropik	7580	x-y-z	2000	0,48
MDF	Ortotropik	760	x-y-z	6129	0,3
YL	Ortotropik	620	x-y-z	6083	0,3

Yapısal analiz programında malzeme özelliklerinin kaydedildiği bir kitaplık bulunmaktadır. Modellemesi yapılan, penceresi oluşturulan ve geometrisinde hata bulunmayan parçaların özellikleri ayrı ayrı atanmıştır (Şekil 3.42).



Şekil 3.42: Analizde kullanılan her bir malzemenin program içinde görünmesi.

Analize tabii tutulan tüm parçalara atanan malzeme özellikleri sayesinde, her parça atanmış olan malzemenin mekanik özelliklerine uygun şekilde davranış gösterecektir. Ayrıca analizlerde görülmesi beklenen laboratuvar testleri ile analiz sonucunda oluşacak olan deformasyonlar ve gerilmeler malzeme özelliğine göre de davranış gösterecektir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43: Modüllere uygulanan malzeme özelliklerinin analiz programına kaydedilmesi.

Malzeme ataması yapılan modüllere (kapak ve çekmecelere) standart testlere uygun 4 farklı yapısal analiz yöntemi literatürde var olan ağaç malzeme mekanik özelliklerine göre seçilerek uygulanmıştır. Ağaç malzeme üzerine yapılan mekanik yüklemeler, basınç, çekme, eğme, makaslama ve burkulma şeklinde olmaktadır. Kuvvet yavaş yavaş artmak suretiyle veya ani, şok şeklinde tesir edebileceği gibi, uzun süreli yorma şeklinde de olabilmektedir. Bu yüklemeler malzemeye tesir edebileceği gibi aynı zamanda birleşim yerlerine ve elemanlarına uygulanabilmektedir. Diğer bir ifade ile malzeme, birleşim, konstrüksiyonlara belirtilen yükleme şekilleri uygulanmaktadır.

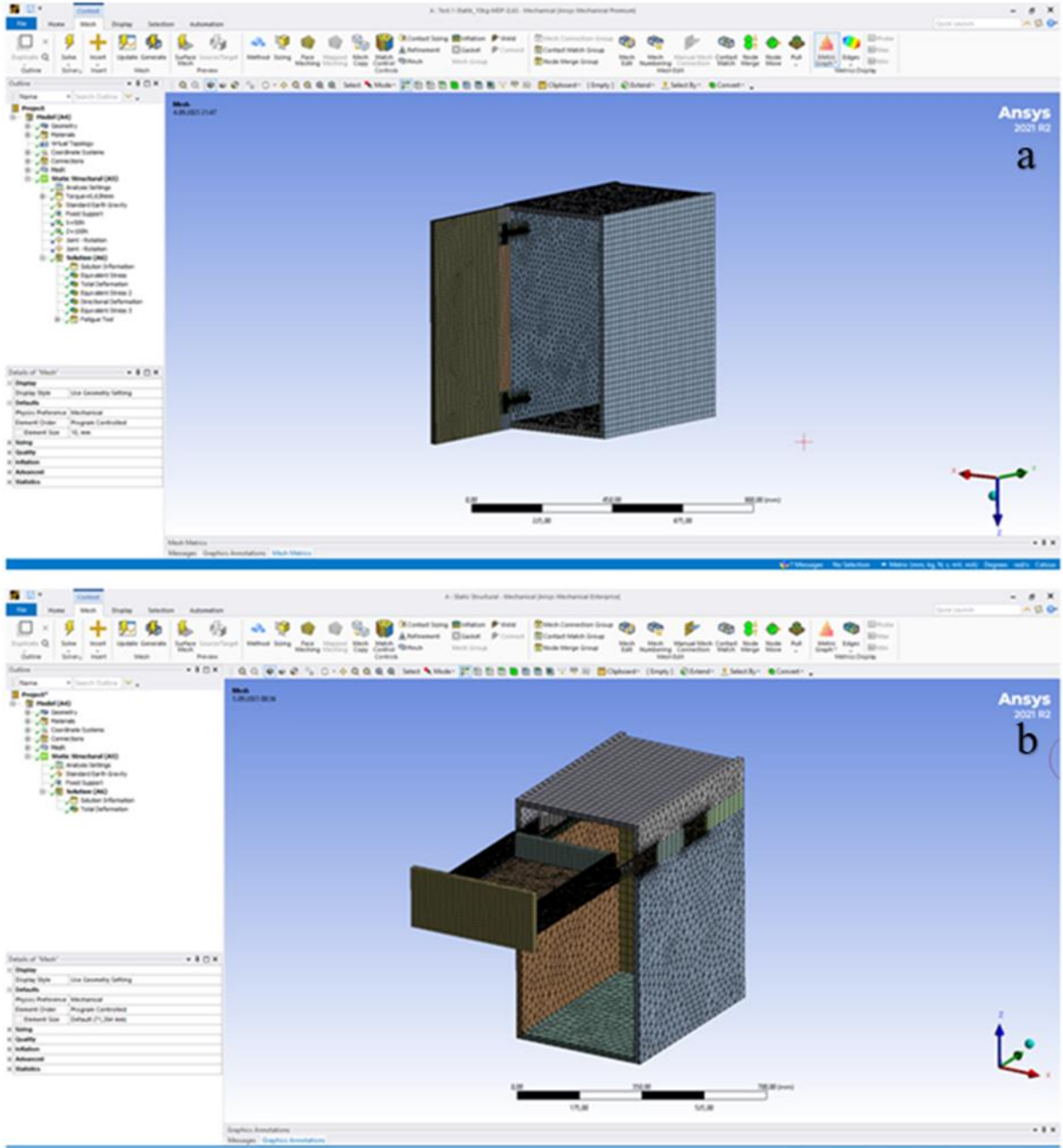
Kuvvetin ağaç materyale tesir ediş şekline göre; kuvvet devamlı ve yavaş yavaş artmak suretiyle tesir ettiğinde statik yükleme, kuvvet ani şok şeklinde tesir ettiği takdirde dinamik yükleme, yeknesak ve uzun süreli olan yüklemelere devamlı yükleme veya yorma, kuvvetin tesir yönünün yeknesak şekilde değişmesi halinde olan yüklemelere ise değişen yüklemeler denmektedir[149]. Burada laboratuvar testleri adı altında yapılan testler ise ‘Mekanik Yorma’

testleridir. Bu bağlamda yapılacak kapak numunelerine yapılan analizler Tablo 3.5’ deki gibi uygulanmıştır.

Tablo 3.5: Kapak ve çekmece numunelerinde uygulanan sonlu elemanlar analizleri.

Test Numarası	Test İsmi(Kapak)	Test İsmi (Çekmece)	Literatür Karşılığı	Analiz Tipi
1	Düşey Yükleme	Uzatma Elemanları Mukavemet Testi	Statik Yükleme	Statik Analiz
2	Yatay Yükleme	Uzatma Elemanları Yer Değiştirme Testi	Statik Yükleme	Statik Analiz
3	Sert Açma-Kapama	Uzatma Elemanlarında Hızlı Açma Kapama Testi	Dinamik Yükleme	Transient Analiz
4	Dayanıklılık	Uzatma Elemanlarında Dayanıklılık Testi	Yorma Yükleme	Fatigue Analiz

Malzeme tanımlaması yapılan mobilya parçalarının bir sonraki adımda uygun ağ örgüsü (mesh) modülü ve boyutu seçilerek uygulanmıştır. Analiz aşamasında ağ örgüsünün doğruluğu doğrudan çözüm üstünde etkili bir faktördür. Menteşelerin bağlandığı kabin ve kapak ile çekmecelerin bağlandığı kabin ve çekmece bölgelerine daha sık olmak üzere “Hex Dominant” ve “Tetrahedrons” ağ örgüsü metotları uygulanmıştır. Özellikle vidaların menteşeleri kabin ve kapakla; rayların kabin ve çekmece kasası ile birleştiği kısımlarda “Tetrahedrons” metot uygulanmışken, kapak ve kabinlerde küp elemanlardan oluşan ve elemanlar arası açılar 90° olan “Hex Dominant” ağ örgüsü metodu uygulanmıştır (Şekil 3.44).



Şekil 3.44: Modüllerin FEM analizlerindeki mesh görüntüsü; (a). Kapak, (b). Çekmece.

Kapak ve çekmecelerin birleştirme elamanları ve kabine montajları vidalar ile yapılmıştır. Vidalarda iki farklı tork kuvveti verilmiştir. Her bir modül ve malzeme için laboratuvar deneylerinde olduğu gibi FEM analizlerinde de bu iki değer değişken olarak uygulanmıştır. Bu değerler [75];

$$T = K \times F \times d \quad (3.7)$$

T: Anahtar torku (Nmm)

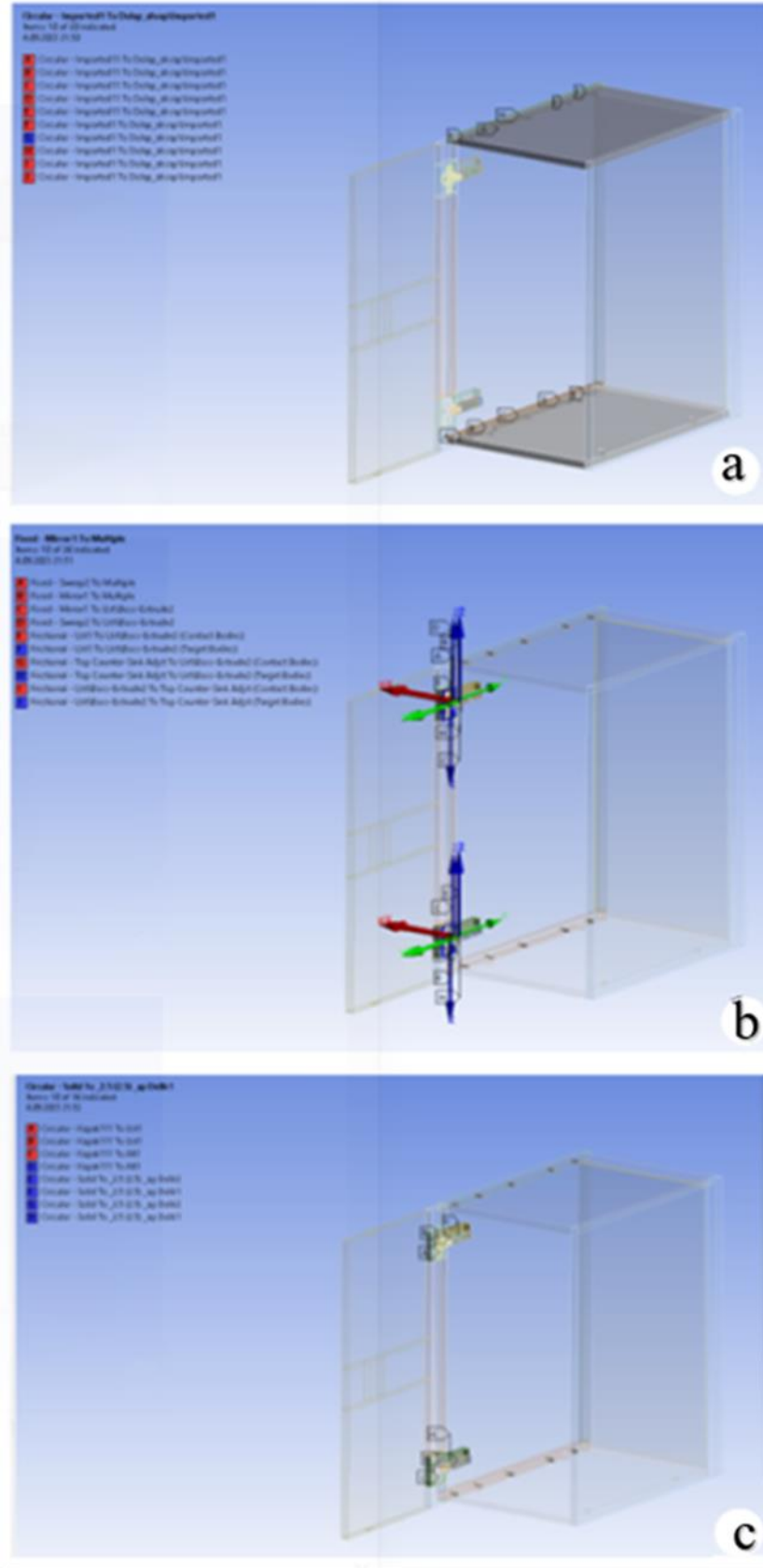
K: Civata malzemesi (sabit: 0,2)

d: Nominal cıvata çapı (mm)

Formüle göre 0,63 tork için statik veri girişi sayfasından pretension (ön gerilme) olarak 80N, 1,30 tork için ise 187N değerleri girilmiştir.

3.2.4.1. Kapaklı modüllerin analiz aşamaları

Ağ örme (mesh) aşaması tamamlandıktan sonra bağlantı yöntemleri ve birleşme tanımları kapak modülüne uygulanmıştır. Hareketli parçaların fazla olması sebebiyle birden çok birleştirme ve bağlantı yöntemi uygulanmıştır. Parçalarda yüzeylerin birbiri ile olan etkileşimleri ve hangi yüzeyler için tanımlanacağına dikkat edilerek temas noktası (contact) birleştirme, vida ile sabitlendiği noktaları için bağlı (bonded) birleştirme, parçaların birbiri ile temas ettiği ancak arası boşluk olan kısımlarda sürtünmesiz (Frictionless) birleştirme, açma kapama ivmesi veren menteşelerdeki bazı hareketli kısımlara döndürme (Revolute) birleştirme, kabin parçalarına silindirik tutunma (circular) birleştirme adı verilen birleştirmeler tanımlanmıştır. Birleştirmeler kavela birleştirmelerin olduğu kısımlarda, menteşenin kabin ve kapağa olan kısımlarında ve özellikle torkun yüklendiği vida kısımlarında ayrı ayrı uygulanmıştır. (Şekil 3.45).

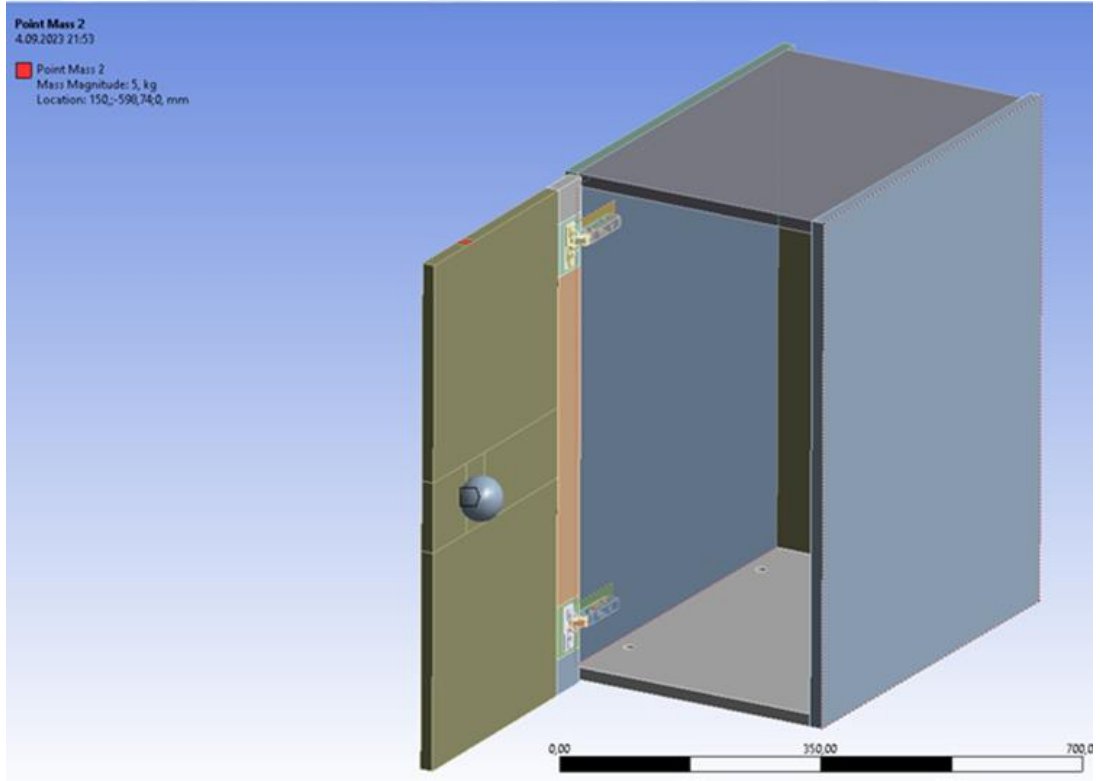


Şekil 3.45: (a). Kavela birleştirmeler, (b).Menteşe birleştirmeler, (c).Torkun uygulandığı vida birleştirmeler.

Ağ örme aşaması ve birleştirmelerin tanımlanma kısmından sonra statik yapısal (Static Structural) bölümünden test için gerekli olan sınırlar şartlarını (yüklemeler ve mesnetler) uygulanan gerçek testler doğrultusunda model üstünde tanımlanmıştır. Ancak 4 farklı test yöntemi olduğundan hepsinin analiz yöntemi ve sınır değerleri farklılık göstermiştir.

- Test 1: Düşey Yükleme

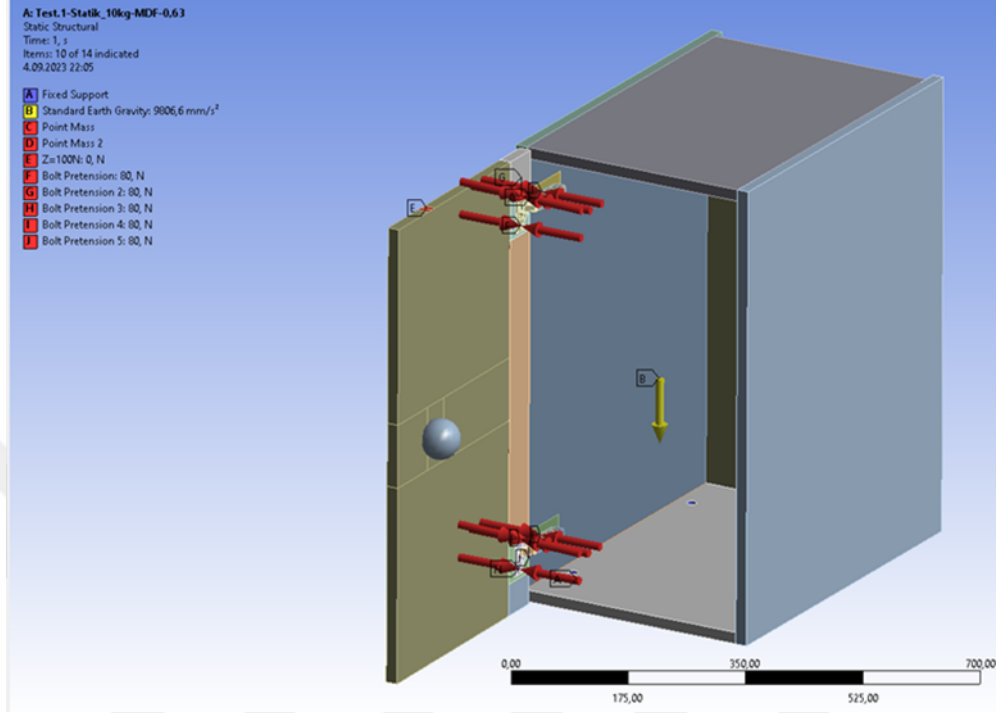
Düşey yükleme analizinde gerçek testlerde kapağın 100mm içinden ortasına gelecek şekilde her iki yanından 5 farklı ağırlık (10kg, 15kg, 25kg,30kg,45kg) yüklenerek açma kapama testi yapılmıştır (Şekil 3.46). Bu ağırlıkları geometri kısmındaki ağırlık noktası (mass point) atayarak her ağırlık için ayrı ayrı analiz alınmıştır.



Şekil 3.46: Standartta uygun ağırlıkların uygulandığı ağırlık noktası.

Kabini gerçek testlerde de mesnet yöntemiyle sabit konuma getirildiğinden burada kabinin altında kalan ve ayakların takıldığı bölümden sabit mesnet (fix support) tanımlanmıştır. Ayrıca menteşe içlerinde hareketi sağlayan parçalara yine statik yapısal (Static Structural) bölümünden menteşe özelliğine göre 105° birleştirme hareketi (joint rotation) ve tork değerleri her iki menteşe için de tanımlanmıştır. Ayrıca yine bu bölümde lineer analiz koşullarında yer çekimi

de (standart graviteyi) tanımlanmıştır. Böylelikle kapak testlerinin ilk testi için gerekli sınır koşulları Şekil 3.47’ deki gibi belirlenmiştir.

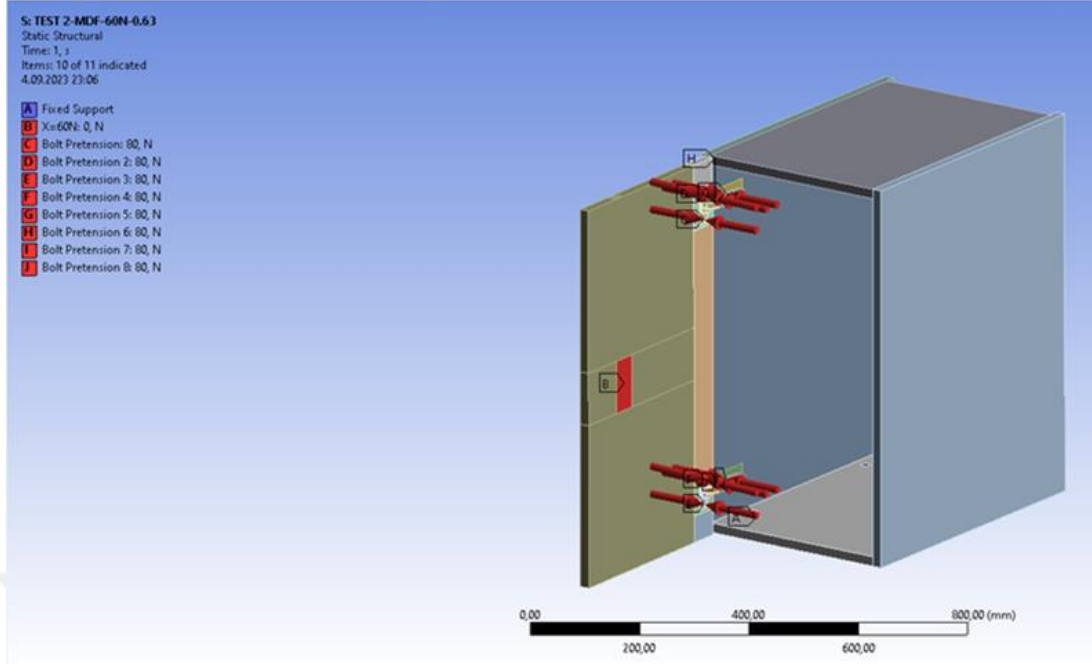


Şekil 3.47: Kapak Test 1 için sınır koşullarının belirlenmesi.

Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm (Solution) kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz (solve) sekmesinden çözüm başlatılmıştır. Çözümün tamamlanması ile elde edilen total deformasyon (total deflection) sonuçları elde edilmiştir.

- Test 2: Yatay Yükleme

Yatay yükleme analizinde gerçek testlerde kapağın 100mm içinden ortasına gelecek 4 farklı yükleme cihaz kolu ile (50N, 60N, 70N, 80N) uygulanarak açma kapama testi Şekil 3.48’ deki gibi uygulanmıştır. Test 1 sınır değerleri ile aynı şekilde atama yapılmıştır.

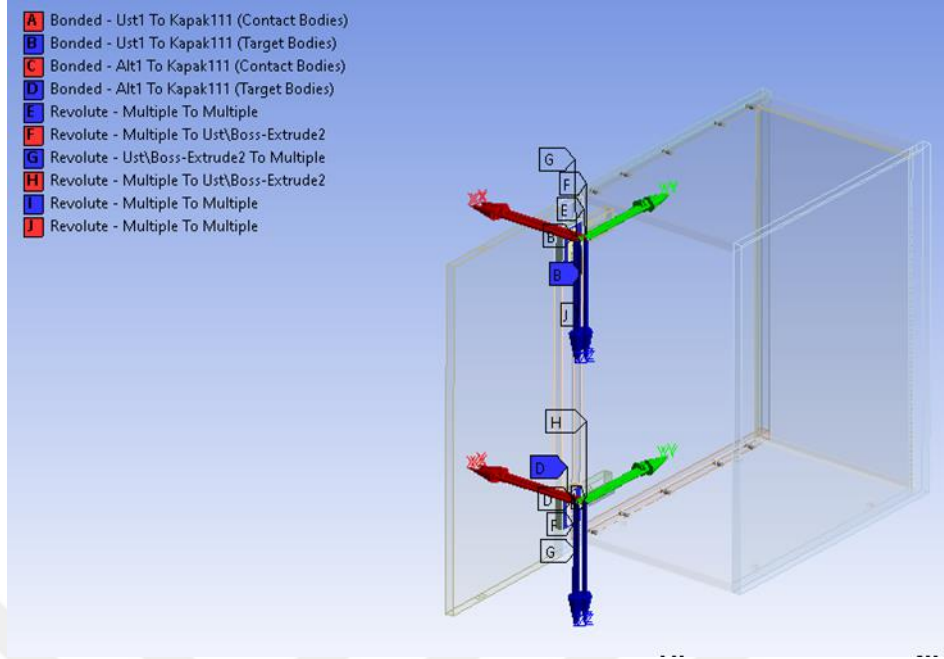


Şekil 3.48: Kapak Test 2 için sınır koşullarının belirlenmesi.

Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm (Solution) kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz bölümünden çözüm başlatılmıştır. Çözümün tamamlanması ile elde edilen deformasyon sonuçları elde edilmiştir.

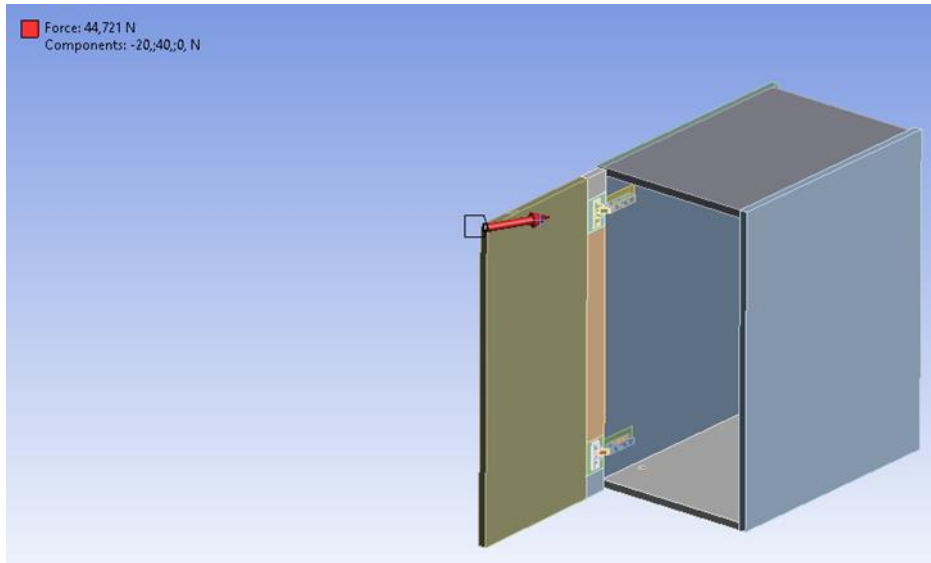
- Test 3: Sert Açma-Kapama

Sert açma kapama analizinde dinamik (transient analiz) kullanılmıştır. Hızlı açma kapama eylemini gerçek testlere en yakın şekilde simüle edebilmek için bu bölümde fazladan birleştirme (contact) elemanları kullanılmıştır. Burada döndürme ivmesini sağlamak ve gerçek testlerdeki çarpmayı görselleştirmek için döndürme (revolute) birleştirme elemanları Şekil 3.49' daki gibi fazladan eleman tanımlanmıştır.



Şekil 3.49: Test 3 harici birleştirmelerin gösterilmesi.

Açmanın ve kapanmanın aynı testte yapıldığı bu analizde gerçek testlerdeki 1 dakikada 6 tekrara göre zaman ayarlanmıştır. Tekrarlardaki çarpma etkisini testlere uygun hale getirmek için kapağın uç bölgesinden standarda uygun (2kg, 2kg,4kg,6kg) ağırlıklar ile manuel yükleme yapılmıştır (Şekil 3.50). Açma ve kapamada pozitif ve negatif yönde ayarlanarak zaman sınırlarına göre açma ve kapama gözlenmiştir. Bu kısım haricindeki tüm sınır değerleri Test 1 ve 2'deki şekilde ayarlanmıştır.

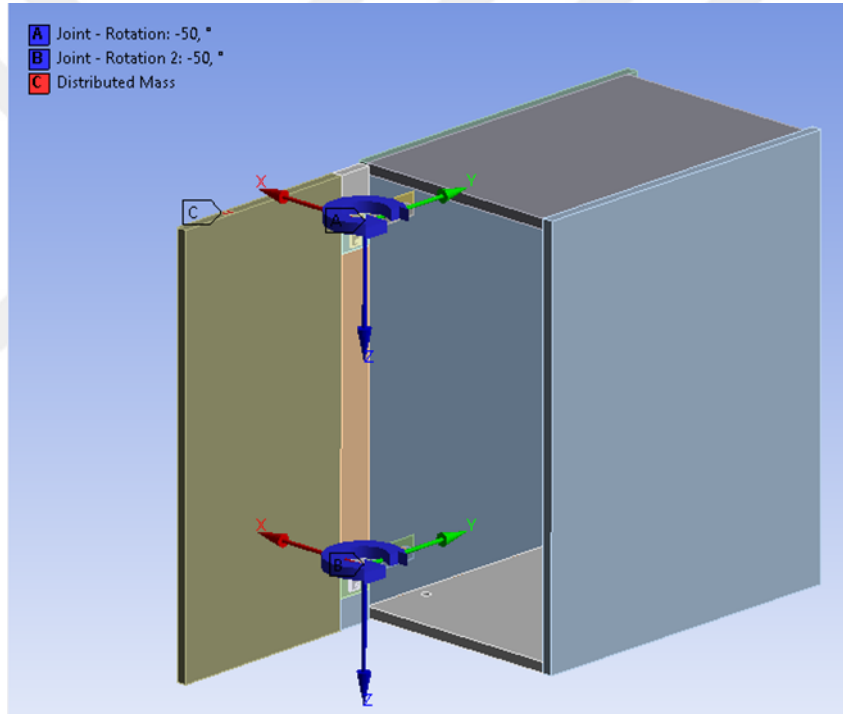


Şekil 3.50: Kapak Test 3 için sınır koşullarının belirlenmesi.

Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz bölümünden çözüm başlatılmıştır.

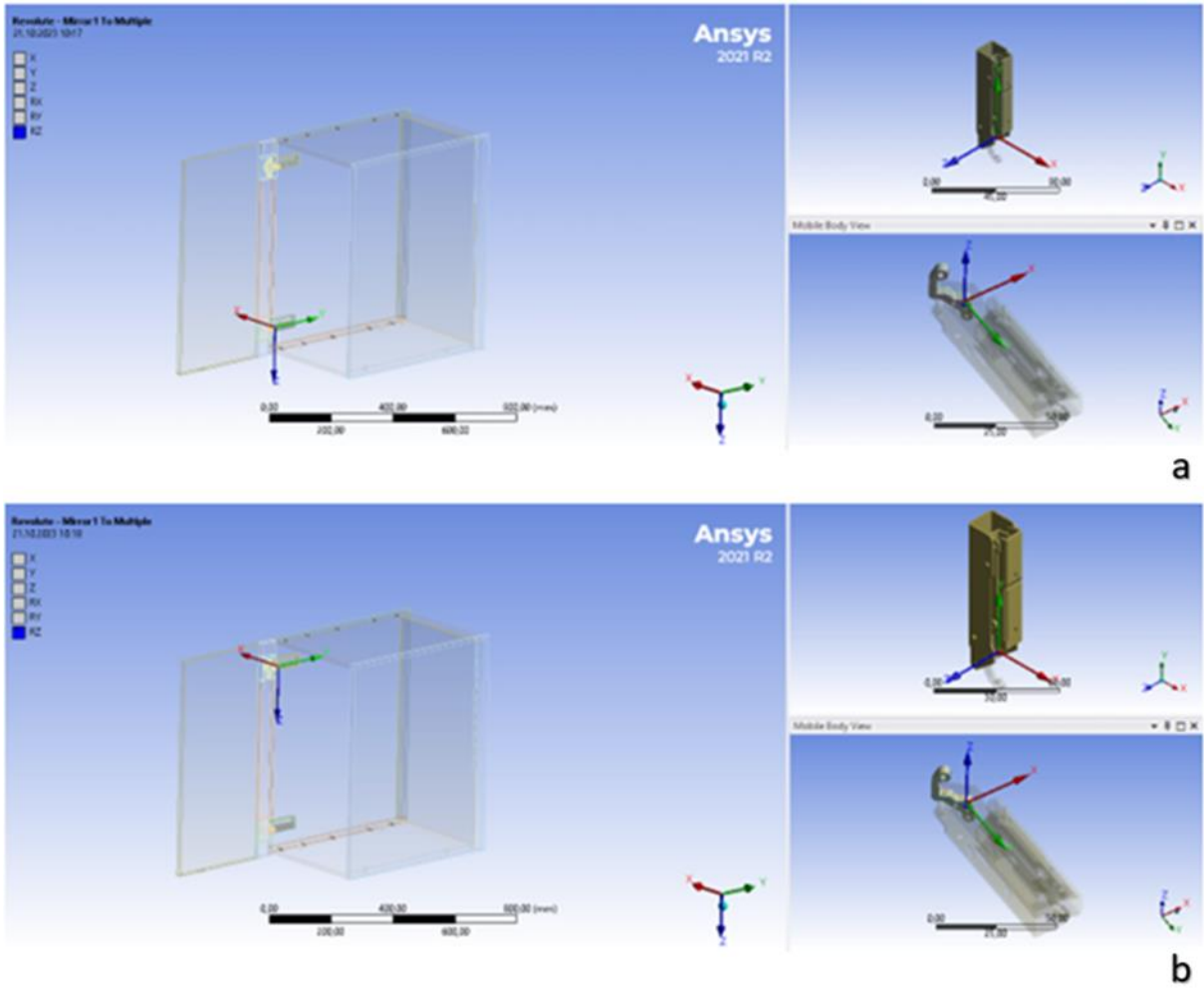
- Test 4: Dayanıklılık

Dayanıklılık analizinde (Fatigue analiz) kullanılmıştır. S-N Curve değeri ahşap malzemede tam tanımlı bir değer olmadığından bu kısımda menteşelerin malzeme özellikleri üstünde analiz yapılmıştır. Dayanıklılık testini gerçek testlere en yakın şekilde benzeştirebilmek için bu bölümde geometri kısmında gerçek deneyler ile aynı prosedürde yüzeysel yayılı kütle (distributed mass) elemanı tanımlanmıştır (Şekil 3.51).



Şekil 3.51: Elemanların tanımlanması.

Ayrıca burada döndürme ivmesini sağlamak, menteşe maksimum (1100) ve minimum (900) açıklığını göstermek, kapanma bölgelerindeki deformasyonu görmek ve bu bölgelerdeki maksimum deformasyon kısımlarını görmek için durdurma kontağı (stop block joint) elemanları Şekil 3.52' deki gibi fazladan tanımlanmıştır.



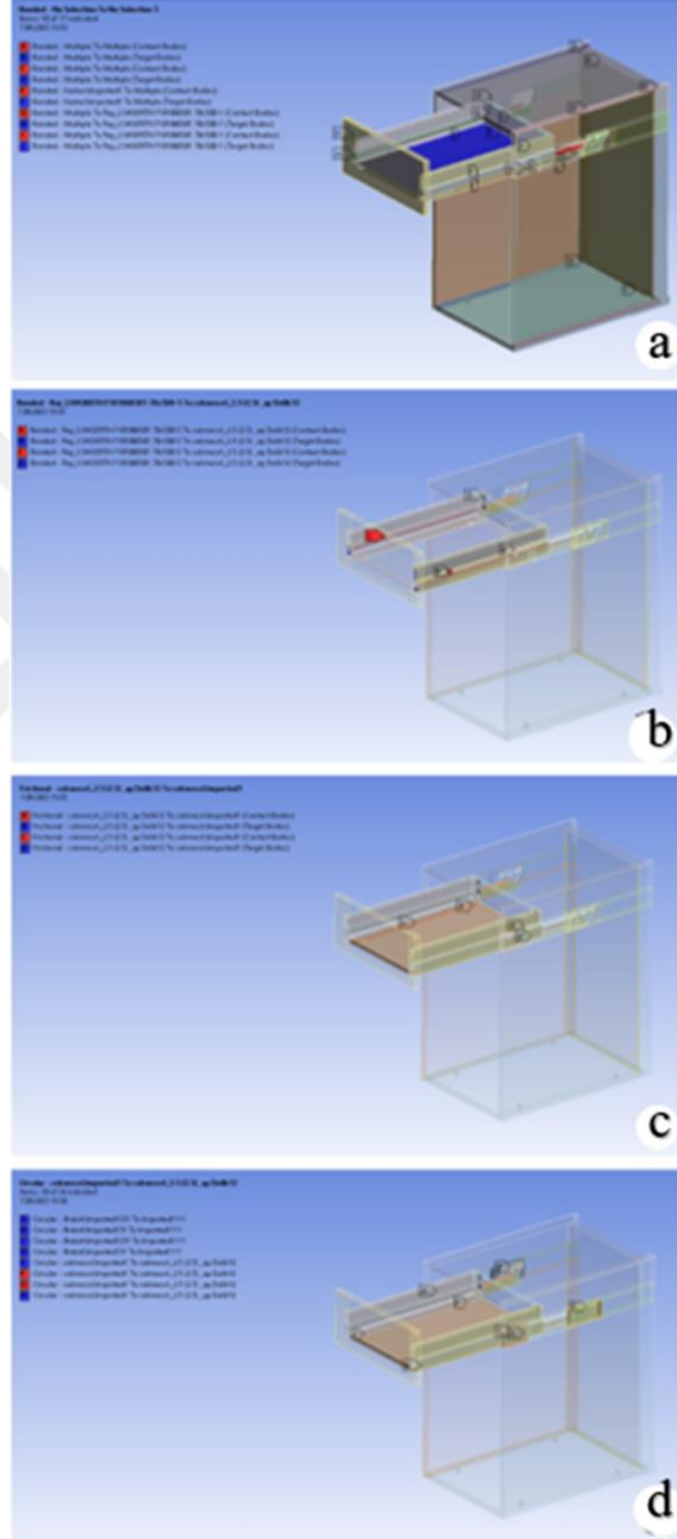
Şekil 3.52: Fatigue analizde tanımlanan kontaklar; (a). Alt menteşe, (b). Üst menteşe.

Bu analizde gerçek testlerdeki 1 dakikada 6 tekrara göre zaman ayarlanmıştır. Diğer testlerden farklı olarak plastik deformasyonu geçerek kırılma bölgesine geçtiği zamanı, stresi ve yaklaşık açma-kapama tekrar sayısına ulaşılmıştır. Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz bölümünden çözüm başlatılmıştır.

3.2.4.2. Çekmeceli modüllerin analiz aşamaları

Malzeme tanımlanması ve ağ örme aşaması tamamlandıktan sonra bağlantı yöntemleri ve birleşme tanımları çekmece modülüne uygulanmıştır. Parçalarda yüzeylerin birbiri ile olan etkileşimleri ve hangi yüzeyler için tanımlanacağına dikkat edilerek temas noktası (contact) birleştirme, vida ile sabitlendiği noktaları için bağlı birleştirme, parçaların birbiri ile temas ettiği ancak arası boşluk olan kısımlarda sürtünmesiz (Frictionless) birleştirme adı verilen birleştirmeler tanımlanmıştır. Birleştirmeler kavela birleştirmelerin olduğu kısımlarda, rayın

kabin ve çekmece kasalarına olan kısımlarında ve özellikle torkun yüklendiği vida kısımlarında ayrı ayrı uygulanmıştır (Şekil 3.53).

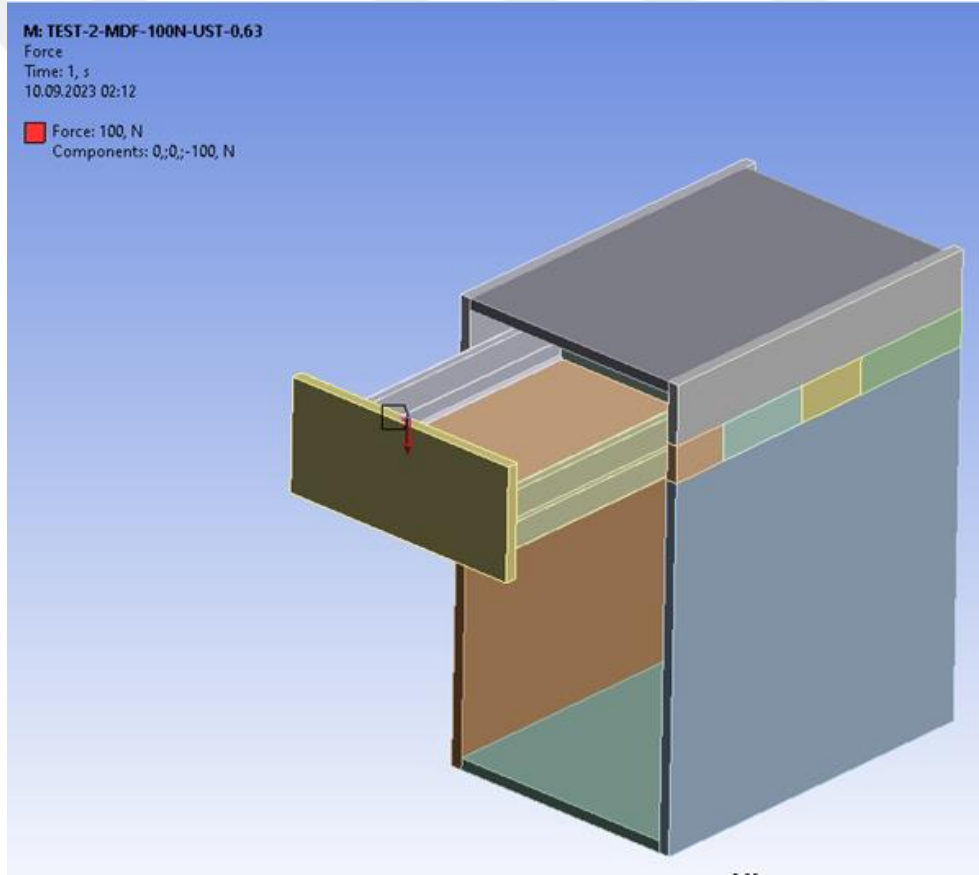


Şekil 3.53: (a). Kavela birleştirmeler, (b). Ray birleştirmeler, (c). Çekmece altlığı ile kasanın birleştirmesi, (d). Torkun uygulandığı vida birleştirmeler.

Birleştirmelerin tanımlanma kısmından sonra statik yapısal analiz bölümünden test için gerekli olan sınırlar şartlarını (yüklemeler ve mesnetler) uygulanan gerçek testler doğrultusunda model üstünde tanımlanmıştır. Ancak 4 farklı test yöntemi olduğundan hepsinin analiz yöntemi ve sınır değerleri farklılık göstermiştir.

- Test 1: Uzatma elemanları mukavemet testi

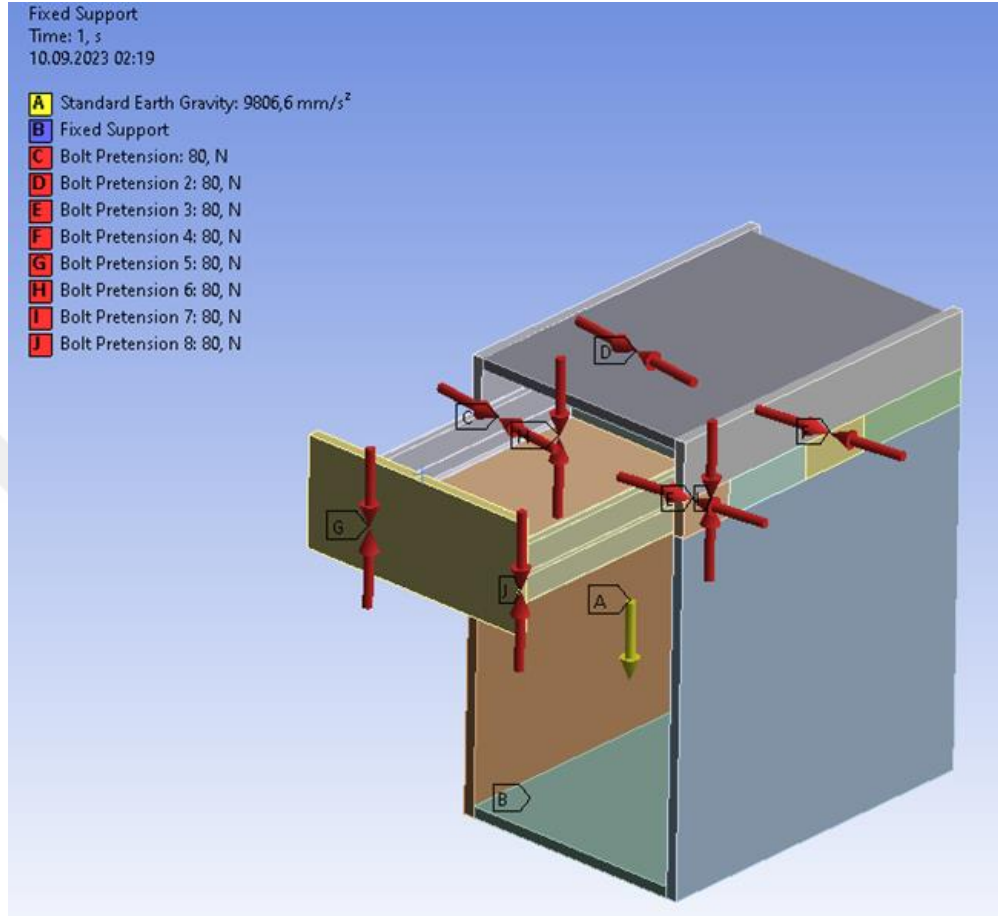
Çekmece mukavemet analizinde gerçek testlerde çekmece ön kapağın ortasına sabitlenen 5 farklı ağırlık analiz testlerinde standart kapsamında yük (100N, 150N, 250N, 300N, 450N) olarak kabul edilerek tanımlanarak Şekil 3.54’ deki gibi uygulanmıştır. Analizde bu orta noktaya kuvvet (force) atayarak her yük için ayrı ayrı analiz yapılmıştır.



Şekil 3.54: Standartta uygun ağırlığın uygulandığı yük noktası.

Kabini gerçek testlerde de mesnet yöntemiyle sabit konuma getirildiğinden burada kabinin altında kalan ve ayakların takıldığı bölümden sabit mesnet tanımlanmıştır. Ayrıca menteşe içlerinde hareketi sağlayan parçalara yine statik yapısal analiz (Static Structural) bölümünden tork değerleri (bolt pretension) her rayın vidasına uygulanmış ve bu bölümde lineer analiz

koşullarında yer çekimi de tanımlanmıştır. Böylelikle çekmece testlerinin ilk testi için gerekli sınır koşulları Şekil 3.55’ deki gibi belirlenmiştir.

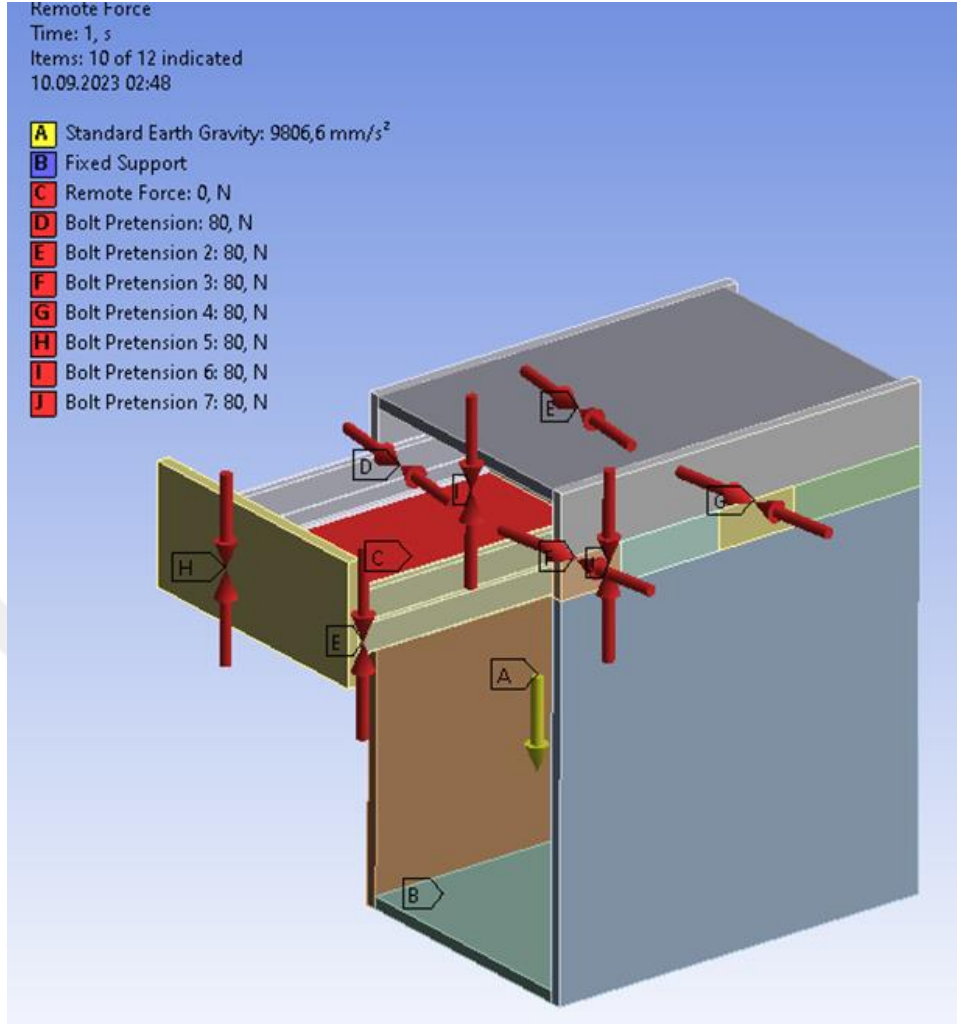


Şekil 3.55: Çekmece Test 1 için sınır koşullarının belirlenmesi.

Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz sekmesinden çözüm başlatılmıştır. Analizin devam ettiğini gösteren analiz bilgisi sekmesinden çözülür ve çözümün tamamlanması ile total deformasyon sonuçları elde edilmiş, gerçek test sonuçlarının ile karşılaştırılmıştır.

- Test 2: Uzatma elemanları yer değiştirme testi

Çekmecelerde yer değiştirme testinde çekmece içine sabitlenen 5 farklı ağırlık, analiz testlerinde standart kapsamında yük (30N, 40N, 60N, 70N, 80N) olarak kabul edilerek tanımlanarak Şekil 3.56’daki gibi uygulanmıştır. Test 1 sınır değerleri ile aynı şekilde atama yapılmıştır.



Şekil 3.56: Çekmece Test 2 için sınır koşullarının belirlenmesi.

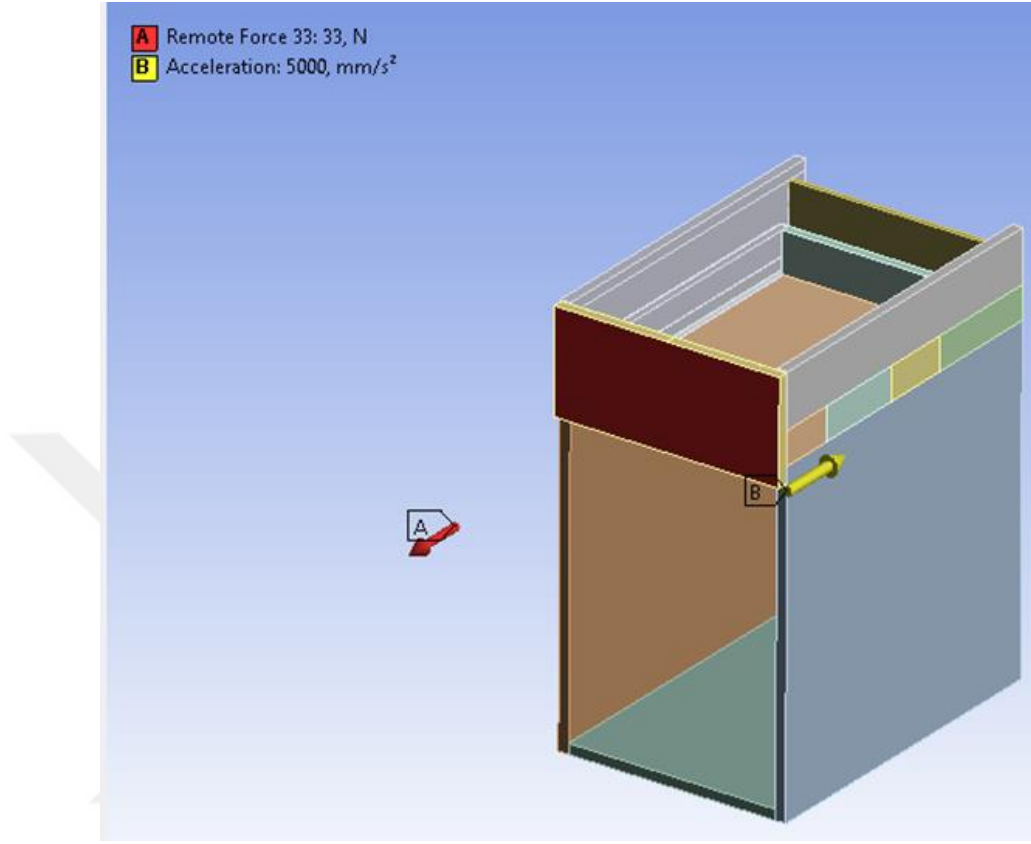
Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz sekmesinden çözüm başlatılmıştır. Çözümün tamamlanması ile total deformasyon sonuçları elde edilmiş, gerçek test sonuçlarının ile karşılaştırılmıştır.

- Test 3: Çekmece de uzatma elemanlarında hızlı açma kapama testi

Çekmece de uzatma elemanlarında hızlı açma ve kapama standart test yöntemine göre ayrı ayrı ele alındığından FEM analiz kısmında da ayrı test gruplarında analizleri yapılmıştır. Her iki test grubu da dinamik (Transient) analiz tipi ile standarda uygun şekilde 1 dakikada 6 tekrar zamanlama ile yapılmıştır. Buna göre:

-İlk aşamada açma analizleri yapılmıştır. Açma deneylerinde çekmecenin 1/3 oranında açıldığı hesaba katılarak belirli bir kuvvet (force) değeri tamamlanmıştır. Burada hareketi vermek yani

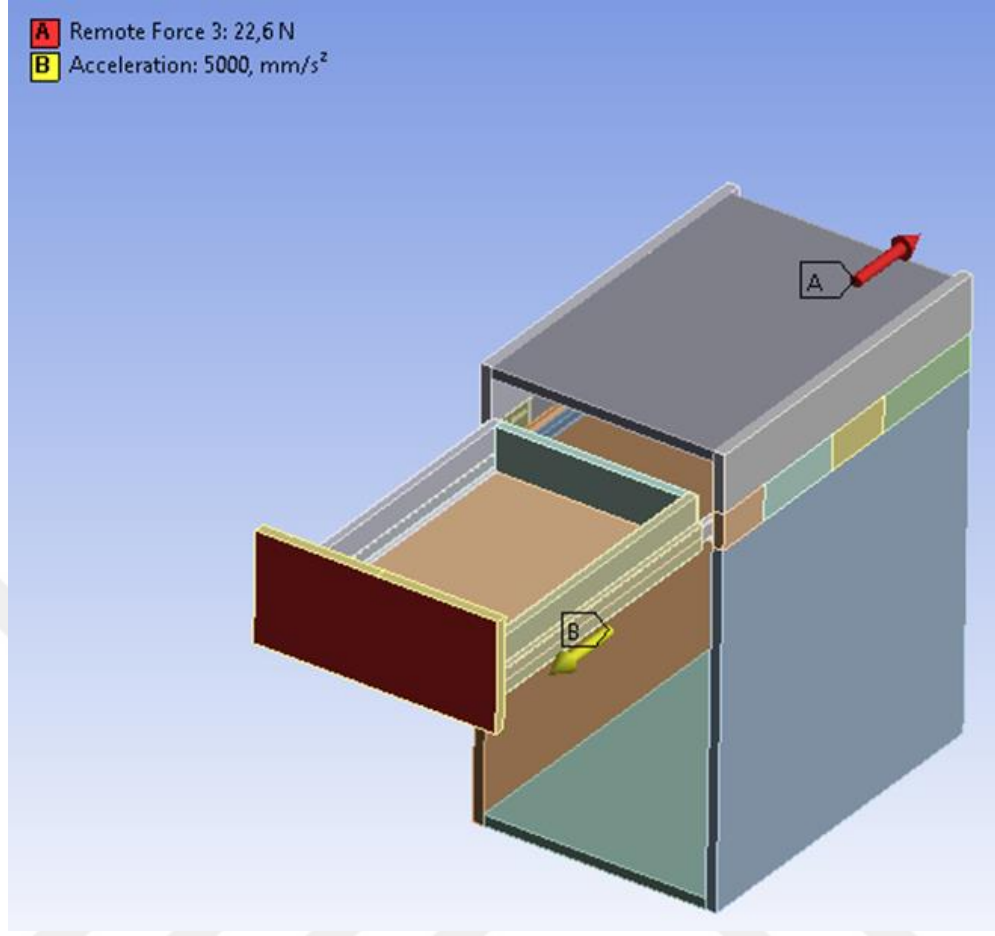
ivme kazandırarak gerçeğe en yakın analizi yapmak için hareket de (acceleration) eklenmiştir (Şekil 3.57).



Şekil 3.57: Çekmece Test 3 hızlı açma analizi için sınır koşullarının belirlenmesi.

Standart testlerde olduğu gibi içine 5kg yük sabitlenerek 5 farklı yükleme (2kg, 2,3kg, 2,6kg, 3kg, 3,3kg) yapılmıştır. Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm (Solution) kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz sekmesinden çözüm başlatılmıştır. Çözümün tamamlanması ile total deformasyon sonuçları elde edilmiş, gerçek test sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

-İkinci aşamada ise bu test grubunda kapama analizleri yapılmıştır. Kapama deneylerinde çekmecenin 1/3 oranında açıldığı hesaba katılarak açmanın tersine yönde belirli bir kuvvet (force) değeri tamamlanmıştır. Burada hareketi vermek yani ivme kazandırarak gerçeğe en yakın analizi yapmak için hareket (acceleration) da eklenmiştir (Şekil 3.58).



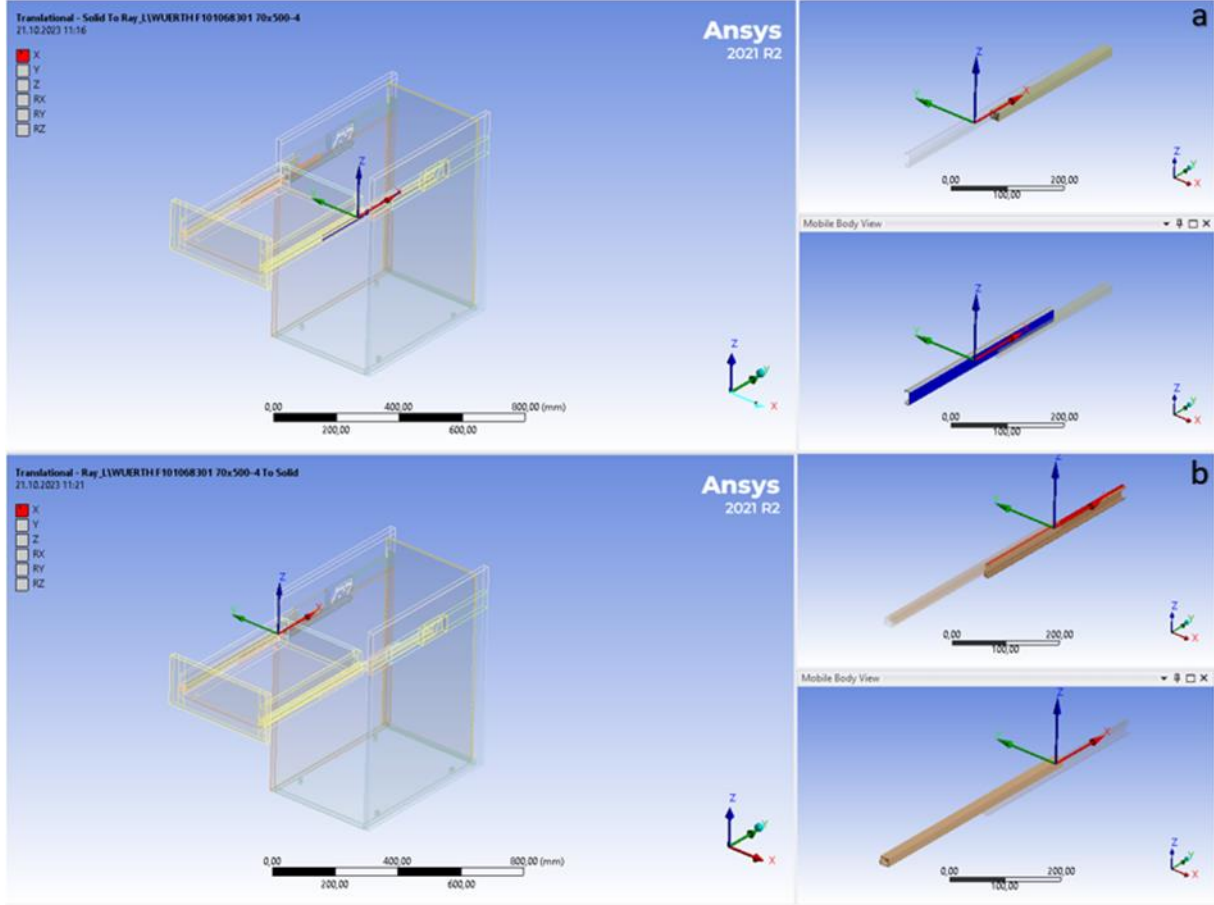
Şekil 3.58: Çekmece Test 3 hızlı kapama analizi için sınır koşullarının belirlenmesi.

Standart testlerde olduğu gibi içine 35kg yük sabitlenerek 5 farklı yükleme (1,2kg, 1,5kg, 1,7kg, 2kg, 2,2kg) yapılmıştır. Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz sekmesinden çözüm başlatılmıştır. Çözümün tamamlanması ile total deformasyon (total deflection) sonuçları elde edilmiş, gerçek test sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

- Test 4: Uzatma elemanlarında dayanıklılık testi

Dayanıklılık analizinde (Fatigue analiz) kullanılmıştır. S-N Curve değeri ahşap malzemede tam tanımlı bir değer olmadığından bu kısımda menteşelerin malzeme özellikleri üstünde analiz yapılmıştır. Dayanıklılık testini gerçek testlere en yakın şekilde benzeştirebilmek için bu bölümde geometri kısmında gerçek deneyler ile aynı prosedürde yüzeyel yayılı kütle (distributed mass) elemanı tanımlanmıştır. Ayrıca burada ileri-geri (açma-kapama) ivmesini sağlamak, rayların 1/3 oranda göstermek, kapanma bölgelerindeki deformasyonu görmek ve bu

bölgelerdeki maksimum deformasyon kısımlarını görmek için ivme birleşimi (translational joint) elemanları Şekil 3.59’ daki gibi fazladan tanımlanmıştır.



Şekil 3.59: Fatigue analizde tanımlanan kontaklar; (a). Alt menteşe, (b). Üst menteşe.

Bu analizde gerçek testlerdeki 1 dakikada 6 tekrara göre zaman ayarlanmıştır. Diğer testlerden farklı olarak plastik deformasyonu geçerek kırılma bölgesine geçtiği zamanı, stresi ve yaklaşık açma-kapama tekrar sayısına ulaşılmıştır. Sınır koşulları belirlenen FEM modeli için çözüm aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çözüm kısmından yapılması istenen analizlerin seçimi yapılarak, çöz bölümünden çözüm başlatılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. LEVHALARIN FİZİKSEL MEKANİK TESTLERİN AİT BULGULAR

MDF ve YL malzemelerde fiziksel mekanik testlerinde oluşan sonuçların dağılımları normallik varsayımı ile sınanmıştır. Örneklerin testleri için SPSS 21 yazılımı kullanılmıştır. Yapılan test sonuçlarının normallik değerlendirilmesinin ortalama ve varyans katsayısı değerleri Tablo 4.1’de olduğu gibidir.

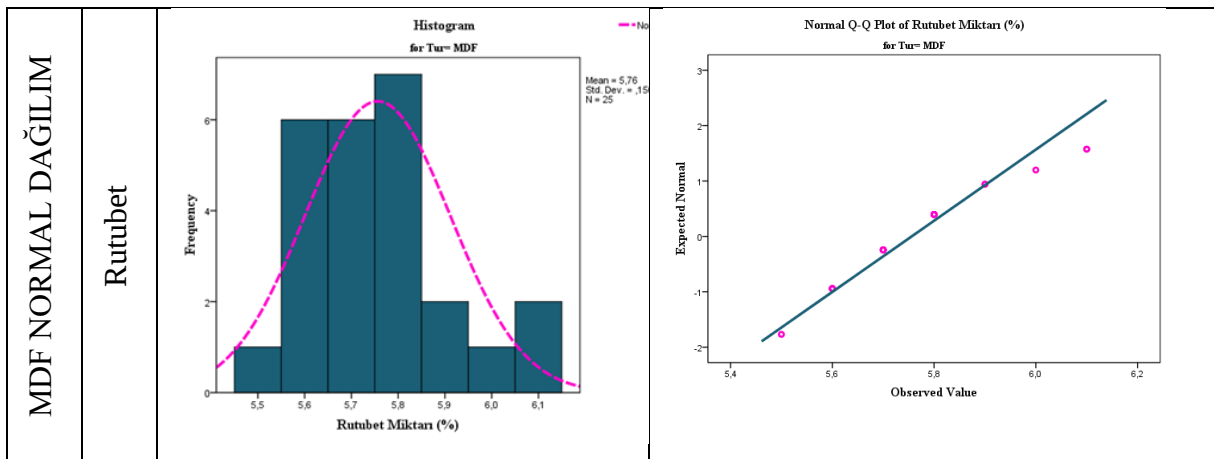
Tablo 4.1: Levhaların Fiziksel Mekanik Testlerin ait İstatistik sonuçları.

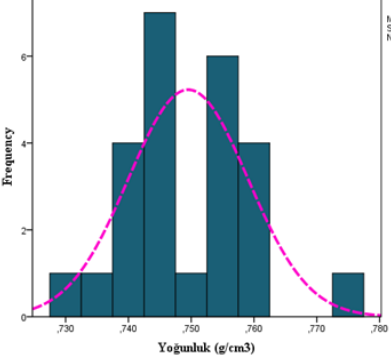
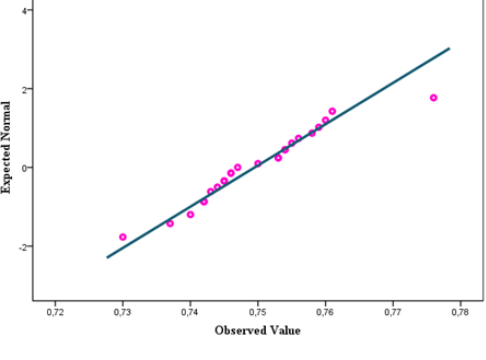
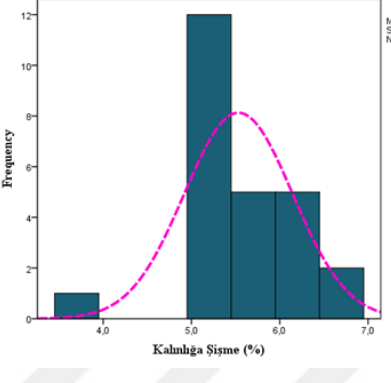
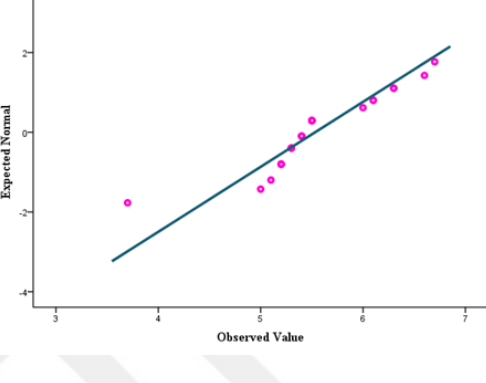
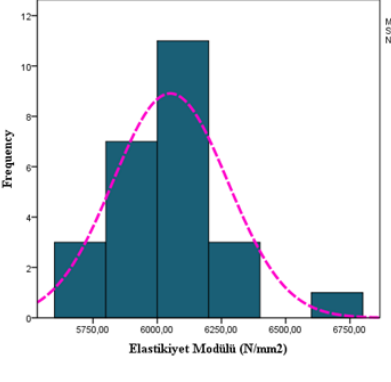
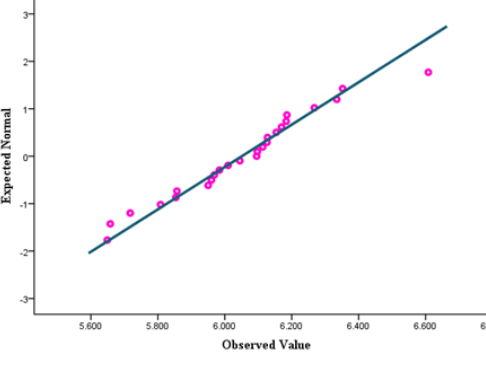
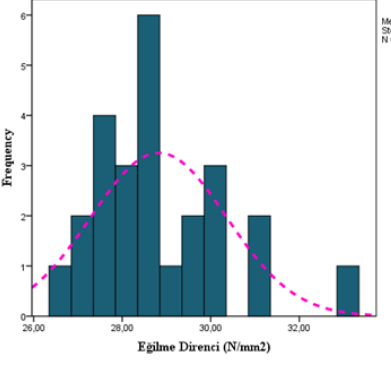
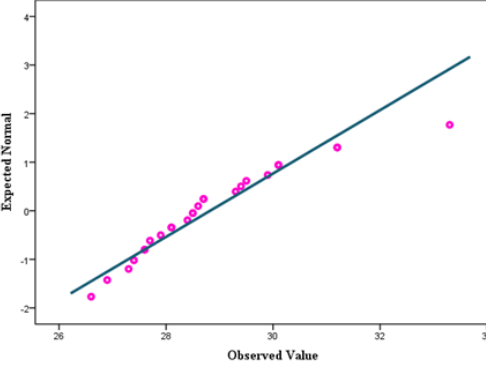
Malzeme Türü	Adet	Yoğunluk (g/cm ³)	Rutubet (%)	Su Alma ve Kalınlığına Şişme (%)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Eğilmede Elastikiyet modülü(N/mm ²)	İç Yapışma Direnci (N/mm ²)	Vida Tutma Mukavemeti (N)
Yonga Levha	30	0,635	7,8	16,4	13,9	6083,22	0,32	1092,73
		(1,29)*	(10,2)	(10,07)	(9,5)	(6,8)	(24,9)	(15,38)
MDF	30	0,754	5,8	5,5	29,4	6129,76	0,4073	1561,90
		(1,26)	(2,68)	(11,15)	(5,2)	(3,6)	(24,3)	(10,8)

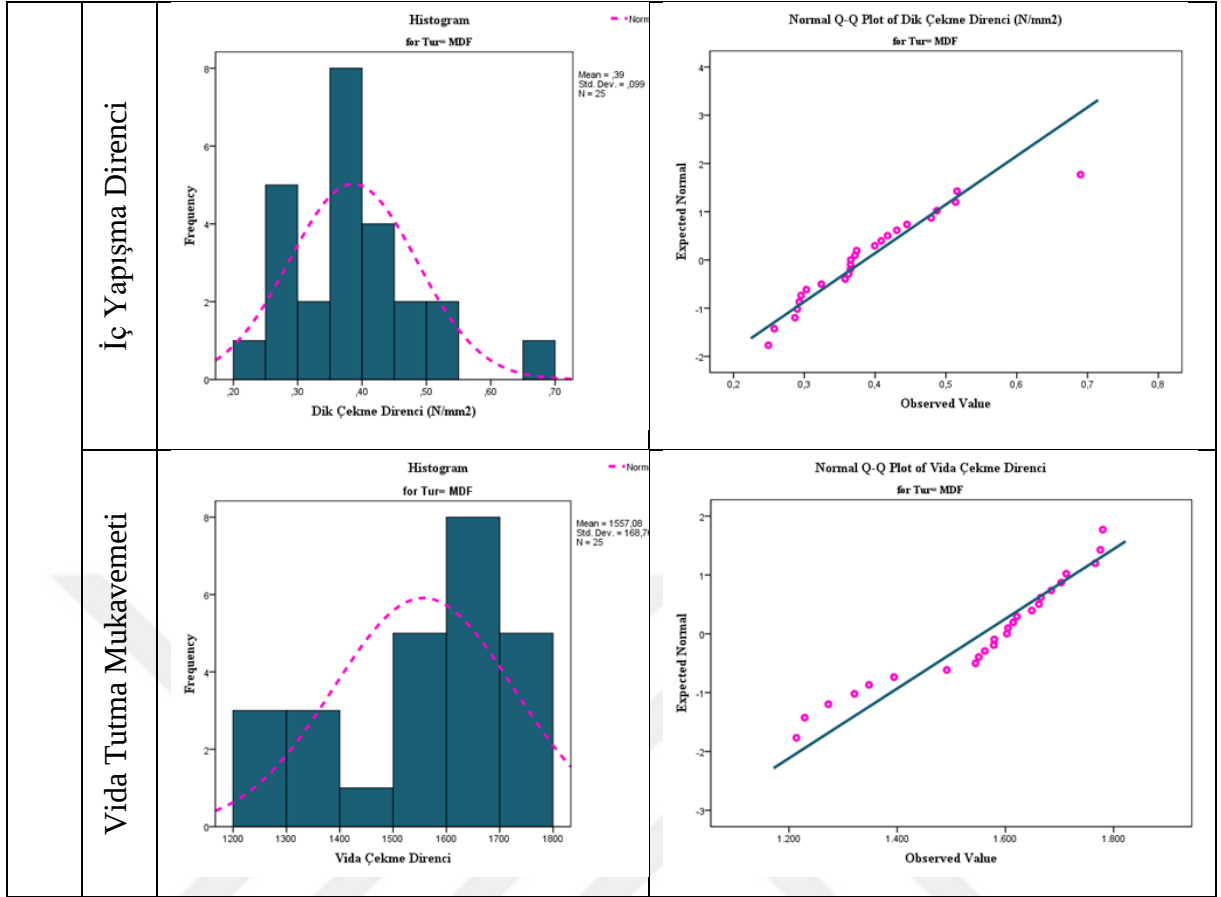
*varyans katsayısı : (standart sapma/ortalama)*100

Ayrıca sonuçlar histogram ve Q-Q Plot grafikleri ile de desteklenerek her malzeme için yapılan 7 test sonucunun görselleri MDF malzeme için Tablo 4.2’ deki gibi iken YL için Tablo 4.3’ deki gibi olduğu görülmüştür. Histogramların çan şeklinde olması, Q-Q Plot grafiğinin de ortalama değerine yakın veya üzerinde olması görülmektedir. Buradan da verilerin normal dağılıma ulaştığı görülmektedir.

Tablo 4.2: MDF malzemenin fiziksel mekanik testlerinin normal dağılım sonuçları.

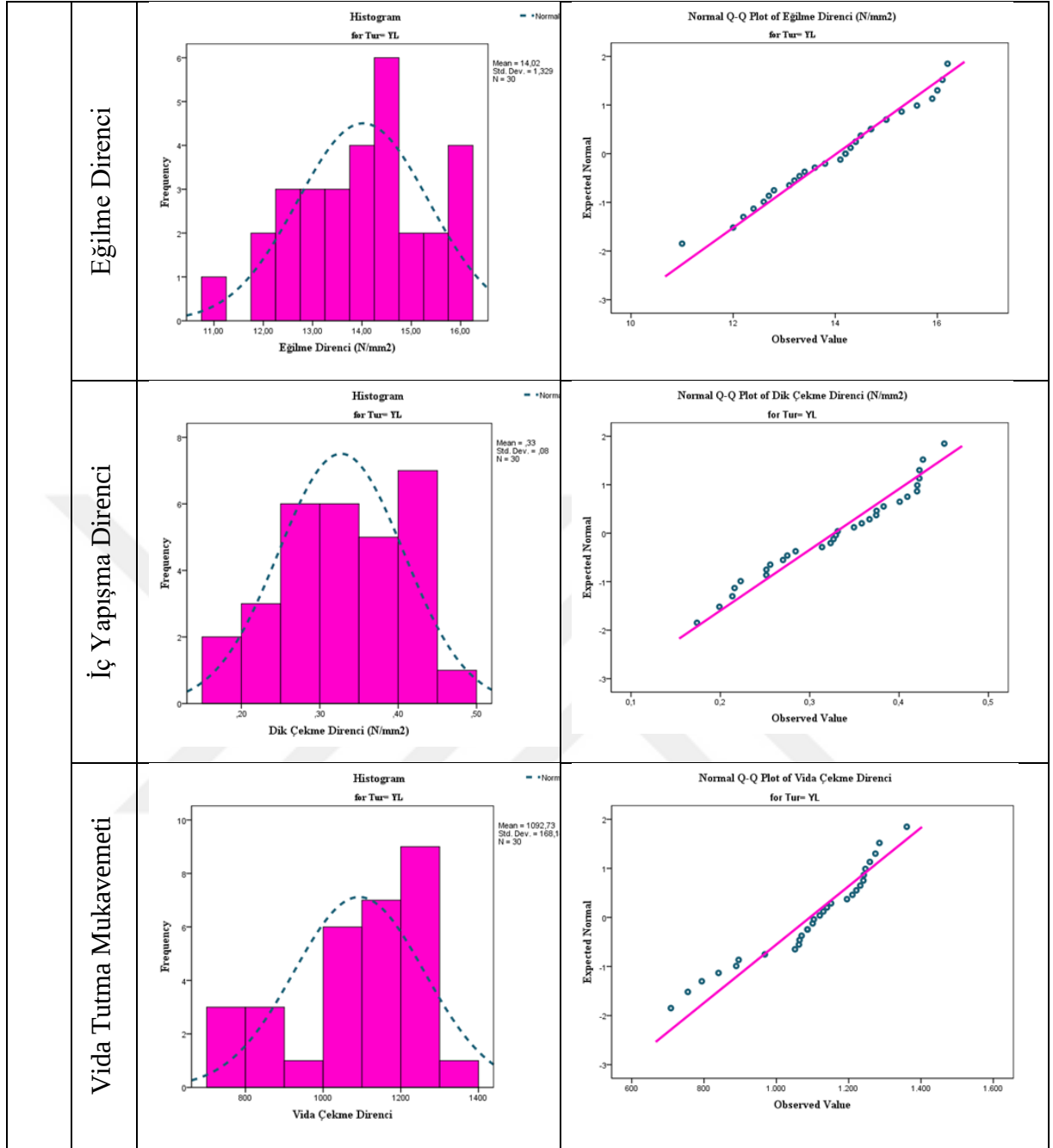


	Yoğunluk	Histogram for Tur= MDF  Mean = .750 Std. Dev. = .010 N = 25	Normal Q-Q Plot of Yoğunluk (g/cm3) for Tur= MDF 
	Kalınlığa Şişme	Histogram for Tur= MDF  Mean = 5.53 Std. Dev. = .614 N = 25	Normal Q-Q Plot of Kalınlığa Şişme (%) for Tur= MDF 
	Elastikiyet Modülü	Histogram for Tur= MDF  Mean = 6051.86 Std. Dev. = 223.852 N = 25	Normal Q-Q Plot of Elastikiyet Modülü (N/mm2) for Tur= MDF 
	Eğilme Direnci	Histogram for Tur= MDF  Mean = 28.82 Std. Dev. = 1.533 N = 25	Normal Q-Q Plot of Eğilme Direnci (N/mm2) for Tur= MDF 



Tablo 4.3: Yonga levha malzemenin fiziksel mekanik test sonuçlarının normal dağılımı.

YONGA LEVHA NORMAL DAĞILIM SONUÇLARI	Rutubet		
	Yoğunluk		
	Kalınlığa Şişme		
	Elastikiyet Modülü		



4.2. KABİNLERE UYGULANAN LABORATUVAR TESTLERİNE AİT BULGULAR

Standartlara uygun şekilde yapılan deney sonuçları kapak ve çekmece modüllerinde test yöntemlerine uygun şekilde ayrı ayrı incelenmiştir. Deney sonuçları istatistik olarak karşılaştırılmış olup, ayrıca deneyler sırasında ortaya çıkan diğer bulgular da bu başlık altında anlatılmıştır.

4.2.1. Kapaklı Modüllerin Laboratuvar Testlerine ait Bulgular

Çalışma kapsamında mutfak mobilyalarında kullanılan kapaklı modüllere ait deney sonuçları her test yöntemi için ayrı ayrı aşamalarda değerlendirilmiştir. Son aşamada ise gerçek deney sonuçları istatistiksel olarak tanımlanmıştır. Test sonuçlarına göre değerlendirmelerde ortaya çıkan diğer sonuçlar ise bu bölüme ait son alanda görseller ile desteklenmiştir.

- Test 1: “Düşey Yükleme” testine ait bulgular

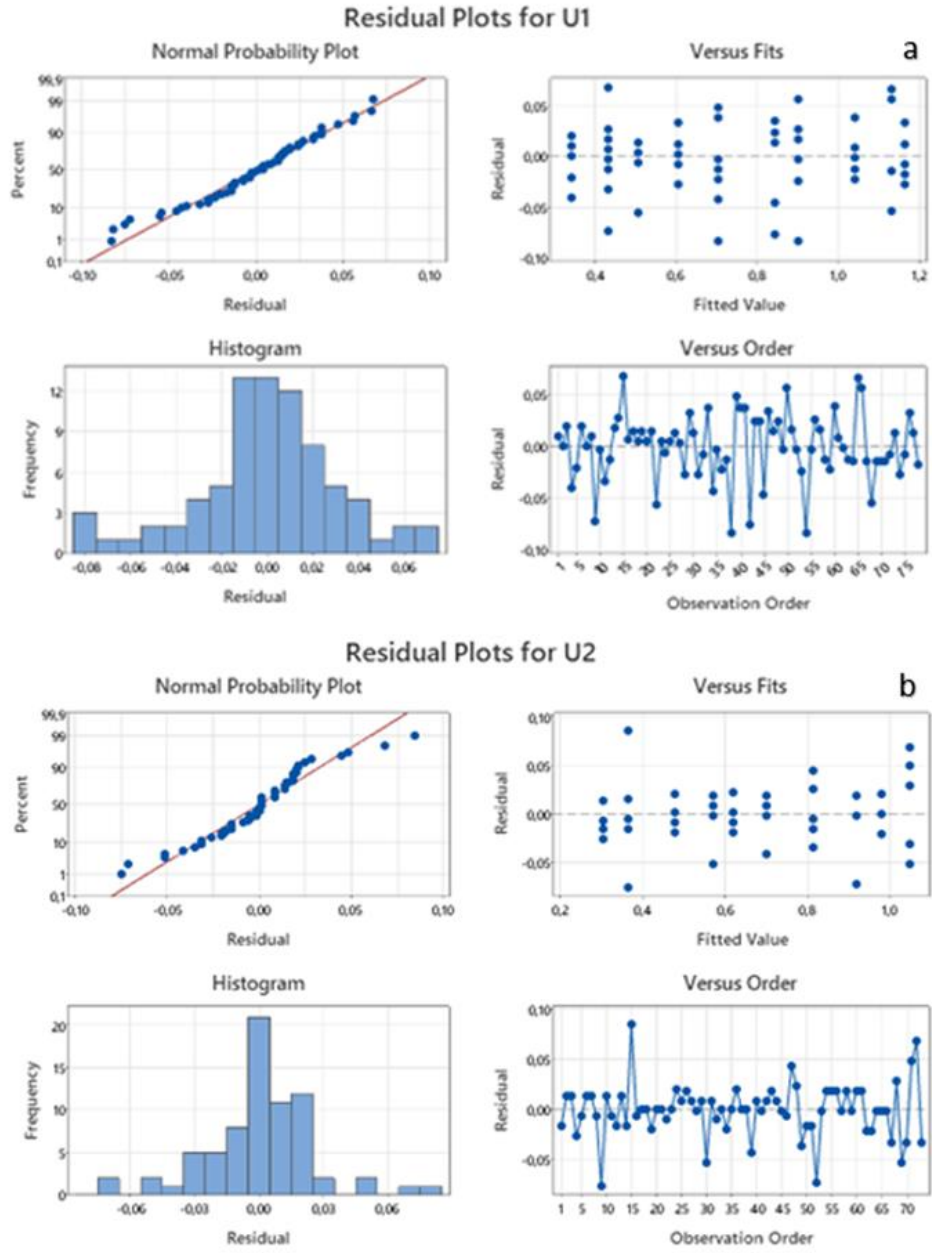
MDF malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.4’de Test 1 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.4: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı istatistikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
MDF	U1	Ağırlık (kg)	10	16	0,386	0,057	0,500	0,300	0,003
			15	16	0,556	0,056	0,640	0,450	0,003
			25	16	0,777	0,083	0,006	0,620	0,880
			30	16	0,976	0,081	1,080	0,820	0,006
			45	16	1,147	0,035	1,200	1,080	0,001
		Tork (N/m)	0,63	40	0,818	0,279	1,200	0,360	0,078
			1,30	40	0,716	0,279	1,200	0,300	0,078
			U2	Ağırlık (kg)	10	16	0,335	0,044	0,450
	15	16			0,522	0,050	0,590	0,460	0,002
	25	16			0,660	0,045	0,720	0,600	0,002
	30	16			0,870	0,058	0,940	0,780	0,003
	45	16			1,005	0,058	1,120	0,880	0,003
	Tork (N/m)	0,63		40	0,722	0,242	1,120	0,290	0,061
		1,30	40	0,633	0,241	1,000	0,280	0,058	

Test 1 sonuçlarına göre U1 noktasında MDF kapaklarda okunan en büyük değer 45kg yükte 1,2mm her iki tork değerinde de aynı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 10kg yükte 0,30mm iken 0,63 torkta 0,36mm ve 1,30 torkta 0,30mm olduğu belirlenmiştir.

U2 noktasında MDF kapaklarda okunan en büyük değer 45kg yükte 1,12 mm olup 0,63 torkta 1,12mm iken 1,30 torkta ise 1mm sehim verdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 10kg yükte 0,28mm 0,63 torkta 0,29mm ve 1,3 torkta 0,28mm sehim olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.1’ de histogram veri dağılımının verildiği Test 1 MDF malzeme türündeki kapak sonuçlarına göre; Tablo 4.5’ te Test 1 deney sonuçlarının (U1-U2) tork, ağırlık ve tork*ağırlık göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.1: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1; (a). U1 ve (b). U2' ye ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Her sehim noktasındaki sonuçların tork ve ağırlık değişkenlerine bağlı olarak deney tasarım yöntemiyle yapılan histogram görselli sonuçlarına göre normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 4.5: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	9	6,328	0,703	603,81	0,000
		Birinci Derece	5	6,301	1,260	1082,20	0,000
		Tork	1	0,210	0,210	180,42	0,000
		Ağırlık	4	6,091	1,522	1307,64	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,027	0,006	5,82	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,027	0,006	5,82	0,000
		Hata	70	0,081	0,001		
		Toplam	79	6,410			
	U2	Model	9	4,749	0,527	468,93	0,000
		Birinci Derece	5	4,743	0,948	842,95	0,000
		Tork	1	0,158	0,158	140,77	0,000
		Ağırlık	4	4,584	1,147	1018,49	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,006	0,001	1,40	0,244
		Tork*Ağırlık	4	0,006	0,001	1,40	0,244
		Hata	70	0,078	0,001		
		Toplam	79	4,828			

Tablo 4.5 varyans analizi sonuçları tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 için ağırlık, tork ve ağırlık*tork değişkenleri için istatistik olarak anlamlı bir farklılığa neden olduğu tespit edilmiştir. U2 de ise ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı, tork ve ağırlığın istatistiksel olarak anlamlı farklılığa sebep olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.6-4.7).

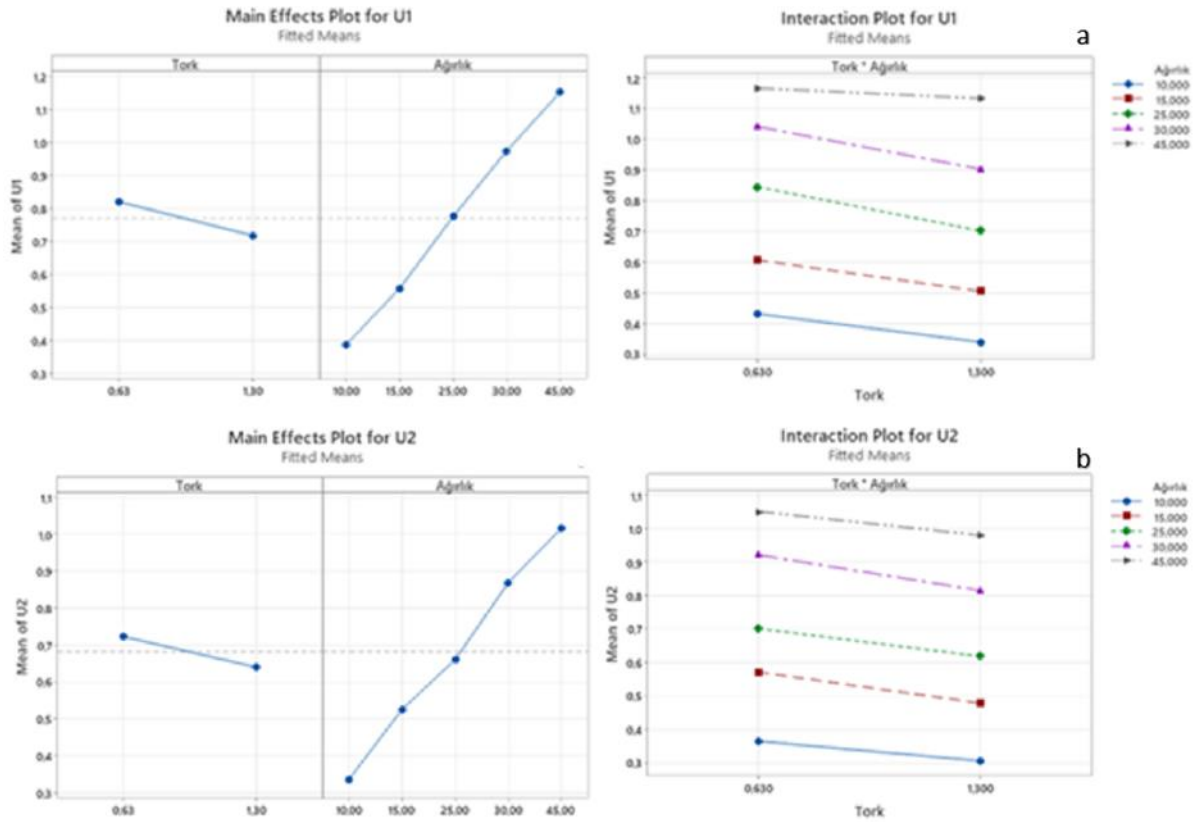
Tablo 4.6: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	45	16	1,14750 ^a
	30	16	0,9762 ^b
	25	16	0,7775 ^c
	15	16	0,5500 ^d
	10	16	0,3863 ^e
U2	45	16	1,0050 ^a
	30	16	0,8706 ^b
	25	16	0,6600 ^c
	15	16	0,5220 ^d
	10	16	0,3356 ^e

Tablo 4.7: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	0,8188 ^a	U2	0,63	40	0,7228 ^a
	1,30	40	0,7163 ^b		1,30	40	0,6338 ^b

MDF türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçları ilk tabloda ağırlık ve ikinci tabloda tork değişkenlerine göre ortaya konmuştur. Buna göre U1 noktasında ve U2 noktasında ağırlık değişkeninde 4 grup oluşmuştur. Sonuç olarak U1 ve U2 değerlerinin ağırlığa bağlı olarak farklılaştığı tespit edilmiştir. U1 ve U2 değerlerinin torka bağlı olarak da iki grup oluşturduğu ve anlamlı farklılık olduğu da belirlenmiştir. Şekil 4.2’de U1 ve U2 tork, ağırlık ve tork*ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.2: MDF malzemede U1 ve U2 sehim noktasında ağırlık-tork dağılımı, ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; MDF malzemeden yapılan kapak test sonuçlarında ağırlık ve torkta bir etkileşim olmadığı belirlenmiştir.

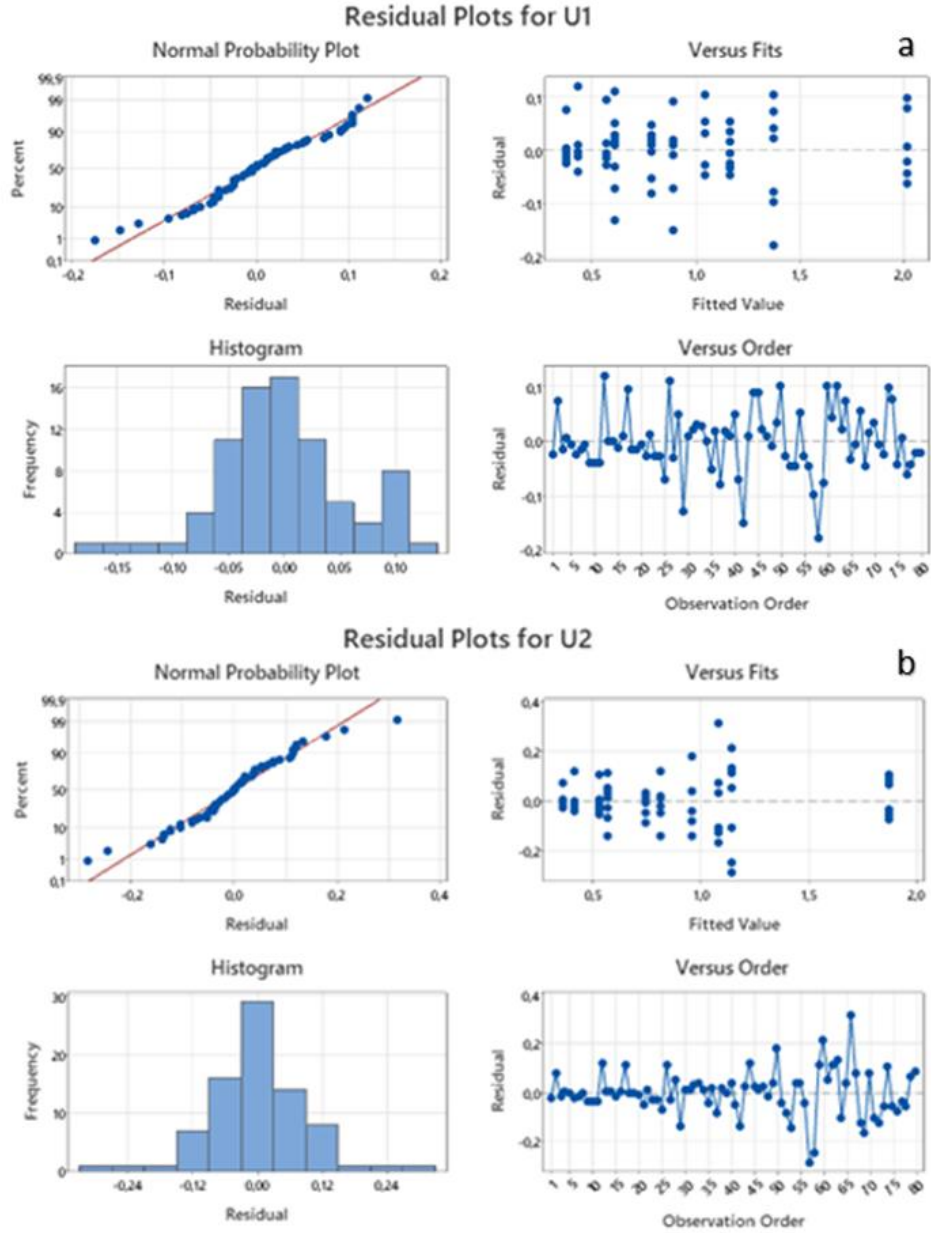
YL malzemedan yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo4.8’de Test 1 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.8: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2’ ye ait tanımlayıcı istatistikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
YL	U1	Ağırlık (kg)	10	16	0,401	0,051	0,550	0,350	0,002
			15	16	0,586	0,062	0,720	0,480	0,003
			25	16	0,839	0,080	0,980	0,710	0,006
			30	16	1,211	0,188	1,480	1,000	0,035
			45	16	1,593	0,445	2,120	1,12	0,198
		Tork (N/m)	0,63	40	1,065	0,586	2,120	0,390	0,344
			1,30	40	0,787	0,299	1,220	0,350	0,089
	U2	Ağırlık (kg)	10	16	0,390	0,050	0,540	0,340	0,002
			15	16	0,548	0,064	0,680	0,430	0,004
			25	16	0,779	0,070	0,940	0,660	0,004
			30	16	1,052	0,173	1,160	0,820	0,030
			45	16	1,478	0,426	1,360	0,920	0,181
		Tork (N/m)	0,63	40	0,725	0,239	1,360	0,380	0,057
			1,30	40	0,714	0,319	1,160	0,340	0,101

Test 1 sonuçlarına göre U1 noktasında YL kapaklarda okunan en büyük değer 45kg yükte 2,12mm olup 0,63torkta 2,12mm iken 1,30 torkta ise 1,2mm sehim verdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 10kg yükte 0,35mm, 0,63 torkta 0,39mm ve 1,3 torkta 0,35mm sehim olduğu belirlenmiştir.

U2 noktasında YL kapaklarda okunan en büyük değer 45kg yükte 1,36 mm olup 0,63 torkta 1,36mm iken 1,30 torkta ise 1,16mm sehim verdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 10kg yükte 0,35mm 0,63 torkta 0,38mm ve 1,3 torkta 0,34mm sehim olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.3’ de histogram veri dağılımının verildiği Test 1 YL malzeme türündeki kapak sonuçlarına göre; Tabloda 4.9’ da Test 1 deney sonuçlarının (U1-U2) tork, ağırlık ve tork*ağırlık göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.3: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2' ye ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Her sehîm noktasındaki sonuçların tork ve ağırlık değişkenlerine bağılı olarak deney tasarım yöntemiyle yapılan histogram görselli sonuçlarına göre normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 4.9: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	9	18,201	2,022	533,77	0,000
		Birinci Derece	5	16,302	3,260	860,56	0,000
		Tork	1	1,537	1,537	405,77	0,000
		Ağırlık	4	14,764	3,691	974,26	0,000
		İkili Etkileşimler	4	1,898	0,474	125,29	0,000
		Tork*Ağırlık	4	1,898	0,474	125,29	0,000
		Hata	70	0,265	0,003		
		Toplam	79	18,466			
	U2	Model	9	14,543	1,615	169,63	0,000
		Birinci Derece	5	12,912	2,582	271,08	0,000
		Tork	1	1,042	1,041	109,37	0,000
		Ağırlık	4	11,870	2,967	311,51	0,000
		İkili Etkileşimler	4	1,631	0,407	42,81	0,000
		Tork*Ağırlık	4	1,631	0,407	42,81	0,000
		Hata	70	0,666	0,009		
		Toplam	79	15,2107			

Tablo. 4.9 varyans analizi sonuçları tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için ağırlık, tork ve ağırlık*tork değişkenleri için istatistik olarak anlamlı bir farklılığa neden olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.10-4.11).

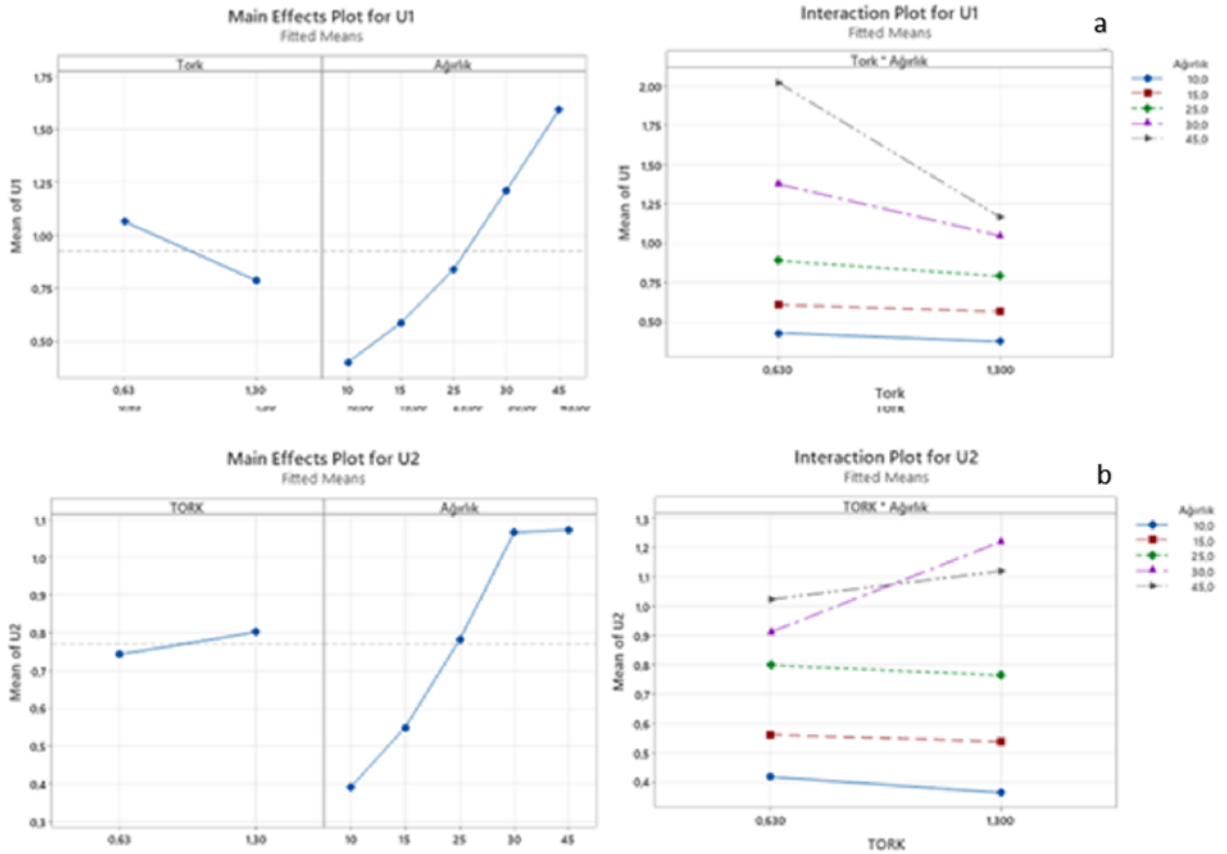
Tablo 4.10: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	45	16	1,593 ^a
	30	16	1,2112 ^b
	25	16	0,8394 ^c
	15	16	0,5869 ^d
	10	16	0,4019 ^d
U2	45	16	1,478 ^a
	30	16	1,0525 ^b
	25	16	0,7794 ^c
	15	16	0,5481 ^d
	10	16	0,3906 ^d

Tablo 4.11: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	1,0650 ^a	U2	0,63	40	0,9638 ^a
	1,30	40	0,7878 ^b		1,30	40	0,7355 ^b

YL türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 noktasında ve U2 noktasında 3 farklı grup oluşmuştur. Buna göre her iki sehim noktasında da 45, 30, 25 ve 25kg ağırlıklar anlamlı bir fark oluşturuyorken 15 ve 10kg ağırlıklar arasında anlamlı bir fark oluşmadığı belirlenmiştir. Aynı zamanda her iki nokta içinde tork değeri 2 farklı grup oluşturarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Test 1 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın Şekil 4.4 'de U1 ve U2 etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.4: YL malzemedeki U1 ve U2 sehim noktasında ağırlık, tork ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; YL malzemedeki yapılan kapak test sonuçlarında ağırlık ve torkta bir etkileşim olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 4.12: Test 1 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	80	2,03 ^a	U2	YL	80	0,8329 ^a
	MDF	80	0,7595 ^a		MDF	80	0,6755 ^b

Test 1 deneyinin tamamından edinilen sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 noktasında 1 grup oluştuğu, U2 noktasında ise MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşmuştur (Tablo 4.12). Sonuç olarak U1 değerleri malzeme türüne göre anlamlı olarak farklılaşmadığı, U2'nin ise anlamlı farklılaştığı belirlenmiştir.

- Test 2: “Yatay Yükleme” testine ait bulgular

MDF malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 4 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.13'te Test 2 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.13: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı istatistikler.

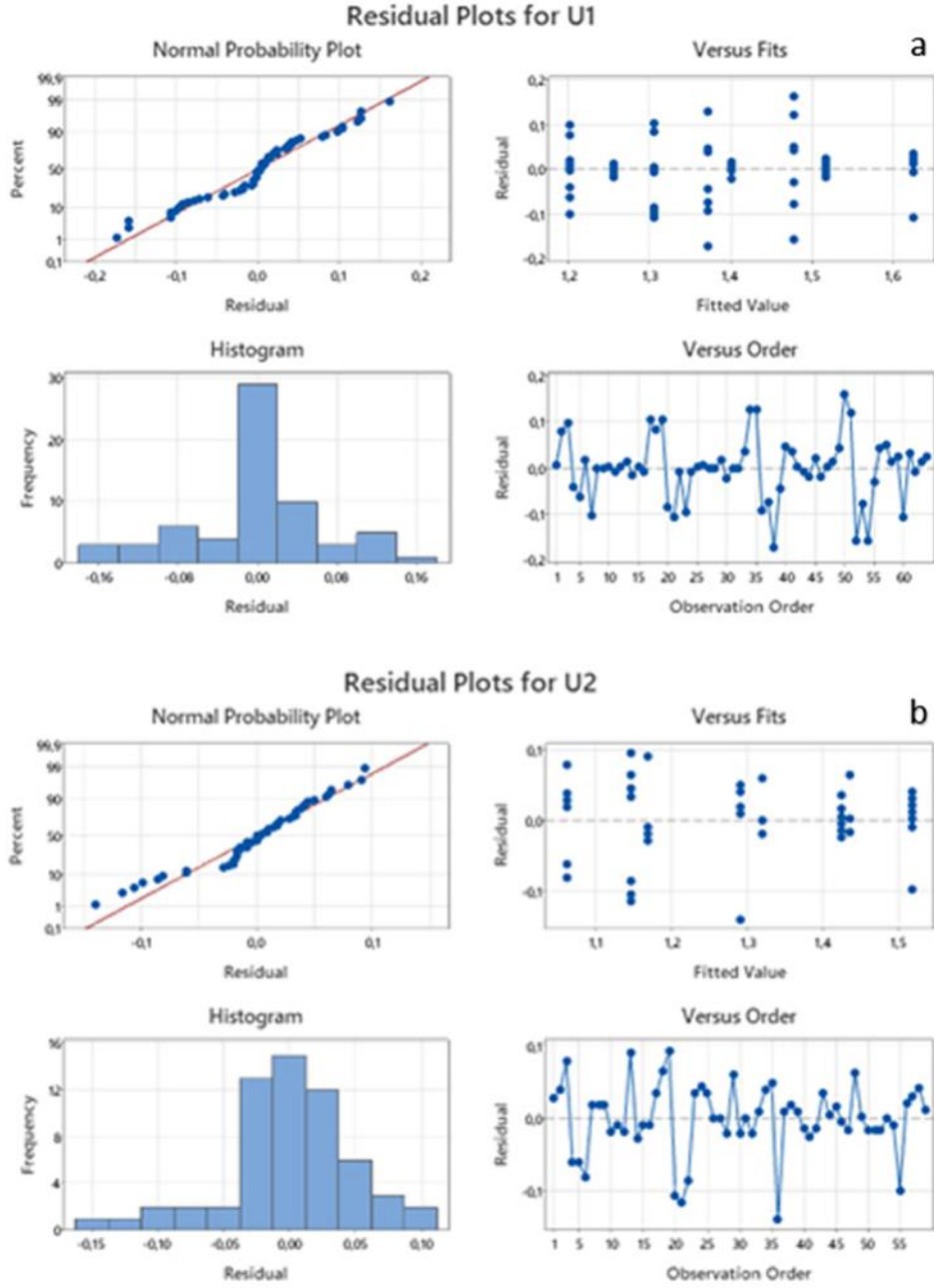
Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
MDF	U1	Ağırlık (N)	50	16	1,225	0,054	1,300	1,100	0,003
			60	16	1,347	0,079	1,420	1,200	0,006
			70	16	1,435	0,105	1,540	1,200	0,011
			80	16	1,542	0,116	1,660	1,320	0,013
		Tork (N/m)	0,63	32	1,449	0,142	1,660	1,240	0,020
			1,30	32	1,331	0,137	1,660	1,240	0,020
	U2	Ağırlık (N)	50	16	1,108	0,072	1,260	0,980	0,005
			60	16	1,221	0,108	1,380	0,980	0,011
			70	16	1,357	0,083	1,460	1,030	0,006
			80	16	1,480	0,057	1,560	1,150	0,003
		Tork (N/m)	0,63	32	1,343	0,140	1,500	1,140	0,023
			1,30	32	1,196	0,145	1,560	0,980	0,018

Test 2 sonuçlarına göre U1 noktasında MDF kapaklarda okunan en büyük değer 80N yükte 1,6mm her iki tork değerinde de 1,66mm ile aynı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 50N yükte 1,1mm ve her iki torkta da 1,24 mm olduğu belirlenmiştir. U2 noktasında MDF kapaklarda okunan en büyük değer 80N yükte 1,56 mm olup 0,63 iki tork değerinde ise 1,56mm daha fazla sehim verdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 50N ve 60N yükte 1,14mm ve 1,3 torkta 0,98mm sehim olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.5' de histogram veri dağılımının verildiği Test 2 sonuçlarına göre; Tablo 4.14'de Test 2 deney sonuçlarının (U1-U2)

tork, ağırlık ve tork*ağırlık göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.14: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	7	1,086	0,155	29,70	0,000
		Birinci Derece	4	1,083	0,270	51,84	0,000
		Tork	1	0,193	0,193	37,03	0,000
		Ağırlık	3	0,890	0,296	56,78	0,000
		İkili Etkileşimler	3	0,023	0,007	1,49	0,228
		Tork*Ağırlık	3	0,023	0,007	1,49	0,228
		Hata	56	0,292	0,005		
		Toplam	63	1,378			
	U2	Model	7	1,252	0,178	27,22	0,000
		Birinci Derece	4	1,239	0,309	47,15	0,000
		Tork	1	0,348	0,348	52,98	0,000
		Ağırlık	3	0,891	0,297	45,21	0,000
		İkili Etkileşimler	3	0,012	0,004	0,65	0,586
		Tork*Ağırlık	3	0,012	0,004	0,65	0,586
		Hata	56	0,367	0,006		
		Toplam	63	1,620			



Şekil 4.5: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2: (a). U1 ve (b). U2 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için ağırlık ve tork değişkenleri için istatistik olarak anlamlı bir farklılığa neden olduğu tespit edilmiştir. U1 ve U2 için ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı istatistiksel olarak anlamsız belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.15-16).

Tablo 4.15: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

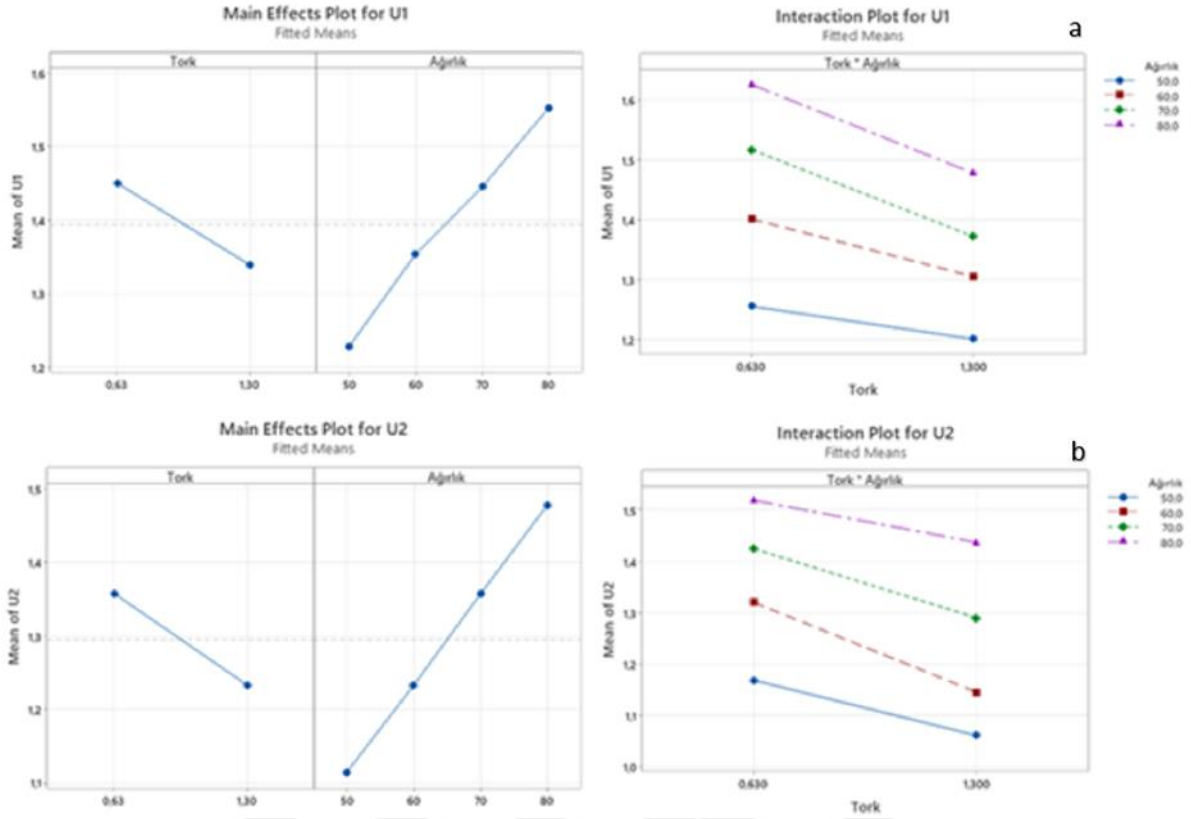
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	80	16	1,5425 ^a
	70	16	1,4356 ^b
	60	16	1,3475 ^c
	50	16	1,2250 ^d
U2	80	16	1,4808 ^a
	70	16	1,3244 ^a
	60	16	1,2219 ^c
	50	16	1,1081 ^d

Tablo 4.16: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	32	1,4491 ^a	U2	0,63	32	1,3438 ^a
	1,30	32	1,3313 ^b		1,30	32	1,1963 ^b

MDF türünde uygulanan ikinci testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 noktasında ağırlık değişkenine bağlı olarak 4 grup oluştururken, U2 noktasında 3 grup oluşturmuştur. Buna göre U1 noktasında ağırlık anlamlı bir fark oluşturuyorken, U2 noktasında 80N ve 70N kuvvette anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca U1 ve U2 değerlerinin torka bağlı olarak 2 grup oluşmuş ve farklılaştığı da belirlenmiştir.

Test 2 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1 ve U2 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.6'da U1 ve U2 tork, ağırlık ve tork*ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.6: MDF malzemede U1 ve U2 sehim noktasında ağırlık, tork ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; MDF malzemeden yapılan kapak test sonuçlarında ağırlık ve torkta bir etkileşim bulunmadığı belirlenmiştir.

YL malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 4 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.17’de Test 2 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

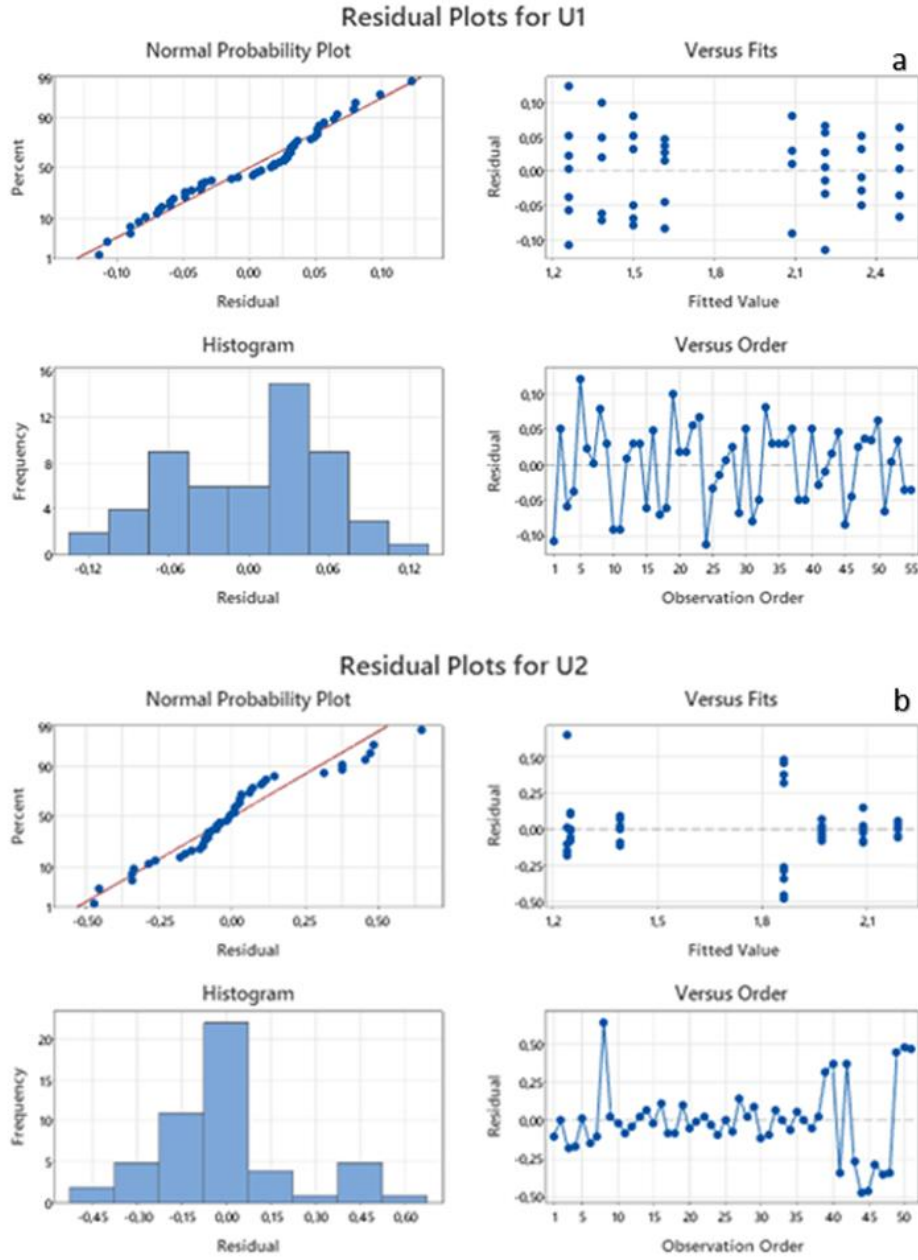
Tablo 4.17: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı istatistikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken	Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
YL	U1	Ağırlık (N)	50	1,674	0,437	2,170	1,150	0,191
			60	1,796	0,436	2,280	1,310	0,190
			70	1,924	0,444	2,400	1,420	0,197
			80	2,083	0,455	2,550	1,530	0,207
		Tork (N/m)	0,63	2,284	0,159	2,550	2,000	0,025
			1,30	1,430	0,146	1,660	1,150	0,021
	U2	Ağırlık (N)	50	1,552	0,417	2,040	1,060	0,174
			60	1,666	0,426	2,240	1,170	0,182
			70	1,792	0,412	2,250	1,280	0,170
			80	1,914	0,418	2,350	1,390	0,175
		Tork (N/m)	0,63	2,044	0,296	2,350	1,200	0,087
			1,30	1,417	0,294	2,240	1,060	0,086

Test 2 sonuçlarına göre U1 noktasında YL kapaklarda okunan en büyük değerin 80N yükte 2,5mm ve en büyük tork değerinin 0,63 torkta 2,5mm ve 1,3 torkta 1,66mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 50N yükte 1,15mm ve en küçük tork değerinin 1,3 torkta 1,15mm olduğu belirlenmiştir. U2 noktasında YL kapaklarda okunan en büyük değerin 80N yükte 2,35 mm olup 0,63 tork değerinde ise 2,35mm daha fazla sehim verdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 50N yükte 1,06mm ve 1,3 torkta 1,06mm sehim olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.7’de de histogram veri dağılımının verildiği Test 2 sonuçlarına göre; Tablo 4.18’de Test 2 deney sonuçlarının (U1-U2) tork, ağırlık ve tork*ağırlık göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.18: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2: U1 ve U2 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	7	12,528	1,789	520,24	0,000
		Birinci Derece	4	12,524	3,131	910,17	0,000
		Tork	1	11,272	11,272	3276,81	0,000
		Ağırlık	3	1,2517	0,4172	121,28	0,000
		İkili Etkileşimler	3	0,003	0,0012	0,34	0,796
		Tork*Ağırlık	3	0,003	0,0012	0,34	0,796
		Hata	56	0,192	0,0034		
		Toplam	63	12,720			
	U2	Model	7	7,455	1,06502	14,11	0,000
		Birinci Derece	4	7,454	1,86359	24,69	0,000
		Tork	1	6,281	6,28129	83,21	0,000
		Ağırlık	3	1,173	0,39102	5,18	0,003
		İkili Etkileşimler	3	0,000	0,00027	0,00	1,000
		Tork*Ağırlık	3	0,000	0,00027	0,00	1,000
		Hata	56	4,227	0,07549		
		Toplam	63	11,6824			



Şekil 4.7: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2; (a). U1 ve (b). U2 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için ağırlık ve tork değişkenleri için istatistik olarak anlamlı bir farklılığa neden olduğu tespit edilmiştir. U1 ve U2 için ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı istatistiksel olarak anlamsız belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 19-20).

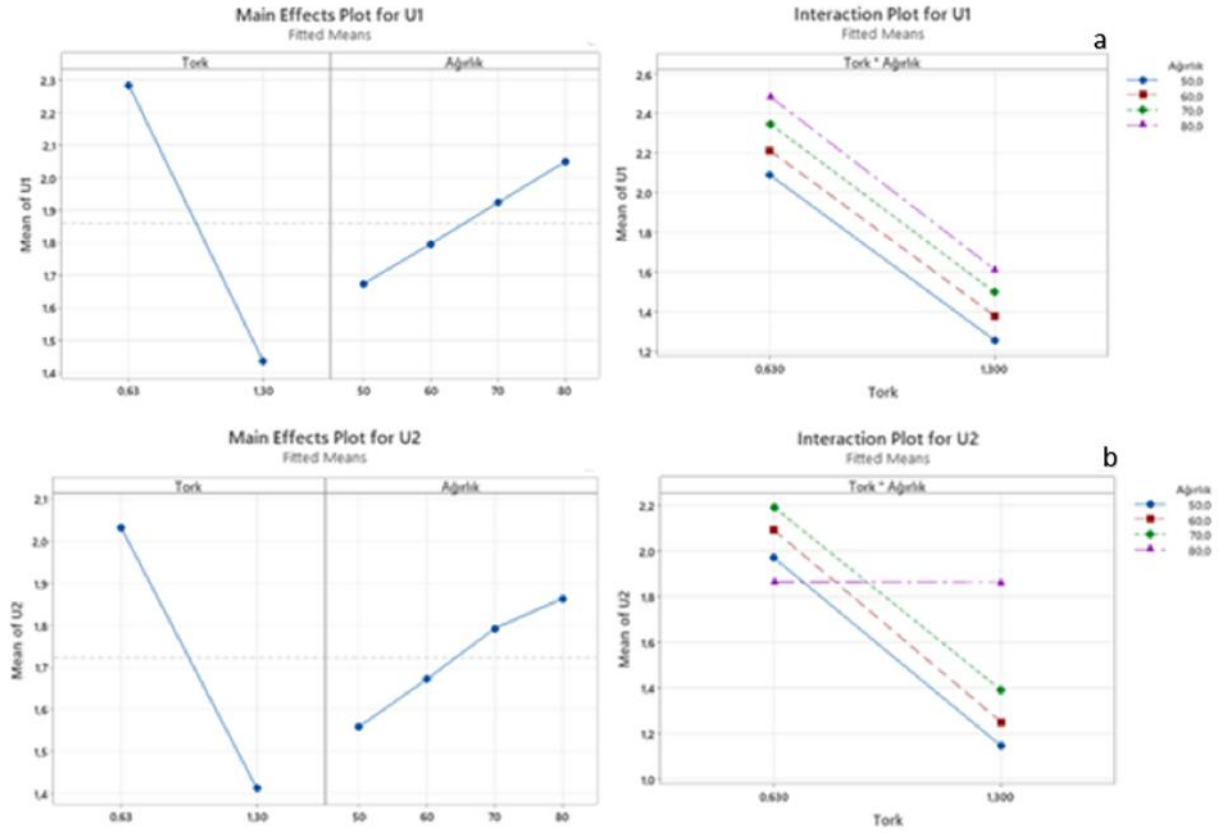
Tablo 4.19: MDF ve YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	80	16	2,049 ^a	U2	80	16	1,914 ^a
	70	16	1,921 ^a		70	16	1,792 ^a
	60	16	1,788 ^a		60	16	1,666 ^a
	50	16	1,677 ^a		50	16	1,552 ^a

Tablo 4.20: MDF ve YL türündeki kapaklara uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim
U1	0,63	32	2,2843 ^a	1,4307 ^b
	1,30	32		
U2	0,63	32	2,0444 ^a	1,4178 ^b
	1,30	32		

YL türünde uygulanan ikinci testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre her iki sehim noktasında da ağırlıkta tek grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1 ve U2 değerlerinin ağırlığa bağlı olarak farklılaşmadığı tespit edilmiştir. Ancak U1 ve U2 değerlerinin torka bağlı olarak 2 grup oluşturduğu ve farklılaştığı da belirlenmiştir. Buna bağlı olarak Şekil 4.8’de U1 ve U2 tork, ağırlık ve tork*ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.8: YL malzemedeki U1 ve U2 sehim noktasında ağırlık, tork ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak, YL malzemeden yapılan kapak test sonuçlarında ağırlık ve torkta bir etkileşim yokken, U2 noktasında tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.21: Test 2 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	64	1,8559 ^a	U2	YL	64	1,7311 ^a
	MDF	64	1,3877 ^b		MDF	64	1,2700 ^b

Test 2 deneyinden edinilen sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 noktasında ve U2 noktasında hem MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşmuştur (Tablo 4.21). Sonuç olarak U1 ve U2 değerleri malzeme türüne göre anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir.

- Test 3: “Sert Açma-Kapama” testine ait bulgular

MDF malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.22’de Test 3 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

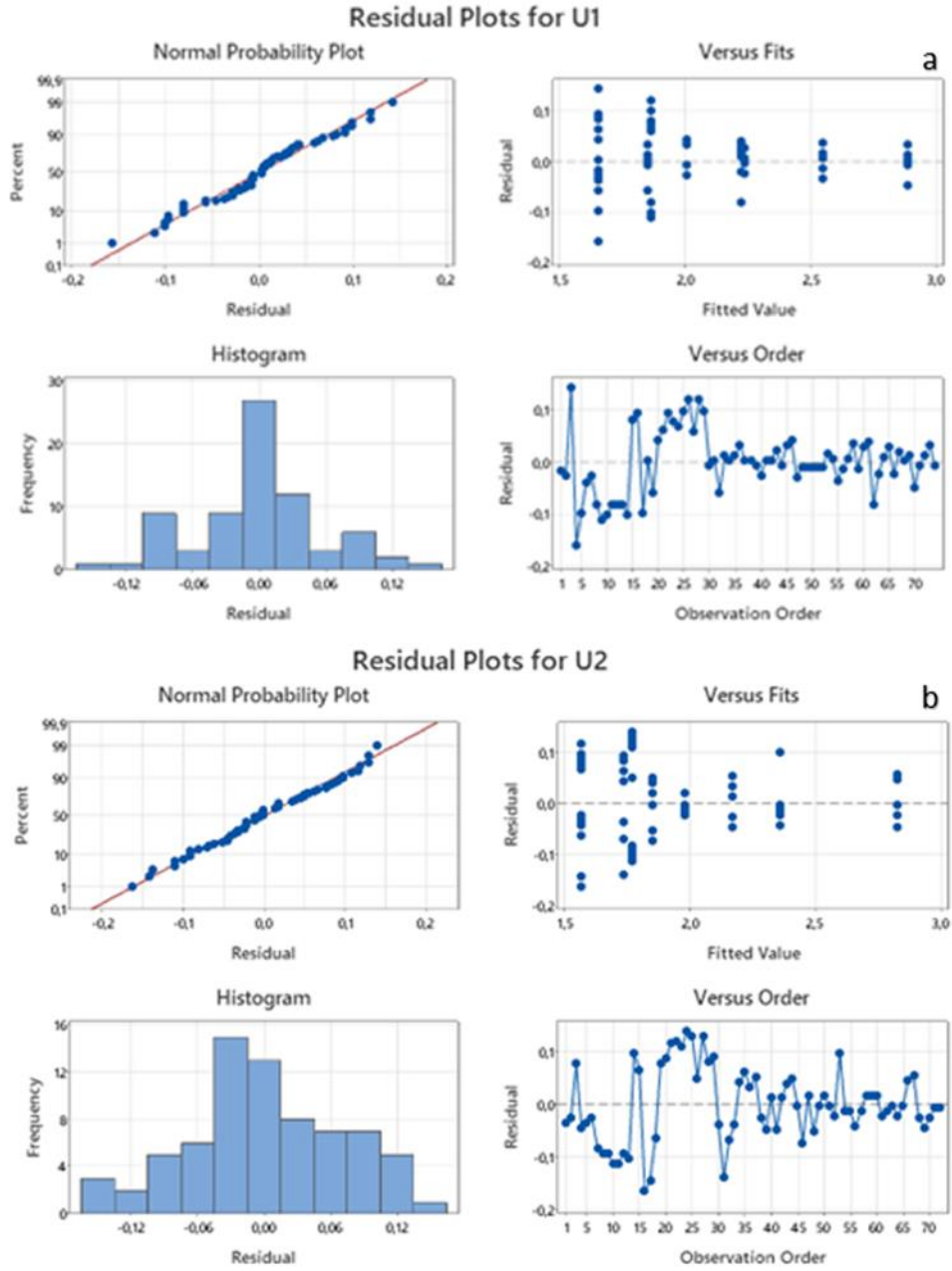
Tablo 4.22: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2’ ye ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken			Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
MDF	U1	Ağırlık (kg)	2,0	16	1,671	0,108	1,780	1,500	0,0118	
			2,1	16	1,810	0,154	1,980	1,560	0,0240	
			3,0	16	2,039	0,203	2,260	1,790	0,0413	
			4,0	16	2,278	0,275	2,580	1,980	0,0757	
			6,0	16	2,554	0,348	2,920	2,140	0,1211	
		Tork (N/m)	0,63	40	2,278	0,408	2,920	1,750	0,1667	
			1,30	40	1,863	0,240	2,260	1,500	0,0576	
			U2	Ağırlık (kg)	2,0	16	1,566	0,126	1,690	1,300
	2,1	16			1,710	0,179	1,910	1,400	0,0321	
	3,0	16			1,953	0,233	2,220	1,600	0,0543	
	4,0	16			2,106	0,265	2,460	1,780	0,0704	
	6,0	16			2,401	0,434	2,880	1,960	0,188	
	Tork (N/m)	0,63		40	2,173	0,412	2,880	1,960	0,1700	
		1,30		40	1,721	0,202	2,000	1,300	0,0410	

Test 3 sonuçlarına göre U1 noktasında MDF kapaklarda okunan en büyük değer 6kg yükte 2,92mm en büyük tork değerinin 0,63 torkta 2,92mm ve 1,3 torkta 2,26mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 1,5mm ve en küçük tork değerinin 1,3 torkta 1,5mm ve 0,63 torkta 1,75mm olduğu belirlenmiştir. U2 noktasında YL kapaklarda okunan en büyük değer 6kg yükte 2,88 mm olup 0,63 tork değerinde ise 2,88mm daha fazla sehim verdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg ağırlıkta 1,96mm ve 1,3 torkta 1,3mm sehim olduğu belirlenmiştir. Buna göre Şekil 4.9’da histogram veri dağılımının verildiği Test 3 sonuçlarına göre; Tablo 4.23’de Test 3 deney sonuçlarının (U1-U2) tork, ağırlık ve tork*ağırlık göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.23: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	7	11,9337	1,70481	475,61	0,000
		Birinci Derece	4	11,7726	2,94315	821,08	0,000
		Tork	3	7,9270	2,64232	737,16	0,000
		Ağırlık	1	3,8456	3,84564	1072,86	0,000
		İkili Etkileşimler	3	0,5622	0,18741	52,28	0,000
		Tork*Ağırlık	3	0,5622	0,18741	52,28	0,000
		Hata	72	0,2581	0,00358		
		Toplam	79	12,1918			
	U2	Model	7	11,8100	1,68714	236,36	0,000
		Birinci Derece	4	11,4176	2,85440	399,89	0,000
		Tork	1	4,6720	4,67198	654,53	0,000
		Ağırlık	3	6,7456	2,24854	315,01	0,000
		İkili Etkileşimler	3	0,9692	0,32307	45,26	0,000
		Tork*Ağırlık	3	0,9692	0,32307	45,26	0,000
		Hata	72	0,5139	0,00714		
		Toplam	79	12,3239			



Şekil 4.9: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3: (a). U1 ve (b). U2 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için ağırlık ve tork değişkenleri için istatistik olarak anlamlı bir farklılığa neden olduğu tespit edilmiştir. U1 ve U2 için ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı istatistiksel olarak anlamlı belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.24-25).

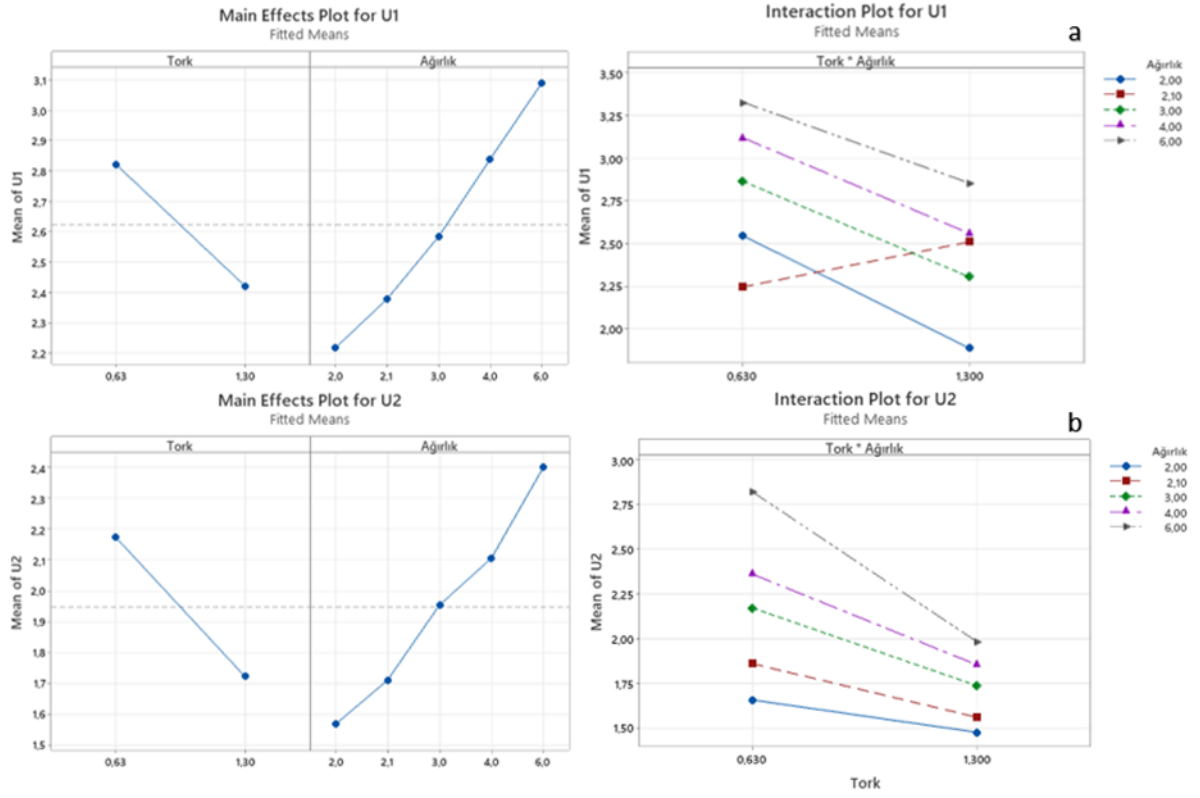
Tablo 4.24: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama		
U1	6	16	2,5544 ^a		
	4	16		2,2781 ^b	
	3,0	16			2,0394 ^c
	2,1	16			1,8106 ^c
	2	16			1,8106 ^d
					1,6713 ^d
U2	6	16	2,401 ^a		
	4	16		2,1063 ^b	
	3,0	16		1,9537 ^b	1,9537 ^c
	2,1	16			1,7100 ^c
	2	16			1,7100 ^d
					1,5669 ^d

Tablo 4.25: MDF türündeki kapaklara uygulanan Test 3 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim
U1	0,63	40	2,2783 ^a	
	1,30	40		1,8633 ^b
U2	0,63	40	2,1737 ^a	
	1,30	40		1,7212 ^b

MDF türünde uygulanan ikinci testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi testi sonuçlarına göre U1 noktasında ağırlık değişkenine bağlı olarak 43 grup oluşturmuş 2 ve 3kg ağırlıkların uygulamasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. U2 noktasında ise ağırlık değişkenine bağlı olarak 3 grup oluşmuş, 4 ve 3kg, 3 ve 2,1kg, 2,1ve 2 kg ağırlıkların uygulamasında anlamlı bir olmadığı tespit edilmiştir. Diğer yandan U1 ve U2 değerlerinin torka bağlı olarak U1 ve U2 de 2 grup oluşmuş ve farklılaştığı da belirlenmiştir. Buna göre Şekil 4.10'da U1 ve U2 tork, ağırlık ve tork*ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.10: MDF malzeme U1 ve U2 sehim noktasında ağırlık, tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; MDF malzemeden yapılan kapak test sonuçlarında ağırlık ve torkta bir etkileşim bulunmadığı belirlenmiştir.

YL malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 4 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.26'da Test 3 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

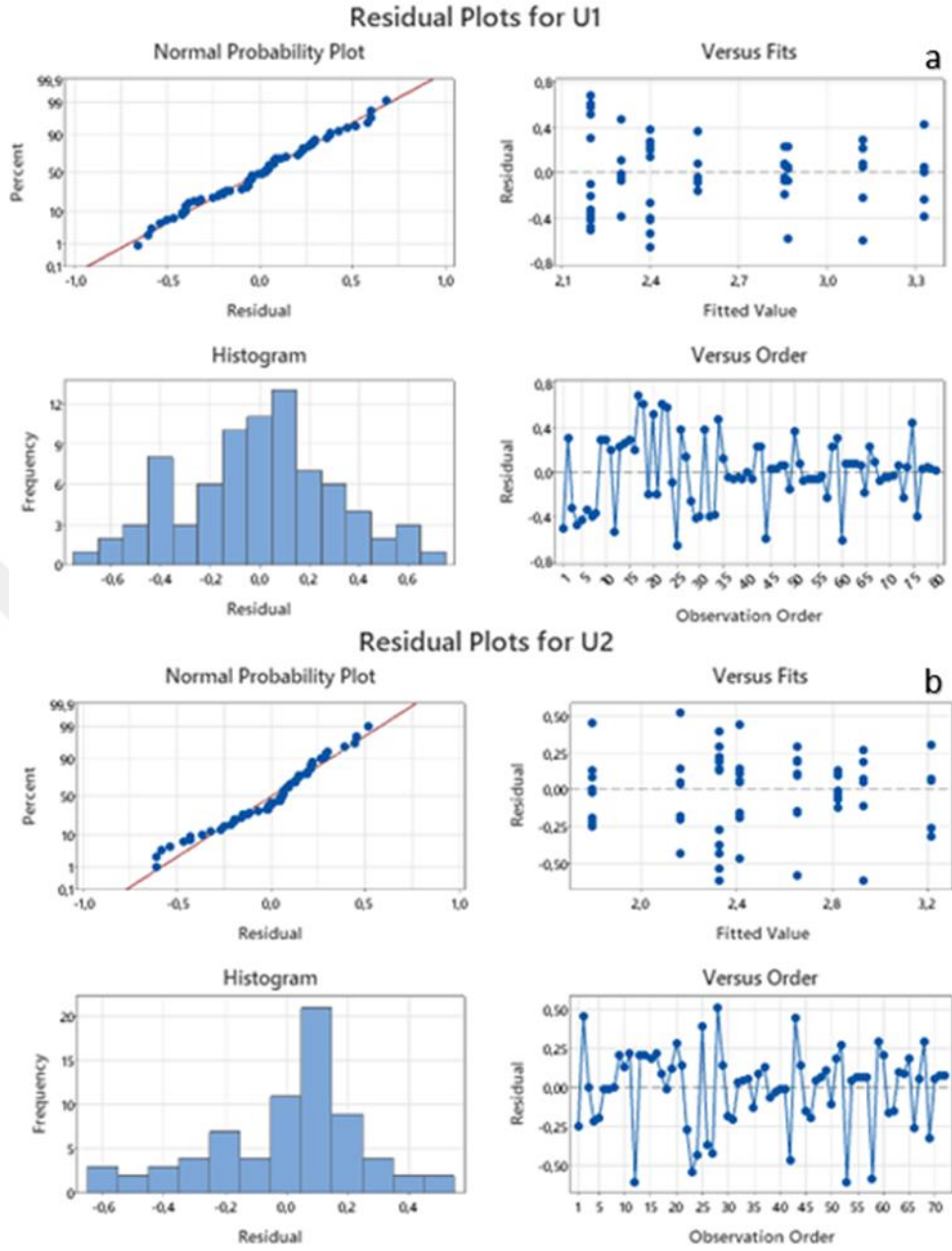
Tablo 4.26: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2' Ye ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
YL	U1	Ağırlık (kg)	2,0	16	2,217	0,429	2,680	1,700	0,184
			2,1	16	2,378	0,409	2,880	1,740	0,167
			3,0	16	2,583	0,376	3,100	1,920	0,142
			4,0	16	2,838	0,366	3,420	2,400	0,134
			6,0	16	3,090	0,306	3,760	2,670	0,093
		Tork (N/m)	0,63	40	2,821	0,483	3,760	1,740	0,234
			1,30	40	2,421	0,403	3,080	1,700	0,163
			U2	Ağırlık (kg)	2,0	16	2,097	0,422	2,550
	2,1	16			2,252	0,427	2,720	1,546	0,183
	3,0	16			2,445	0,402	2,960	1,736	0,161
	4,0	16			2,671	0,373	3,200	1,946	0,139
	6,0	16			2,882	0,396	3,520	2,070	0,157
	Tork (N/m)	0,63		40	2,665	0,474	3,520	1,546	0,224
		1,30		40	2,273	0,417	2,950	1,541	0,174

Test 3 sonuçlarına göre U1 noktasında YL kapaklarda okunan en büyük değer 6kg yükte 3,7mm ve en büyük tork değerinin 0,63 torkta 3,7mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 1,70mm ve en küçük tork değerinin 1,3 torkta 1,7mm olduğu belirlenmiştir. U2 noktasında YL kapaklarda okunan en büyük değer 6kg yükte 3,52 mm olup 0,63 tork değerinde ise 3,52mm daha fazla sehim verdiği belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 1,54mm ve hem 0,63 hem de 1,3 torkta 1,5mm sehim olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.11' de histogram veri dağılımının verildiği Test 2 sonuçlarına göre; Tablo 4.27'de Test 3 deney sonuçlarının (U1-U2) tork, ağırlık ve tork*ağırlık göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.27: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3: U1 ve U2' ye ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	9	13,326	1,48062	19,36	0,000
		Birinci Derece	5	11,050	2,20999	28,90	0,000
		Tork	1	3,188	3,18801	41,70	0,000
		Ağırlık	4	7,862	1,96549	25,71	0,000
		İkili Etkileşimler	4	2,276	0,56891	7,44	0,000
		Tork*Ağırlık	4	2,276	0,56891	7,44	0,000
		Hata	70	5,352	0,07646		
		Toplam	79	18,678			
	U2	Model	9	11,521	1,2801	12,55	0,000
		Birinci Derece	5	9,451	1,8903	18,53	0,000
		Tork	1	3,078	3,0784	30,18	0,000
		Ağırlık	4	6,373	1,5932	15,62	0,000
		İkili Etkileşimler	4	2,070	0,5174	5,07	0,001
		Tork*Ağırlık	4	2,070	0,5174	5,07	0,001
		Hata	70	7,139	0,1020		
		Toplam	79	18,660			



Şekil 4.11: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3: (a). U1 ve (b). U2' ye ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.28-29).

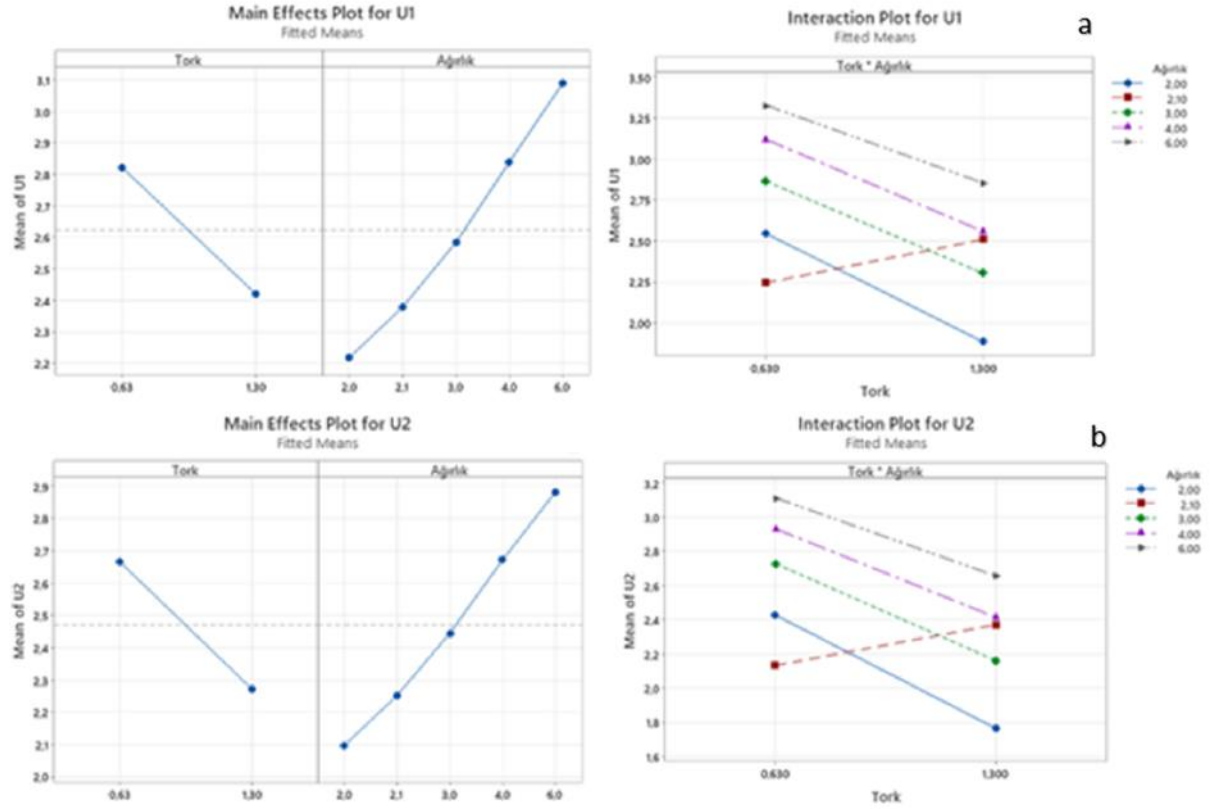
Tablo 4.28: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.

Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama		
U1	6	16	3,0900 ^a		
	4	16	2,8388 ^a		
	3,0	16		2,8388 ^b	2,5838 ^c
	2,1	16		2,5838 ^b	2,378 ^c
	2	16			2,217 ^c
U2	6	16	2,8825 ^a		
	4	16	2,6716 ^a	2,6716 ^b	
	3,0	16		2,445 ^b	2,445 ^c
	2,1	16			2,252 ^c
	2	16			2,097 ^c

Tablo 4.29: YL türündeki kapaklara uygulanan Test 3 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim	Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim
U1	0,63	40	2,8210 ^a		U2	0,63	40	2,6656 ^a	
	1,30	40		2,4217 ^b		1,30	40		2,2733 ^b

YL türünde uygulanan ikinci testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi testi sonuçlarına göre U1 noktasında ağırlıkta 3 grup oluşurken U2 de 4 grup oluşmuştur. Sonuç olarak U1 değerlerinin ağırlığa bağlı olarak 6 ve 4kg, 3 ve 2,1kg, 3, 2,1 ve 2 kg ağırlıkların anlamlı bir farka oluşturmadığı tespit edilmiştir. Ancak U1 ve U2 değerlerinin torka bağlı olarak 2 grup oluşturduğu ve farklılaştığı da belirlenmiştir. Buna göre Şekil 4.12' de U1 ve U2 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.12: YL malzemede U1 ve U2 sehım noktasında ağırlık, tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; YL malzemeden yapılan kapak test sonuçlarında ağırlık ve torkta bir etkileşim yokken, U1 ve U2 noktasında tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.30: Test 3 malzeme türüne göre sehım değişimini gösteren T testi testi sonuçları.

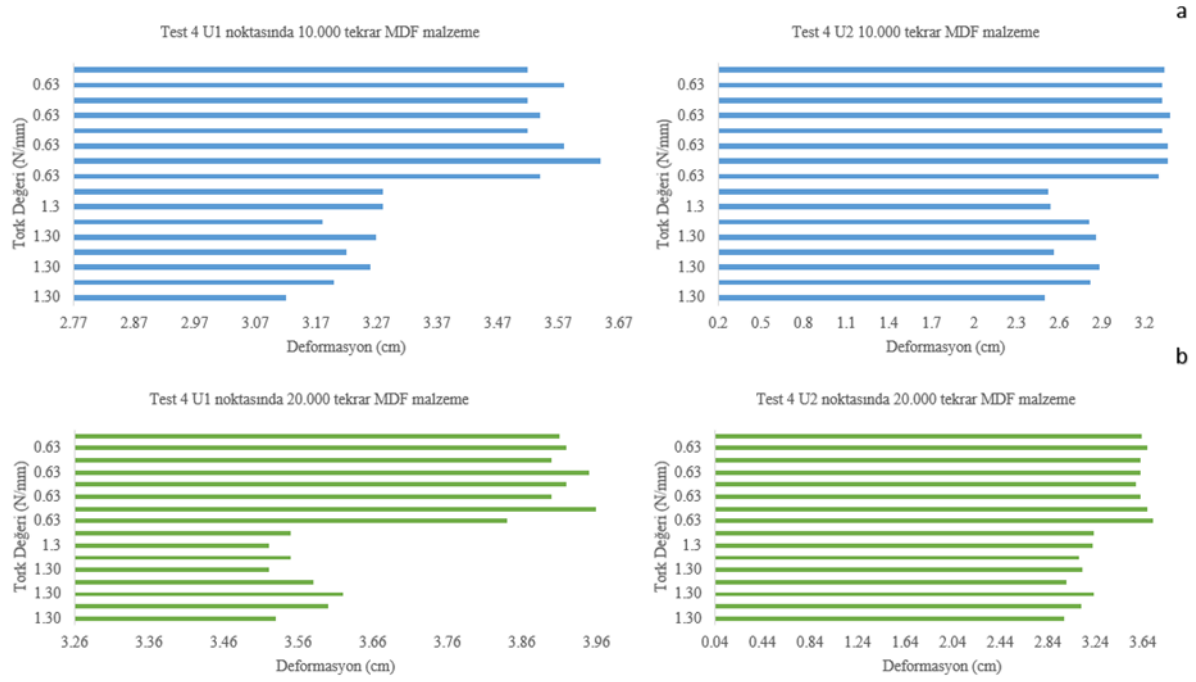
Sehım	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama	Sehım	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	80	2,6214 ^a	U2	YL	80	2,4695 ^a
	MDF	80	2,0756 ^b		MDF	80	1,9549 ^b

Test 3 deneyinden edinilen sehım değerleri T testi testi sonuçlarına göre U1 noktasında ve U2 noktasında hem MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşmuştur. Sonuç olarak U1 ve U2 değerleri malzeme türüne göre farklılaştığı belirlenmiştir.

- Test 4: “Dayanıklılık” testine ait bulgular

Standarta uygun yapılan bu deney sonuçlarına göre YL ve MDF malzemede yapılan 32 kapak örneği testleri geçmeden 5 aşamadan oluşan prosedürün 2. aşamasında kırılmaya uğrayarak

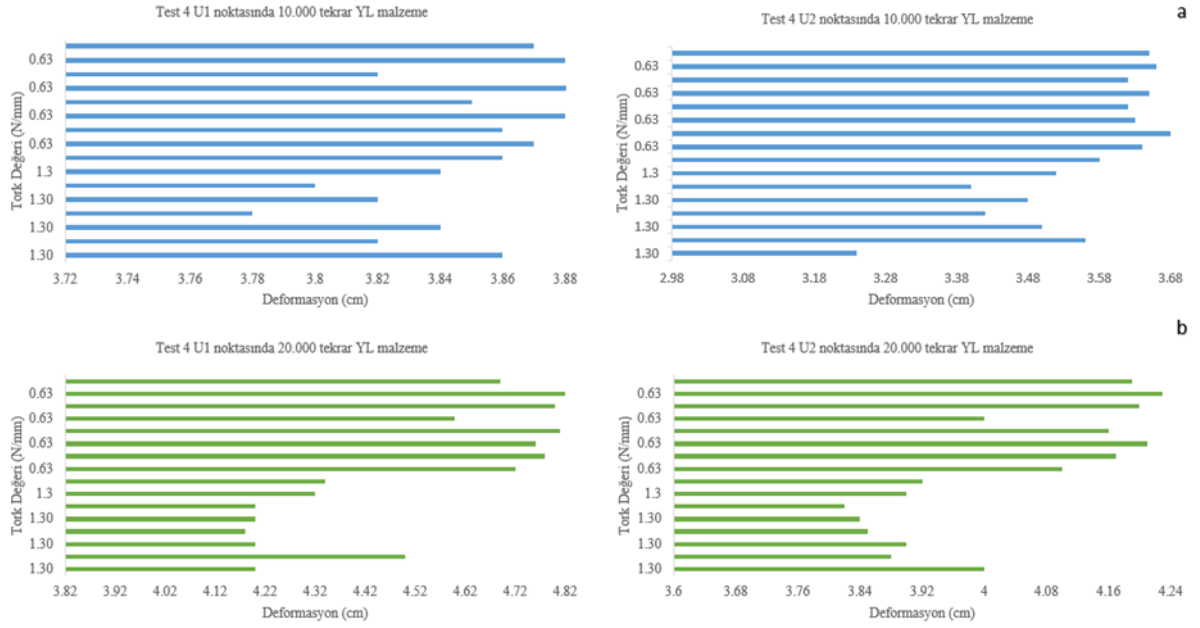
test bitirilmiştir. Deney sonuçlarının 2 aşamasında oluşan deformasyonlar ortalama olarak grafikler ile ortaya konmuştur. Deformasyonların yüksek olması sebebiyle burada komparatör cihazından ziyade cetvel kullanılarak santimetre (cm) cinsinden sonuçlar gösterilmiştir. Şekil 4.13’de MDF türünden kapakların 10.000 ve 20.000 tekrardaki sehim sonuçları, Şekil 4.14’ de ise YL türünden kapakların sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.13: MDF kapakların Test 4 sonuçları.

Sonuçlara göre; MDF malzemeden yapılan kapaklarda Test 4 prosedürünün ilk aşamasında en büyük deformasyon 0,63 tork değerinde U1 sehim noktasında 3,64cm, 1,30 tork değerinde ise 3,28cm olarak ortaya konmuştur. U2 sehim noktasında ise 0,63 tork değerinde 3,38cm iken 1,3 tork değerinde 2,88cm olarak belirlenmiştir. U1 noktasındaki en küçük değer 0,63 torkta 3,52cm, 1,30 torkta 3,12 cm iken U2 noktasında en küçük değer 0,63 torkta 3,30cm, 1,30 torkta 2,5 cm olarak ortaya konmuştur.

MDF malzemeden yapılan kapaklarda Test 4 prosedürünün ikinci aşamasında en büyük deformasyon 0,63 tork değerinde U1 sehim noktasında 3,96cm, 1,30 tork değerinde ise 3,62cm olarak ortaya konmuştur. U2 sehim noktasında ise 0,63 tork değerinde 3,72cm iken 1,3 tork değerinde 3,23cm olarak belirlenmiştir. U1 noktasındaki en küçük değer 0,63 torkta 3,84cm, 1,30 torkta 3,52 cm iken U2 noktasında en küçük değer 0,63 torkta 3,72cm, 1,30 torkta 2,98 cm olarak ortaya konmuştur.



Şekil 4.14: YL kapakların Test 4 sonuçları.

YL malzemeden yapılan kapaklarda Test 4 prosedürünün ilk aşamasında en büyük deformasyon 0,63 tork değerinde U1 sehim noktasında 3,89cm, 1,30 tork değerinde ise 3,86cm olarak ortaya konmuştur. U2 sehim noktasında ise 0,63 tork değerinde 3,62cm iken 1,3 tork değerinde 3,24cm olarak belirlenmiştir. U1 noktasındaki en küçük değer 0,63 torkta 3,82cm, 1,30 torkta 3,72 cm iken U2 noktasında en küçük değer 0,63 torkta 3,62cm, 1,30 torkta 3,24 cm olarak ortaya konmuştur.

YL malzemeden yapılan kapaklarda Test 4 prosedürünün ikinci aşamasında en büyük deformasyon 0,63 tork değerinde U1 sehim noktasında 4,82cm, 1,30 tork değerinde ise 4,5cm olarak ortaya konmuştur. U2 sehim noktasında ise 0,63 tork değerinde 4,23cm iken 1,3 tork değerinde 3,92cm olarak belirlenmiştir. U1 noktasındaki en küçük değer 0,63 torkta 4,60cm, 1,30 torkta 4,18 cm iken U2 noktasında en küçük değer 0,63 torkta 4cm, 1,30 torkta 3,82cm olarak ortaya konmuştur.

- Kapak test sonuçlarına ait genel bulgular

Çalışma kapsamında MDF ve YL malzemeden yapılan kapaklı mutfak mobilyası numunelerine standartlara uygun 4 test uygulanmıştır. Testler ardı ardına yapılmış, komparatör cihazı ile yapılan hassas ölçümler kaydedilmiştir. FEM verileri ile karşılaştırma yapmak için de ayrıca her test için ayrı ayrı ölçüm de alınarak farklar oluşturulmuştur. Deney sonuçlarına göre kapaklı

numunelerin hiçbirisi testleri geçememiştir. Şekil 4.16 ve 4.16' da kapaklı mutfak dolabı numunelerinin MDF ve YL cinsinden test bitimindeki görselleri bulunmaktadır.



Şekil 4.15: Kapakların test bitimindeki son durumu; (a). MDF- 1,3N/m (b). MDF 0,63 N/m.



Şekil 4.16: Kapakların test bitimindeki son durumu; (a). YL- 1,3N/m (b). YL 0,63 N/m.

4.2.2. Çekmeceli Modüllere Ait Bulgular

Çalışma kapsamında mutfak mobilyalarında kullanılan çekmece modüllerine ait deney sonuçları her test yöntemi için ayrı ayrı aşamalarda değerlendirilmiştir. Son aşamada ise gerçek deney sonuçları istatistiksel olarak tanımlanmıştır. Test sonuçlarına göre değerlendirmelerde ortaya çıkan diğer sonuçlar ise bu bölüme ait son alanda görseller ile desteklenmiştir.

- Test 1: “Uzatma elemanları mukavemet testi” bulguları

MDF malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.31’de Test 1 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.31: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1 ve U2 e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı (%)
MDF	U1	Ağırlık (kg)	100N/2,5KG	16	0,16625	0,02895	0,20000	0,11000	0,00084
			150N/2,5KG	16	0,22312	0,03114	0,27000	0,18000	0,00097
			250N/3,5KG	16	0,27750	0,02720	0,32000	0,23000	0,00074
			300N/6,5KG	16	0,36000	0,03933	0,43000	0,30000	0,00155
			450N/8KG	16	0,4862	0,0426	0,5500	0,4200	0,0018
		Tork (N/m)	0,63	40	0,3317	0,1191	0,5500	0,1800	0,0142
			1,30	40	0,2735	0,1096	0,4800	0,1100	0,0120
	U2	Ağırlık (kg)	100N/2,5KG	16	0,18188	0,03410	0,23000	0,13000	0,00116
			150N/2,5KG	16	0,25312	0,02414	0,29000	0,21000	0,00058
			250N/3,5KG	16	0,31938	0,02351	0,36000	0,28000	0,00055
			300N/6,5KG	16	0,3981	0,0478	0,4700	0,3200	0,0023
			450N/8KG	16	0,53125	0,03594	0,59000	0,48000	0,00129
		Tork (N/m)	0,63	40	0,3638	0,1276	0,5900	0,1700	0,0163
			1,30	40	0,3097	0,1199	0,5200	0,1300	0,0144
	U3	Ağırlık (kg)	100N/2,5KG	16	0,14250	0,02436	0,17000	0,10000	0,00059
			150N/2,5KG	16	0,21437	0,03140	0,26000	0,17000	0,00099
			250N/3,5KG	16	0,26812	0,03060	0,32000	0,22000	0,00094
			300N/6,5KG	16	0,3225	0,0460	0,3800	0,2600	0,0021
			450N/8KG	16	0,3444	0,0473	0,4000	0,2800	0,0022
		Tork (N/m)	0,63	40	0,2900	0,0842	0,4000	0,1500	0,0071
			1,30	40	0,2268	0,0675	0,3200	0,1000	0,0046

Test 1 sonuçlarına göre U1 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değer 450N/8kg yükte 0,55mm iken 0,63 tork değerinde 0,55mm, 1,3 torkta 0,48mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 100N/2,5kg yükte 0,11mm iken 0,63 tork değerinde 0,18mm, 1,3 torkta 0,11mm olduğu belirlenmiştir.

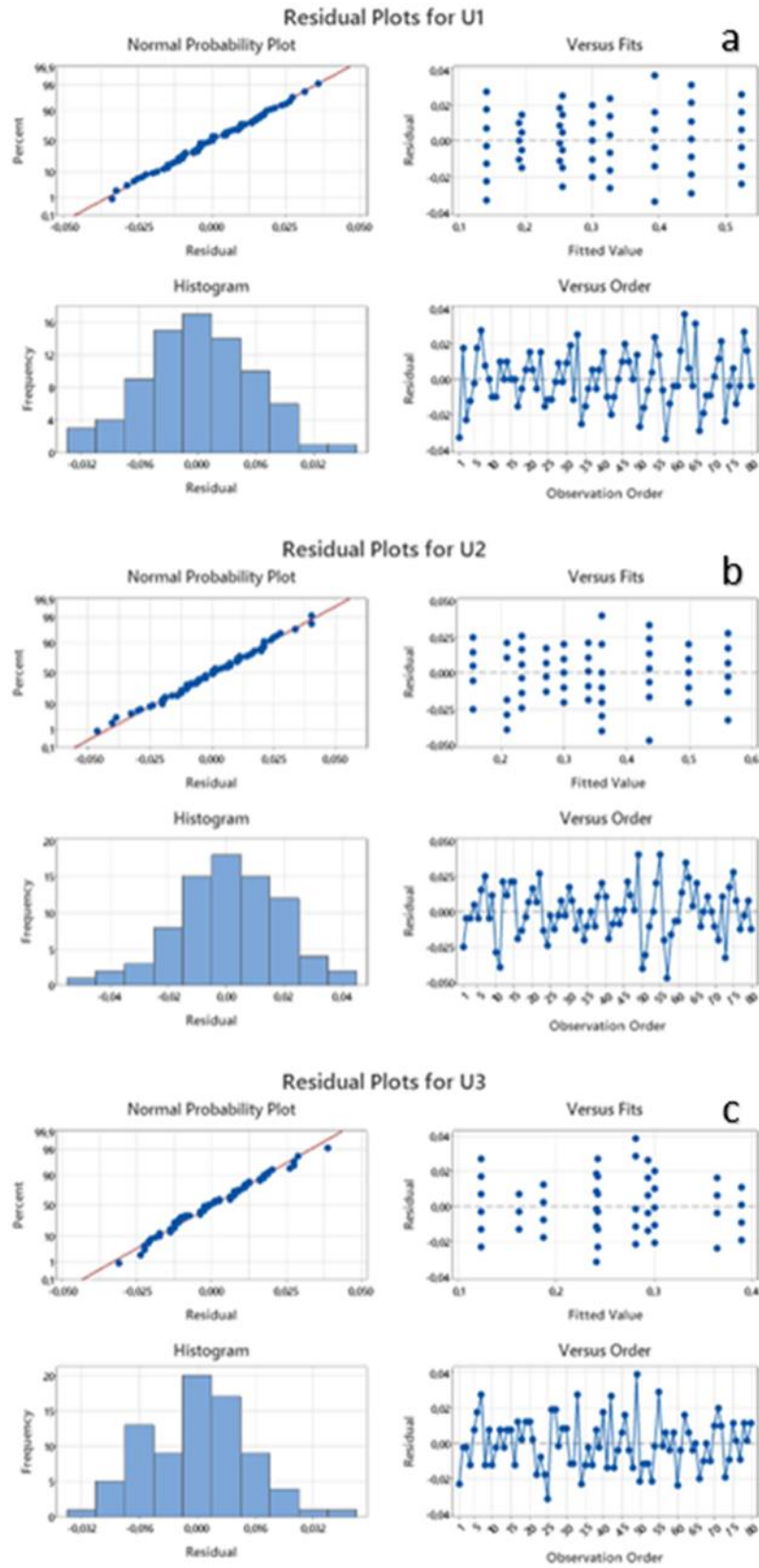
U2 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değerin 450N/8kg yükte 0,59mm iken 0,63 tork değerinde 0,59mm, 1,3 torkta 0,52mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 100N/2,5kg yükte 0,13mm iken 0,63 tork değerinde 0,17mm, 1,3 torkta 0,13mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında MDF çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değerin 450N/8kg yükte 0,40mm iken 0,63 tork değerinde 0,40mm, 1,3 torkta 0,32mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 100N/2,5kg yükte 0,10mm iken 0,63 tork değerinde 0,15mm, 1,3 torkta 0,10mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.17’ de histogram veri dağılımının verildiği Test 1 sonuçlarına göre; Tablo 4.32’de Test 1 deney sonuçlarının (U1-U2) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.32: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	9	1,07146	0,119051	460,74	0,000
		Birinci Derece	5	1,06882	0,213763	827,28	0,000
		Tork	1	0,06786	0,067861	262,63	0,000
		Ağırlık	4	1,00096	0,250239	968,44	0,000
		İkili	4	0,00265	0,000661	2,56	0,046
		Etkileşimler					
		Tork*Ağırlık	4	0,00265	0,000661	2,56	0,046
		Hata	70	0,01809	0,000258		
		Toplam	79	1,08955			
	U2	Model	9	1,22850	0,136501	372,52	0,000
		Birinci Derece	5	1,22438	0,244875	668,27	0,000
		Tork	1	0,05832	0,058320	159,16	0,000
		Ağırlık	4	1,16606	0,291514	795,55	0,000
		İkili	4	0,00413	0,001033	2,82	0,031
		Etkileşimler					
		Tork*Ağırlık	4	0,00413	0,001033	2,82	0,031
		Hata	70	0,02565	0,000366		
		Toplam	79	1,25415			
	U3	Model	9	0,518651	0,057628	254,71	0,000
		Birinci Derece	5	0,511469	0,102294	452,13	0,000
		Tork	1	0,080011	0,080011	353,64	0,000
		Ağırlık	4	0,431458	0,107864	476,75	0,000
		İkili	4	0,007183	0,001796	7,94	0,000
		Etkileşimler					
		Tork*Ağırlık	4	0,007183	0,001796	7,94	0,000
		Hata	70	0,015838	0,000226		
		Toplam	79	0,534489			



Şekil 4.17: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 için ağırlık ve tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa, ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. U2 ve U3 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.33-34).

Tablo 4.33: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	100N/2,5KG	16	0,4862 ^a
	150N/2,5KG	16	0,36000 ^b
	250N/3,5KG	16	0,27750 ^c
	300N/6,5KG	16	0,22312 ^d
	450N/8KG	16	0,16625 ^e
U2	100N/2,5KG	16	0,53125 ^a
	150N/2,5KG	16	0,3981 ^b
	250N/3,5KG	16	0,31938 ^c
	300N/6,5KG	16	0,25312 ^d
	450N/8KG	16	0,18188 ^e
U3	100N/2,5KG	16	0,3444 ^a
	150N/2,5KG	16	0,3225 ^a
	250N/3,5KG	16	0,26812 ^b
	300N/6,5KG	16	0,21437
	450N/8KG	16	0,14250 ^d

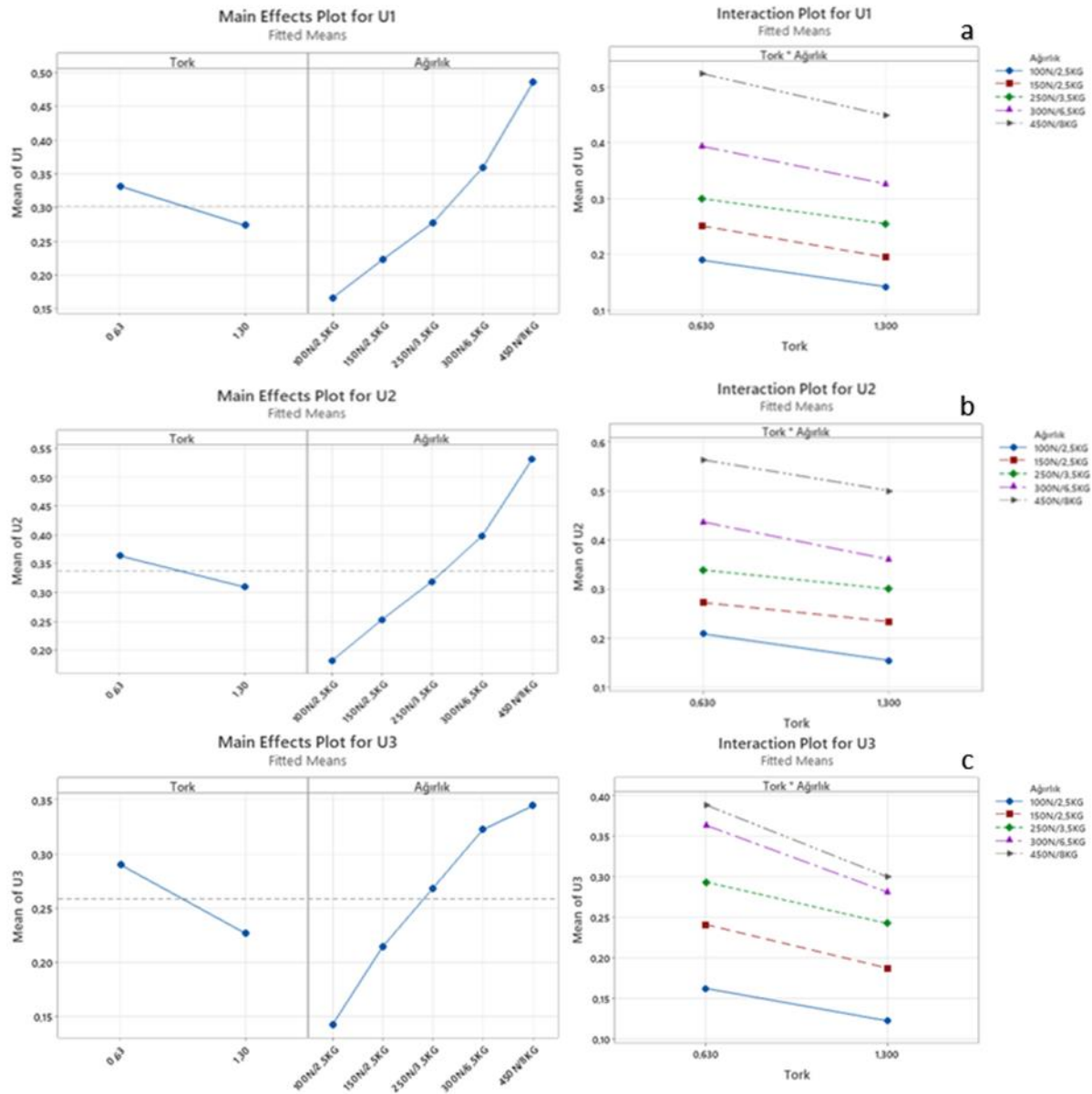
Tablo 4.34: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim
U1	0,63 1,30	40	0,3317 ^a	0,2735 ^b
U2	0,63 1,30	40	2,6656 ^a	2,2733 ^b
U3	0,63 1,30	40	0,2900 ^a	0,2268 ^b

MDF türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 ve U2 noktasında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1 ve U2 değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1 ve U2 değerlerinin torka bağlı olarak da 2 grup oluşturduğu ve anlamlı farklılaştığı da belirlenmiştir. U3 noktasında ise üç farklı grup olduğu 100N/2,5kg ile

150N/2,5kg arasında anlamlı bir fark bulunmadığı, aynı noktanın tork değişkeni için iki farklı grup oluşturarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca Test 1 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.18’de U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.18: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehim noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak: MDF malzemeden yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık

olmamasına rağmen U1 ve U2 noktalarında en küçük ağırlık (100N/2,5kg) sonrasında çıkan sonuçların daha yakın etkileşimde olduğu, U3 noktasında ise 100 ve 150N yüklerin daha yakın etkileşimde olduğu belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

Yonga levha malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.35’de Test 1 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.35: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1, U2 ve U3’ e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
YL	U1	Ağırlık (kg)	100N/2,5KG	16	0,35437	0,01548	0,38000	0,33000	0,00024
			150N/2,5KG	16	0,45687	0,01493	0,48000	0,43000	0,00022
			250N/3,5KG	16	0,67187	0,01328	0,69000	0,65000	0,00018
			300N/6,5KG	16	0,80000	0,01461	0,82000	0,78000	0,00021
			450N/8KG	16	1,1769	0,0182	1,2100	1,1500	0,00033
		Tork (N/m)	0,63	40	0,7030	0,2944	1,2100	0,3500	0,0866
			1,30	40	0,6810	0,2905	1,1700	0,3300	0,0844
	U2	Ağırlık (kg)	100N/2,5KG	16	0,36812	0,01559	0,40000	0,34000	0,00024
			150N/2,5KG	16	0,46250	0,01528	0,48000	0,43000	0,00023
			250N/3,5KG	16	0,69250	0,01438	0,71000	0,67000	0,00021
			300N/6,5KG	16	0,81563	0,01504	0,84000	0,79000	0,00023
			450N/8KG	16	1,1956	0,0219	1,2300	1,1700	0,00048
		Tork (N/m)	0,63	40	0,7182	0,2990	1,2300	0,3600	0,0894
			1,30	40	0,6955	0,2922	1,1900	0,3400	0,0854
	U3	Ağırlık (kg)	100N/2,5KG	16	0,19438	0,01711	0,22000	0,17000	0,00029
			150N/2,5KG	16	0,28375	0,01025	0,30000	0,26000	0,00010
			250N/3,5KG	16	0,39000	0,01265	0,41000	0,37000	0,00016
			300N/6,5KG	16	0,45125	0,01258	0,48000	0,43000	0,00016
			450N/8KG	16	0,60875	0,01500	0,63000	0,59000	0,00022
		Tork (N/m)	0,63	40	0,3930	0,1458	0,6300	0,1900	0,0213
			1,30	40	0,3782	0,1430	0,6100	0,1700	0,0205

Test 1 sonuçlarına göre U1 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 450N/8kg yükte 1,21mm iken 0,63 tork değerinde 1,21mm, 1,3 torkta 1,17mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 100N/2,5kg yükte 0,33mm iken 0,63 tork değerinde 0,35mm, 1,3 torkta 0,33mm olduğu belirlenmiştir.

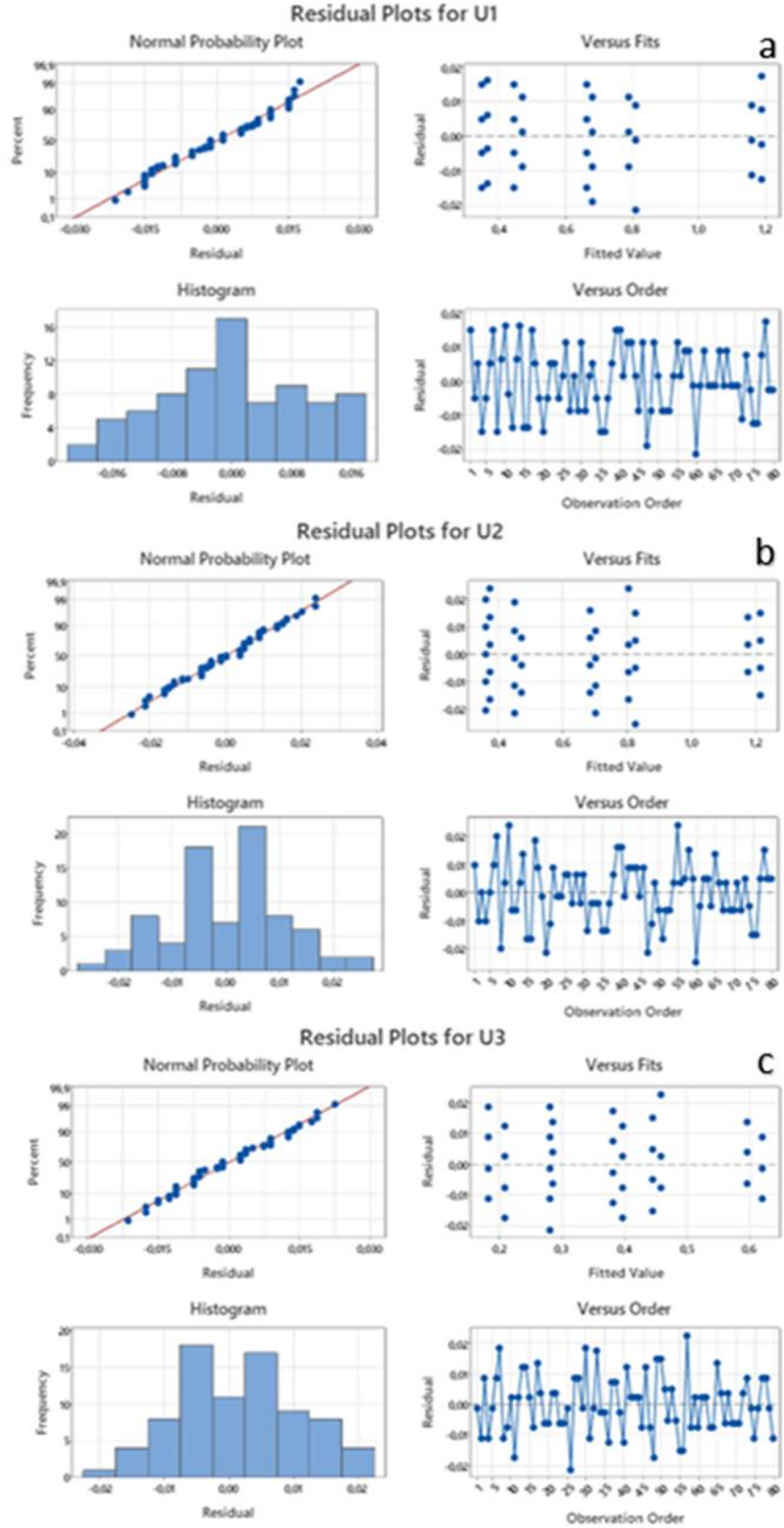
U2 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 450N/8kg yükte 1,23mm iken 0,63 tork değerinde 1,23mm, 1,3 torkta 1,19mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 100N/2,5kg yükte 0,34mm iken 0,63 tork değerinde 0,36mm, 1,3 torkta 0,34mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında YL çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değerin 450N/8kg yükte 0,63mm iken 0,63 tork değerinde 0,63mm, 1,3 torkta 0,61mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 100N/2,5kg yükte 0,17mm iken 0,63 tork değerinde 0,19mm, 1,3 torkta 0,17mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.19’da histogram veri dağılımının verildiği Test 1 sonuçlarına göre; Tablo 4.36’ da Test 1 deney sonuçlarının (U1-U2) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.36: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	9	6,67350	0,74150	7037,97	0,000
		Birinci Derece	5	6,67284	1,33457	12667,08	0,000
		Tork	1	0,00968	0,00968	91,88	0,000
		Ağırlık	4	6,66316	1,66579	15810,88	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00067	0,00017	1,59	0,187
		Tork*Ağırlık	4	0,00067	0,00017	1,59	0,187
		Hata	70	0,00737	0,00011		
		Toplam	79	6,68088			
	U2	Model	9	6,81781	0,75753	5819,19	0,000
		Birinci Derece	5	6,81644	1,36329	10472,44	0,000
		Tork	1	0,01035	0,01035	79,52	0,000
		Ağırlık	4	6,80609	1,70152	13070,68	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00137	0,00034	2,63	0,042
		Tork*Ağırlık	4	0,00137	0,00034	2,63	0,042
		Hata	70	0,00911	0,00013		
		Toplam	79	6,82692			
	U3	Model	9	1,62393	0,180437	1745,16	0,000
		Birinci Derece	5	1,62140	0,324280	3136,39	0,000
		Tork	1	0,00435	0,004351	42,08	0,000
		Ağırlık	4	1,61705	0,404263	3909,97	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00253	0,000633	6,12	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,00253	0,000633	6,12	0,000
		Hata	70	0,00724	0,000103		
		Toplam	79	1,63117			



Şekil 4.19: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1; (a). U1, (b). U2 ve (c). U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için ağırlık ve tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa, ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. U3 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.37-38).

Tablo 4.37: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

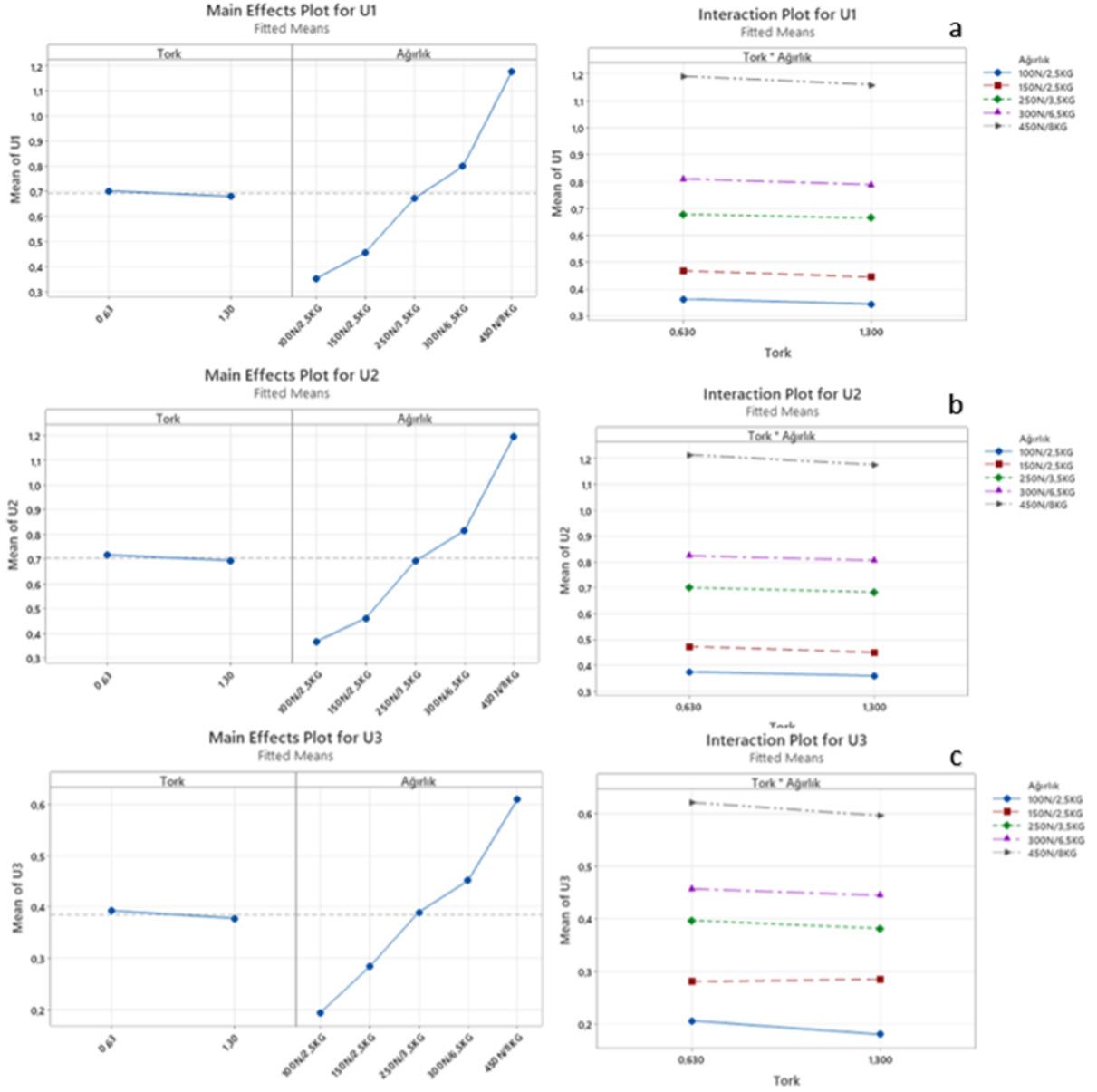
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	100N/2,5KG	16	1,17688 ^a
	150N/2,5KG	16	0,80000 ^b
	250N/3,5KG	16	0,67187 ^c
	300N/6,5KG	16	0,45687 ^d
	450N/8KG	16	0,35437 ^e
U2	100N/2,5KG	16	1,19562 ^a
	150N/2,5KG	16	0,81563 ^b
	250N/3,5KG	16	0,69250 ^c
	300N/6,5KG	16	0,46250 ^d
	450N/8KG	16	0,36812 ^e
U3	100N/2,5KG	16	0,60875 ^a
	150N/2,5KG	16	0,45125 ^b
	250N/3,5KG	16	0,39000 ^c
	300N/6,5KG	16	0,28375 ^d
	450N/8KG	16	0,19438 ^e

Tablo 4.38: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	0,7030 ^a
	1,30		0,6810 ^a
U2	0,63	40	0,7182 ^a
	1,30		0,6955 ^a
U3	0,63	40	0,3930 ^a
	1,30		0,3782 ^a

YL türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre tüm sehim noktalarında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1, U2 ve U3 değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da tek grup oluşturduğu ve anlamlı bir farklılaşma olmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca Test 1 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.20’de U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.20: YL malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehim noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Tablo 4.39: Test 1 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	80	0,6920 ^a
	MDF	80	0,3026 ^b
U2	YL	80	0,7069 ^a
	MDF	80	0,3367 ^b
U3	YL	80	0,3856 ^a
	MDF	80	0,25837 ^b

Test 1 deneyinden edinilen sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında hem MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1 ve U2 değerleri malzeme türüne göre farklılaşmadığı belirlenmiştir.

- Test 2: “Uzatma elemanları yer değiştirme testi” bulguları

MDF malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.40’ da Test 2 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.40: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 1 U1, U2 ve U3’ e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı (%)
MDF	U1	Ağırlık (kg)	30N/2,5KG	16	0,3300	0,0482	0,3900	0,2600	0,002
			40N/2,5KG	16	0,4275	0,0449	0,5000	0,3700	0,000
			60N/3,5KG	16	0,51250	0,03907	0,5700	0,45000	0,001
			70N/6,5KG	16	0,6206	0,0452	0,6900	0,5500	0,002
			80N/8KG	16	0,7738	0,0532	0,8400	0,6900	0,002
		Tork (N/m)	0,63	40	0,5695	0,1585	0,8400	0,3200	0,025
			1,30	40	0,4962	0,1576	0,8000	0,2600	0,024
	U2	Ağırlık (kg)	30N/2,5KG	16	0,3700	0,0533	0,4400	0,2900	0,002
			40N/2,5KG	16	0,4731	0,0405	0,5500	0,4200	0,006
			60N/3,5KG	16	0,57000	0,03425	0,62000	0,51000	0,001
			70N/6,5KG	16	0,6631	0,0572	0,7400	0,5800	0,003
			80N/8KG	16	0,8331	0,0476	0,9100	0,7600	0,002
		Tork (N/m)	0,63	40	0,6210	0,1624	0,9100	0,3800	0,026
			1,30	40	0,5428	0,1635	0,8400	0,2900	0,026
	U3	Ağırlık (kg)	30N/2,5KG	16	0,25938	0,03235	0,300	0,200	0,001
			40N/2,5KG	16	0,35750	0,03890	0,420	0,300	0,001
			60N/3,5KG	16	0,41625	0,03879	0,480	0,350	0,001
			70N/6,5KG	16	0,4775	0,0577	0,550	0,400	0,003
			80N/8KG	16	0,5300	0,0565	0,600	0,440	0,003
		Tork (N/m)	0,63	40	0,4470	0,1077	0,600	0,240	0,011
			1,30	40	0,3692	0,0872	0,520	0,200	0,007

Test 2 sonuçlarına göre U1 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değerin 80N/8kg yükte 0,84mm iken 0,63 tork değerinde 0,84mm, 1,3 torkta 0,80mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 30N/2,5kg yükte 0,26mm iken 0,63 tork değerinde 0,32mm, 1,3 torkta 0,26mm olduğu belirlenmiştir.

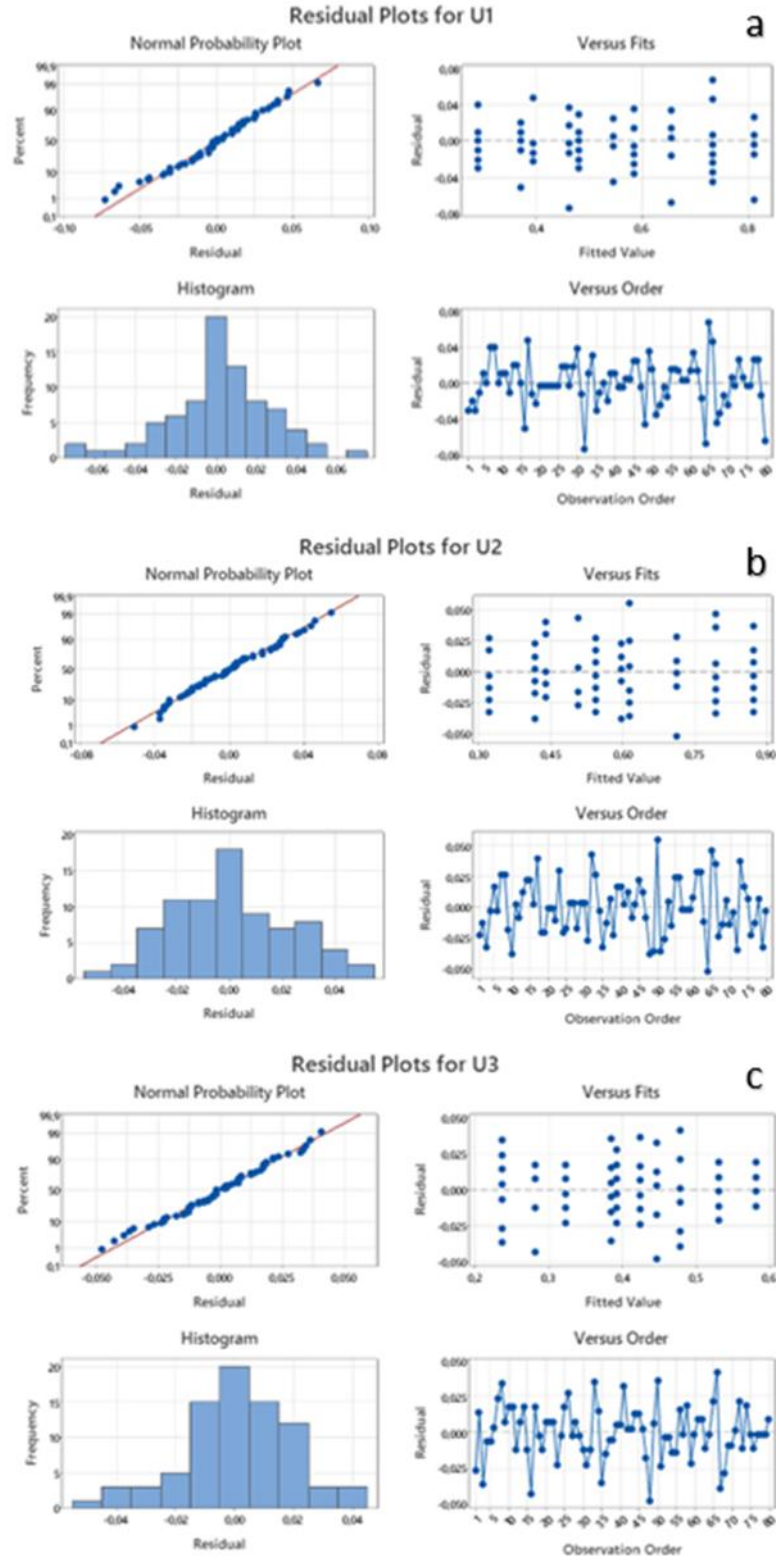
U2 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değerin 80N/8kg yükte 0,91mm iken 0,63 tork değerinde 0,91mm, 1,3 torkta 0,84mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 30N/2,5kg yükte 0,29mm iken 0,63 tork değerinde 0,39mm, 1,3 torkta 0,29mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında MDF çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değerin 80N/8kg yükte 0,60mm iken 0,63 tork değerinde 0,60mm, 1,3 torkta 0,52mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 30N/2,5kg yükte 0,20mm iken 0,63 tork değerinde 0,24mm, 1,3 torkta 0,20mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.21’de histogram veri dağılımının verildiği Test 2 sonuçlarına göre; Tablo 4.41’de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.41: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2-U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	9	2,00238	0,222486	293,50	0,000
		Birinci Derece	5	2,00168	0,400336	528,12	0,000
		Tork	1	0,10731	0,107311	141,56	0,000
		Ağırlık	4	1,89437	0,473593	624,76	0,000
		İkili	4	0,00070	0,000174	0,23	0,921
		Etkileşimler	4	0,00070	0,000174	0,23	0,921
		Tork*Ağırlık	4	0,00070	0,000174	0,23	0,921
		Hata	70	0,05306	0,000758		
		Toplam	79	2,05544			
	U2	Model	9	2,15301	0,239223	416,43	0,000
		Birinci Derece	5	2,14785	0,429570	747,77	0,000
		Tork	1	0,12246	0,122461	213,17	0,000
		Ağırlık	4	2,02539	0,506347	881,42	0,000
		İkili	4	0,00516	0,001289	2,24	0,073
		Etkileşimler	4	0,00516	0,001289	2,24	0,073
		Tork*Ağırlık	4	0,00516	0,001289	2,24	0,073
		Hata	70	0,04021	0,000574		
		Toplam	79	2,19322			
	U3	Model	9	0,84278	0,093642	246,08	0,000
		Birinci Derece	5	0,83165	0,166330	437,09	0,000
		Tork	1	0,12090	0,120901	317,71	0,000
		Ağırlık	4	0,71075	0,177688	466,94	0,000
		İkili	4	0,01113	0,002783	7,31	0,000
		Etkileşimler	4	0,01113	0,002783	7,31	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,01113	0,002783	7,31	0,000
		Hata	70	0,02664	0,000381		
		Toplam	79	0,86942			



Şekil 4.21: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2: (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için ağırlık ve tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa, ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. U3 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.42-43).

Tablo 4.42: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

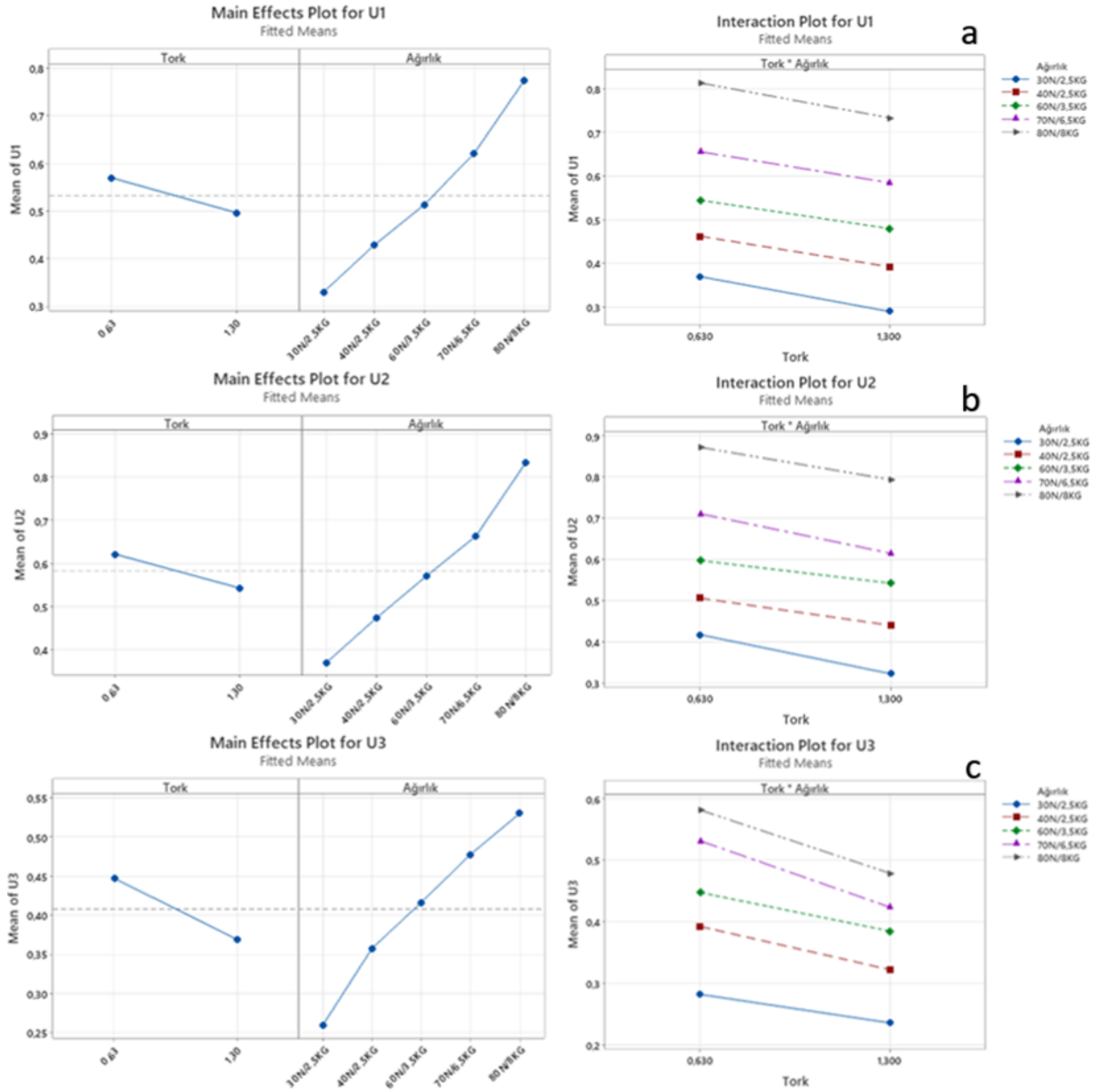
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	30N/2,5KG	16	0,7738 ^a
	40N/2,5KG	16	0,6206 ^b
	60N/3,5KG	16	0,51250 ^c
	70N/6,5KG	16	0,4275 ^d
	80N/8KG	16	0,3300 ^e
U2	30N/2,5KG	16	0,8331 ^a
	40N/2,5KG	16	0,6631 ^b
	60N/3,5KG	16	0,5700 ^c
	70N/6,5KG	16	0,4731 ^d
	80N/8KG	16	0,3700 ^e
U3	30N/2,5KG	16	0,5300 ^a
	40N/2,5KG	16	0,4775 ^b
	60N/3,5KG	16	0,41625 ^c
	70N/6,5KG	16	0,35750 ^d
	80N/8KG	16	0,25938 ^e

Tablo 4.43: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim
U1	0,63	40	0,5695 ^a	0,4962 ^b
	1,30			
U2	0,63	40	0,6210 ^a	0,5428 ^b
	1,30			
U3	0,63	40	0,4470 ^a	0,3692 ^b
	1,30			

MDF türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre tüm sehim noktalarında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1, U2 ve U3 değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da iki grup oluşturduğu ve anlamlı bir farklılaşmanın olmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca Test 2 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.22’de U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Sonuç olarak; MDF malzemeden yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık olmamasına rağmen U1, U2 noktalarında en küçük ağırlık (30N/2,5kg) sonrasında çıkan sonuçların daha yakın etkileşimde olduğu, U3 te bu etkileşimin bulunmadığı belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

YL malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.44’de Test 2 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.44: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 2: U1, U2 ve U3’ e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı (%)
YL	U1	Ağırlık (kg)	30N/2,5KG	16	0,551	0,019	0,590	0,520	0,000
			40N/2,5KG	16	0,670	0,023	0,710	0,630	0,000
			60N/3,5KG	16	0,936	0,023	0,970	0,890	0,000
			70N/6,5KG	16	1,086	0,026	1,120	1,040	0,000
			80N/8KG	16	1,485	0,027	1,530	1,444	0,000
		Tork (N/m)	0,63	40	0,964	0,337	1,530	0,540	0,113
	1,30		40	0,927	0,330	1,480	0,520	0,109	
	U2	Ağırlık (kg)	30N/2,5KG	16	0,570	0,022	0,620	0,540	0,000
			40N/2,5KG	16	0,688	0,024	0,720	0,640	0,000
			60N/3,5KG	16	0,976	0,027	1,010	0,930	0,000
			70N/6,5KG	16	1,113	0,028	1,160	1,060	0,000
			80N/8KG	16	1,525	0,037	1,580	1,470	0,001
		Tork (N/m)	0,63	40	0,997	0,347	1,580	0,560	0,120
	1,30		40	0,952	0,336	1,510	0,540	0,113	
	U3	Ağırlık (kg)	30N/2,5KG	16	0,324	0,021	0,360	0,290	0,000
			40N/2,5KG	16	0,426	0,012	0,450	0,410	0,000
			60N/3,5KG	16	0,554	0,025	0,590	0,520	0,000
			70N/6,5KG	16	0,635	0,024	0,680	0,590	0,000
			80N/8KG	16	0,833	0,038	0,880	0,770	0,001
		Tork (N/m)	0,63	40	0,574	0,185	0,880	0,320	0,034
	1,30		40	0,535	0,170	0,820	0,290	0,0290	

Test 2 sonuçlarına göre U1 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 80N/8kg yükte 1,53mm iken 0,63 tork değerinde 1,53mm, 1,3 torkta 1,48mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 30N/2,5kg yükte 0,52mm iken 0,63 tork değerinde 0,54mm, 1,3 torkta 0,52mm olduğu belirlenmiştir.

U2 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 80N/8kg yükte 1,58mm iken 0,63 tork değerinde 1,58mm, 1,3 torkta 1,51mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 30N/2,5kg yükte 0,54mm iken 0,63 tork değerinde 0,54mm, 1,3 torkta 0,56mm olduğu belirlenmiştir.

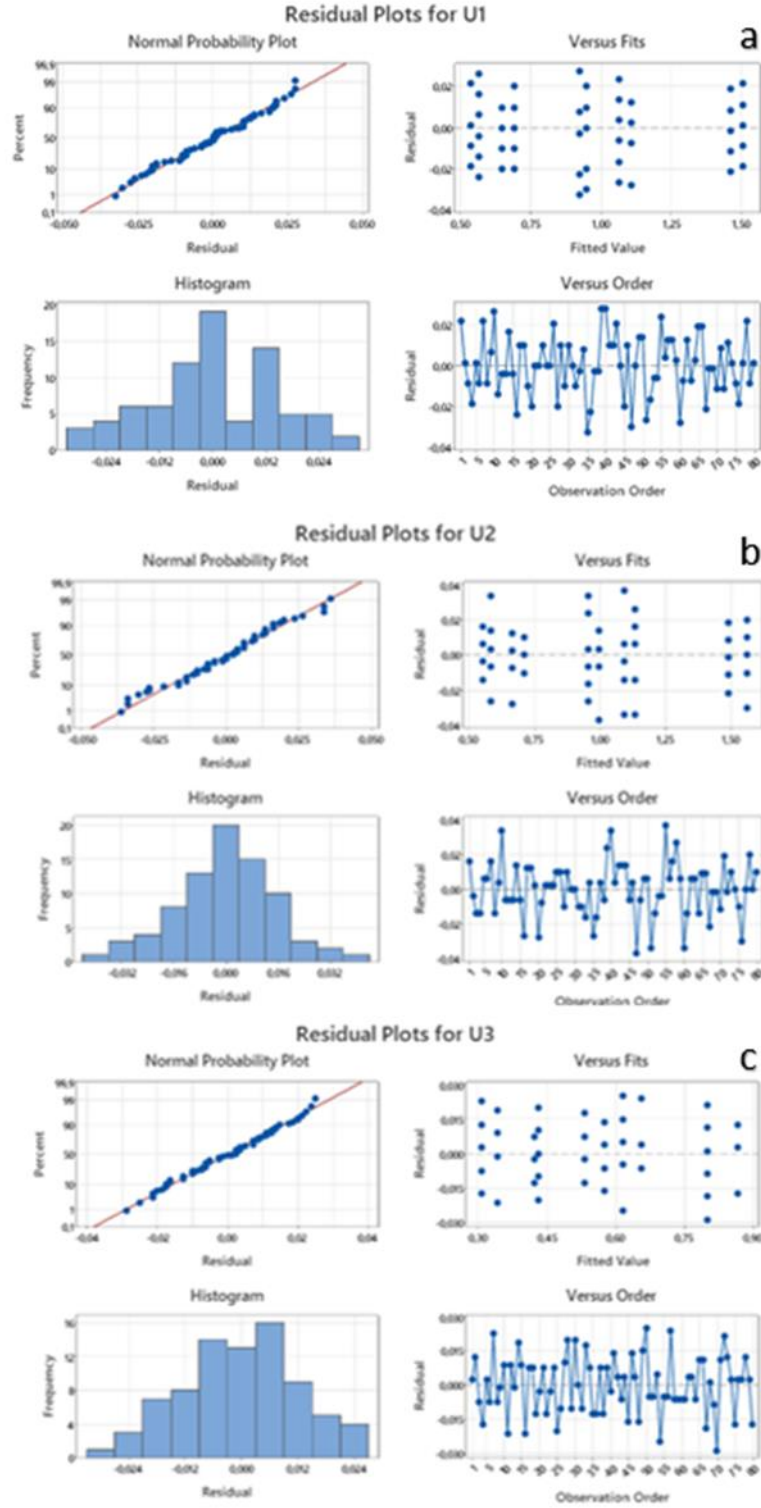
U3 noktasında YL çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değer 80N/8kg yükte 0,88mm iken 0,63 tork değerinde 0,88mm, 1,3 torkta 0,82mm olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 30N/2,5kg yükte 0,29mm iken 0,63 tork değerinde 0,32mm, 1,3 torkta 0,29mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.23’de histogram veri dağılımının verildiği Test 2 sonuçlarına göre; Tablo 4.45’de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.45: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 2: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	9	8,70720	0,96747	4145,23	0,000
		Birinci Derece	5	8,70573	1,74115	7460,15	0,000
		Tork	1	0,02628	0,02628	112,61	0,000
		Ağırlık	4	8,67945	2,16986	9297,03	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00148	0,00037	1,58	0,189
		Tork*Ağırlık	4	0,00148	0,00037	1,58	0,189
		Hata	70	0,01634	0,00023		
		Toplam	79	8,72354			
	U2	Model	9	9,13764	1,01529	3913,04	0,000
		Birinci Derece	5	9,13453	1,82691	7041,07	0,000
		Tork	1	0,04005	0,04005	154,36	0,000
		Ağırlık	4	9,09448	2,27362	8762,75	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00311	0,00078	2,99	0,024
		Tork*Ağırlık	4	0,00311	0,00078	2,99	0,024
		Hata	70	0,01816	0,00026		
		Toplam	79	9,15580			
	U3	Model	9	2,49605	0,277338	1597,83	0,000
		Birinci Derece	5	2,48832	0,497663	2867,19	0,000
		Tork	1	0,03042	0,030420	175,26	0,000
		Ağırlık	4	2,45790	0,614474	3540,18	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00773	0,001933	11,13	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,00773	0,001933	11,13	0,000
		Hata	70	0,01215	0,000174		
		Toplam	79	2,50820			



Şekil 4.23: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 2; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 için ağırlık ve tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa, ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. U3 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve

ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.46-47).

Tablo 4.46: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

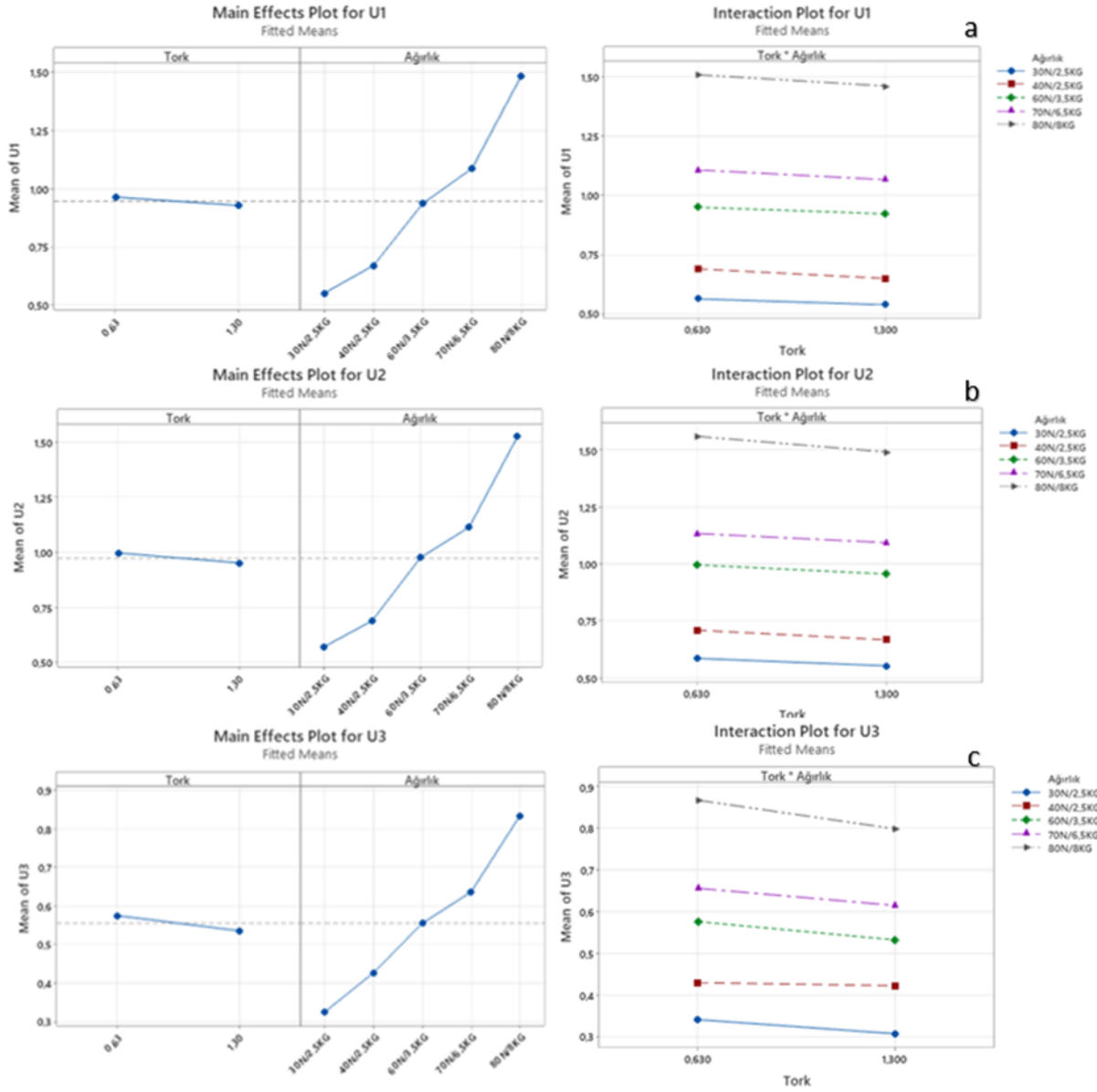
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	100N/2,5KG	16	1,48500 ^a
	150N/2,5KG	16	1,08687 ^b
	250N/3,5KG	16	0,67187 ^c
	300N/6,5KG	16	0,67000 ^d
	450N/8KG	16	0,55125 ^e
U2	100N/2,5KG	16	1,52563 ^a
	150N/2,5KG	16	1,11375 ^b
	250N/3,5KG	16	0,97625 ^c
	300N/6,5KG	16	0,68875 ^d
	450N/8KG	16	0,57000 ^e
U3	100N/2,5KG	16	0,83312 ^a
	150N/2,5KG	16	0,63563 ^b
	250N/3,5KG	16	0,55438 ^c
	300N/6,5KG	16	0,42625 ^d
	450N/8KG	16	0,32438 ^e

Tablo 4.47: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 2 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	0,9640 ^a
	1,30		0,9277 ^a
U2	0,63	40	0,9972 ^a
	1,30		0,9525 ^a
U3	0,63	40	0,5743 ^a
	1,30		0,5352 ^a

YL türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre tüm sehim noktalarında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1, U2 ve U3 değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da bir grup oluşturduğu ve anlamlı bir farklılaşmanın olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca Test 2 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.24’de U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.24: YL malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehım noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; YL malzemeden yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık olmamasına rağmen U1, U2 ve U3 noktalarında en küçük ağırlık (30N/2,5kg) sonrasında çıkan sonuçların daha yakın etkileşimde olduğu belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.48: Test 2 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	80	0,9459 ^a
	MDF	80	0,5336 ^b
U2	YL	80	0,9749 ^a
	MDF	80	0,5800 ^b
U3	YL	80	0,5547 ^a
	MDF	80	0,4081 ^b

Test 2 deneyinden edinilen sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında hem MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1, U2 ve U3 değerleri malzeme türüne göre anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir.

- Test 3: “Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı açma kapama testi” bulguları

Bu test prosedürü 2 aşamadan oluşmaktadır. Hızlı açma ve hızlı kapatma aşamalarını içeren test prosedüründen elde edilen deney sonuçlarının istatistiksel sonuçları ardışık olarak belirtilmiştir.

MDF malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürü 2 aşamadan oluşmaktadır. Her iki malzemede açma ve kapama deneyleri yapılmıştır. Her deney sonucu 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.49’da Test 3 MDF malzemede hızlı açma deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.49: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
MDF	U1	Ağırlık (kg)	2,3kg	16	0,6280	0,0490	0,7000	0,5500	0,0024
			2,6kG	16	0,7887	0,0483	0,8600	0,7100	0,0023
			2kg	16	0,5163	0,0508	0,5800	0,4300	0,0026
			3,3kg	16	1,1287	0,0700	1,2100	1,0300	0,0049
			3kg	16	0,9425	0,0534	1,0000	0,8500	0,0028
		Tork (N/m)	0,63	40	0,5695	0,1585	0,8400	0,3200	0,0251
			1,30	40	0,4962	0,1576	0,8000	0,2600	0,0248
	U2	Ağırlık (kg)	2,3kg	16	0,66875	0,03897	0,72000	0,61000	0,00152
			2,6kG	16	0,8594	0,0414	0,9200	0,7900	0,0017
			2kg	16	0,5619	0,0510	0,6400	0,4700	0,0026
			3,3kg	16	1,2081	0,0568	1,3000	1,1300	0,0032
			3kg	16	1,0019	0,0667	1,0900	0,9000	0,0044
		Tork (N/m)	0,63	40	0,9003	0,2433	1,3000	0,5200	0,0592
			1,30	40	0,8197	0,2283	1,2100	0,4700	0,0521
	U3	Ağırlık (kg)	2,3kg	16	0,93875	0,02802	0,98000	0,89000	0,00078
			2,6kG	16	1,2806	0,0307	1,3200	1,2300	0,00094
			2kg	16	0,78187	0,02588	0,84000	0,74000	0,00067
			3,3kg	16	1,9325	0,0373	1,9900	1,8800	0,00139
			3kg	16	1,4737	0,0296	1,5200	1,4200	0,00088
		Tork (N/m)	0,63	40	1,3065	0,4162	1,9900	0,7800	0,1733
			1,30	40	1,2565	0,4085	1,9200	0,7400	0,1669

Test 3 hızlı açma deneyi sonuçlarına göre U1 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değer 3,3kg yükte 1,21mm iken 0,63 tork ve 1,3 torkta 0,84mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 0,43mm iken 0,63 tork değerinde 0,32mm, 1,3 torkta 0,26mm olduğu belirlenmiştir.

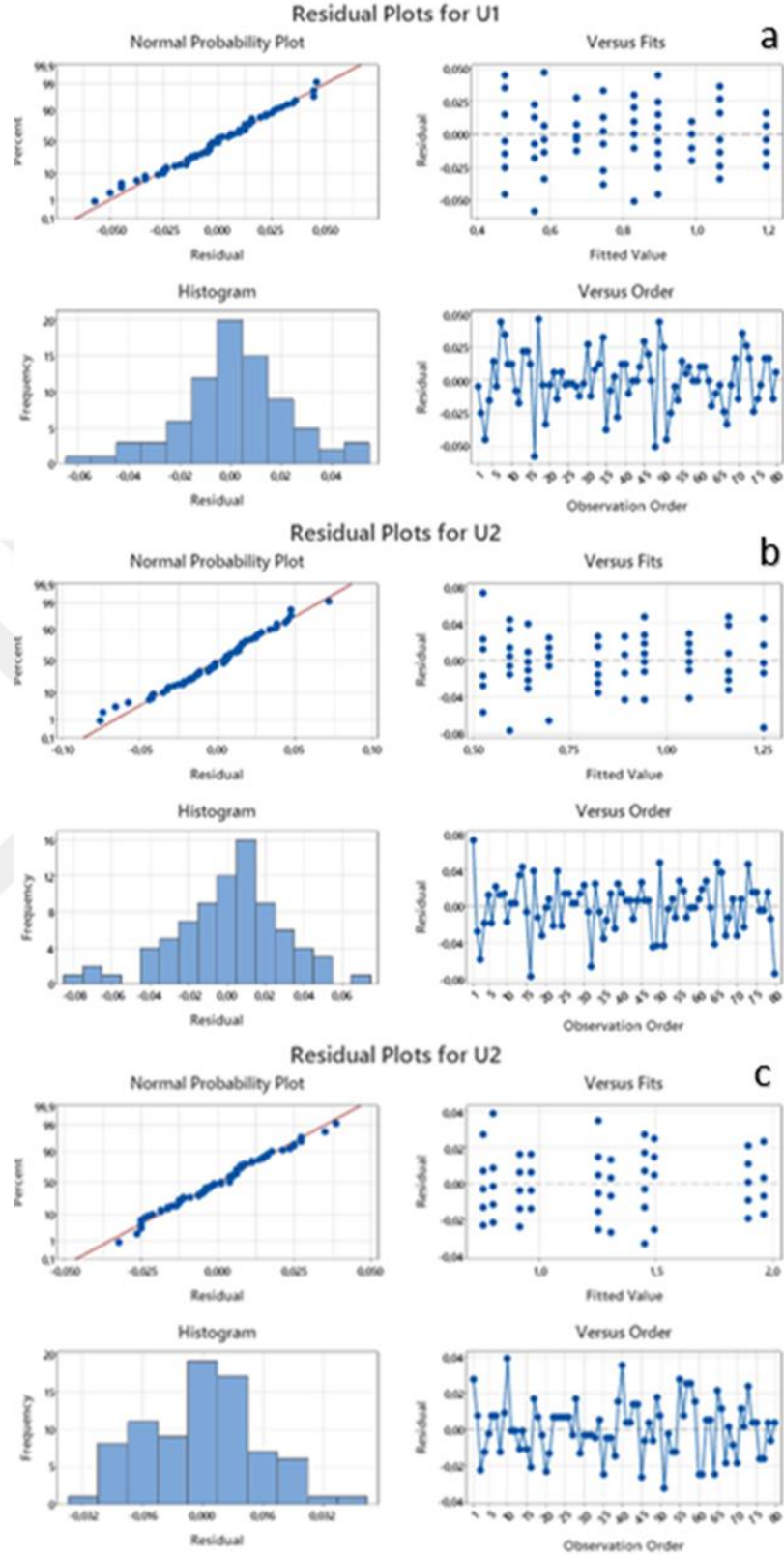
U2 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değer 3,3kg yükte 1,30mm iken 0,63 tork değerinde 1,30mm, 1,3 torkta 1,21mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 0,47mm iken 0,63 tork değerinde 0,52mm, 1,3 torkta 0,47mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında MDF çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değer 3,3kg yükte 1,99mm iken 0,63 tork değerinde 1,99mm, 1,3 torkta 1,92mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 0,74mm iken 0,63 tork değerinde 0,78mm, 1,3 torkta 0,74mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.25’de histogram veri dağılımının verildiği Test 3 hızlı açma sonuçlarına göre; Tablo 4.50’ de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.50: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	9	4,00714	0,445238	850,94	0,000
		Birinci Derece	5	4,00083	0,800166	1529,29	0,000
		Tork	1	0,18317	0,183170	350,08	0,000
		Ağırlık	4	3,81766	0,954415	1824,09	0,000
		İkili	4	0,00631	0,001577	3,01	0,024
		Etkileşimler					
		Tork*Ağırlık	4	0,00631	0,001577	3,01	0,024
		Hata	70	0,03663	0,000523		
		Toplam	79	4,04377			
	U2	Model	9	4,40802	0,48978	544,42	0,000
		Birinci Derece	5	4,39800	0,87960	977,72	0,000
		Tork	1	0,12961	0,12961	144,06	0,000
		Ağırlık	4	4,26840	1,06710	1186,14	0,000
		İkili	4	0,01002	0,00251	2,78	0,033
		Etkileşimler					
		Tork*Ağırlık	4	0,01002	0,00251	2,78	0,033
		Hata	70	0,06298	0,00090		
		Toplam	79	4,47100			
	U3	Model	9	13,2978	1,47753	5737,99	0,000
		Birinci Derece	5	13,2958	2,65917	10326,86	0,000
		Tork	1	0,0500	0,05000	194,17	0,000
		Ağırlık	4	13,2458	3,31146	12860,03	0,000
		İkili	4	0,0020	0,00049	1,91	0,119
		Etkileşimler					
		Tork*Ağırlık	4	0,0020	0,00049	1,91	0,119
		Hata	70	0,0180	0,00026		
		Toplam	79	13,3158			



Şekil 4.25: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma; (a). U1, (b). U2 ve (c). U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. U3 için ağırlık ve tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa, ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.51-52).

Tablo 4.51: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	2,3kg	16	1,1287 ^a
	2,6kG	16	0,9425 ^b
	2kg	16	0,7887 ^c
	3,3kg	16	0,6280 ^d
	3kg	16	0,5163 ^e
U2	2,3kg	16	1,2081 ^a
	2,6kG	16	1,0019 ^b
	2kg	16	0,8594 ^c
	3,3kg	16	0,66875 ^d
	3kg	16	0,5619 ^e
U3	2,3kg	16	1,93250 ^a
	2,6kG	16	1,47375 ^b
	2kg	16	1,28063 ^c
	3,3kg	16	0,93875 ^d
	3kg	16	0,78187 ^e

Tablo 4.52: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	0,8487 ^a
	1,30		0,8487 ^a
U2	0,63	40	0,9003 ^a
	1,30		0,8197 ^a
U3	0,63	40	1,3065 ^a
	1,30		1,2565 ^a

MDF türünde hızlı açma testlerindeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak tüm sehim sonuç değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da grup oluşturmadığı ve anlamlı farklılaştığı da belirlenmiştir.

MDF malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün 2. aşamasında hızlı kapama deney sonuçları ortaya konmuştur. Her malzemede açma deneylerinden sonra kapama deneyleri yapılmıştır. Her deney sonucu 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.53’de Test 3 MDF malzemede hızlı kapama deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.53: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama: U1, U2 ve U3’ e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı (%)
MDF	U1	Ağırlık (kg)	1,2kg	16	0,9769	0,0533	1,0400	0,9000	0,0028
			1,5kg	16	1,0980	0,0504	1,1700	1,0300	0,0025
			1,7kg	16	1,2988	0,0571	1,3700	1,2200	0,0033
			2,2kg	16	1,7244	0,0712	1,8100	1,6200	0,0051
			2kg	16	1,4919	0,0662	1,5700	1,4000	0,0044
		Tork (N/m)	0,63	40	1,3710	0,2806	1,8100	0,9600	0,0788
			1,30	40	1,2650	0,2652	1,7300	0,9000	0,0703
	U2	Ağırlık (kg)	1,2kg	16	1,0337	0,0518	1,1000	0,9500	0,0027
			1,5kg	16	1,1619	0,0432	1,2200	1,1000	0,0019
			1,7kg	16	1,3856	0,0520	1,4600	1,3200	0,0027
			2,2kg	16	1,8081	0,0649	1,9100	1,7200	0,0042
			2kg	16	1,5669	0,0749	1,6700	1,4500	0,0056
		Tork (N/m)	0,63	40	1,4390	0,2938	1,9100	0,9900	0,0863
			1,30	40	1,3435	0,2713	1,8000	0,9500	0,0736
	U3	Ağırlık (kg)	1,2kg	16	0,5450	0,0420	0,6000	0,4800	0,0018
			1,5kg	16	0,6669	0,0531	0,7400	0,6000	0,0028
			1,7kg	16	0,8019	0,0576	0,8800	0,7100	0,0033
			2,2kg	16	0,9844	0,0709	1,0700	0,8900	0,0050
			2kg	16	0,8925	0,0859	0,9900	0,7600	0,0074
		Tork (N/m)	0,63	40	0,8337	0,1736	1,0700	0,5300	0,0301
			1,30	40	0,7225	0,1475	0,9600	0,4800	0,0218

Test 3 hızlı kapama deneyi sonuçlarına göre U1 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değer 2,2kg yükte 1,81mm iken 0,63 torkta 1,81mm ve 1,3 torkta 1,73mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 1,2kg yükte 0,90mm iken 0,63 tork değerinde 0,96mm, 1,3 torkta 0,90mm olduğu belirlenmiştir.

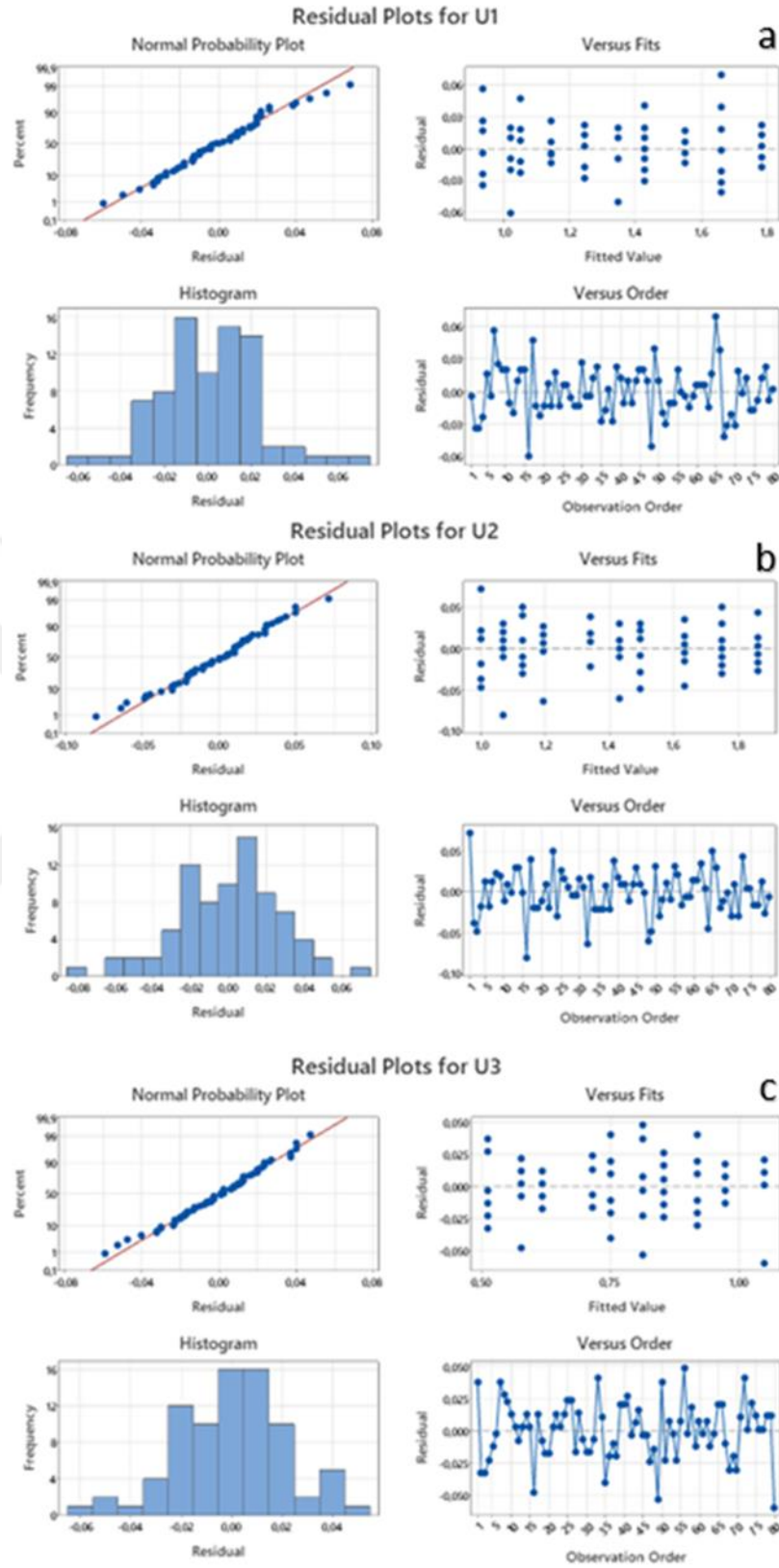
U2 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değer 2,2kg yükte 1,91mm iken 0,63 tork değerinde 1,91mm, 1,3 torkta 1,80mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 1,2kg yükte 0,95mm iken 0,63 tork değerinde 0,99mm, 1,3 torkta 0,95mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında MDF çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değerin 2,2kg yükte 1,07mm iken 0,63 tork değerinde 1,07mm, 1,3 torkta 0,96mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 1,2kg yükte 0,48mm iken 0,63 tork değerinde 0,53mm, 1,3 torkta 0,48mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.27’de histogram veri dağılımının verildiği Test 3 hızlı kapatma sonuçlarına göre; Tablo 4.54’de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.54: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapatma: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	9	5,99808	0,66645	1129,08	0,000
		Birinci Derece	5	5,99267	1,19853	2030,50	0,000
		Tork	1	0,22451	0,22451	380,35	0,000
		Ağırlık	4	5,76816	1,44204	2443,04	0,000
		İkili	4	0,00541	0,00135	2,29	0,068
		Etkileşimler	4	0,00541	0,00135	2,29	0,068
		Tork*Ağırlık	4	0,00541	0,00135	2,29	0,068
		Hata	70	0,04132	0,00059		
		Toplam	79	6,03940			
	U2	Model	9	6,35837	0,70649	836,79	0,000
		Birinci Derece	5	6,34368	1,26874	1502,73	0,000
		Tork	1	0,18240	0,18240	216,05	0,000
		Ağırlık	4	6,16127	1,54032	1824,40	0,000
		İkili	4	0,01470	0,00367	4,35	0,003
		Etkileşimler	4	0,01470	0,00367	4,35	0,003
		Tork*Ağırlık	4	0,01470	0,00367	4,35	0,003
		Hata	70	0,05910	0,00084		
		Toplam	79	6,41747			
	U3	Model	9	2,23421	0,248245	469,49	0,000
		Birinci Derece	5	2,21407	0,442814	837,47	0,000
		Tork	1	0,24753	0,247531	468,14	0,000
		Ağırlık	4	1,96654	0,491634	929,80	0,000
		İkili	4	0,02014	0,005034	9,52	0,000
		Etkileşimler	4	0,02014	0,005034	9,52	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,02014	0,005034	9,52	0,000
		Hata	70	0,03701	0,000529		
		Toplam	79	2,27122			



Şekil 4.27: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapatma; (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. U3 için ağırlık ve tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa, ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur.

Tablo 4.55: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

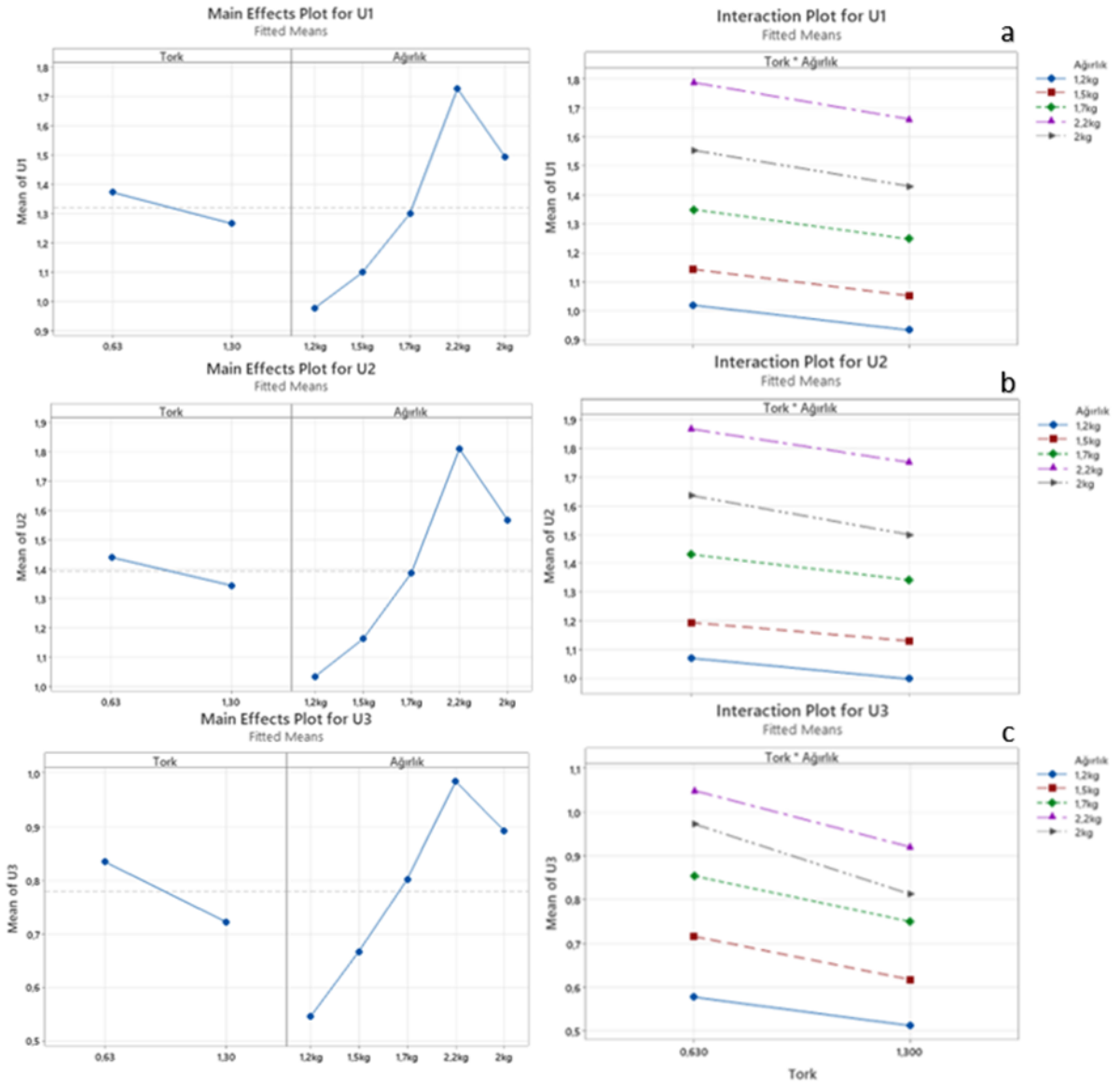
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	100N/2,5KG	16	1,7244 ^a
	150N/2,5KG	16	1,4919 ^b
	250N/3,5KG	16	1,2988 ^c
	300N/6,5KG	16	1,0980 ^d
	450N/8KG	16	0,9769 ^e
U2	100N/2,5KG	16	1,8081 ^a
	150N/2,5KG	16	1,5669 ^b
	250N/3,5KG	16	1,3856 ^c
	300N/6,5KG	16	1,1619 ^d
	450N/8KG	16	1,0337 ^e
U3	100N/2,5KG	16	0,9844 ^a
	150N/2,5KG	16	0,8925 ^b
	250N/3,5KG	16	0,8019 ^c
	300N/6,5KG	16	0,6669 ^d
	450N/8KG	16	0,5450 ^e

Tablo 4.56: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	1,3710 ^a
	1,30		1,2650 ^a
U2	0,63	40	1,4390 ^a
	1,30		1,3435 ^a
U3	0,63	40	0,8337 ^a
	1,30		0,7225 ^b

MDF türünde hızlı kapatma testlerindeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak tüm sehim sonuç değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da grup oluşturmadığı ve anlamlı farklılaştığı da belirlenmiştir.

Ayrıca Test 3-hızlı kapatma deney prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.28’de U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.28: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehim noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; MDF malzemeden yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık olmadığı belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

YL malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün ilk aşamasında hızlı açma deney sonuçları ortaya konmuştur. Her malzemede açma deneylerinden sonra kapama deneyleri yapılmıştır. Her deney sonucu 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.57’de Test 3 YL malzemede hızlı açma deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.57: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı (%)
YL	U1	Ağırlık (kg)	2,3kg	16	0,90937	0,02720	0,95000	0,87000	0,00074
			2,6kg	16	1,2250	0,0273	1,2700	1,1800	0,00075
			2kg	16	0,75062	0,02294	0,80000	0,72000	0,00053
			3,3kg	16	1,8744	0,0292	1,9200	1,8300	0,00085
			3kg	16	1,4269	0,0277	1,4700	1,3800	0,00077
		Tork (N/m)	0,63	40	1,2582	0,4035	1,9200	0,7500	0,1628
			1,30	40	1,2162	0,4004	1,8800	0,7200	0,1603
	U2	Ağırlık (kg)	2,3kg	16	0,93875	0,02802	0,98000	0,89000	0,00078
			2,6kg	16	1,2806	0,0307	1,3200	1,2300	0,00094
			2kg	16	0,78187	0,02588	0,84000	0,74000	0,00067
			3,3kg	16	1,9325	0,0373	1,9900	1,8800	0,00139
			3kg	16	1,4737	0,0296	1,5200	1,4200	0,00088
		Tork (N/m)	0,63	40	1,3065	0,4162	1,9900	0,7800	0,1733
			1,30	40	1,2565	0,4085	1,9200	0,7400	0,1669
	U3	Ağırlık (kg)	2,3kg	16	0,53625	0,01455	0,57000	0,51000	0,00021
			2,6kg	16	0,67375	0,02825	0,72000	0,63000	0,00080
			2kg	16	0,42500	0,02366	0,46000	0,39000	0,00056
			3,3kg	16	0,9831	0,0413	1,0400	0,9200	0,0017
			3kg	16	0,76563	0,02732	0,82000	0,73000	0,00075
		Tork (N/m)	0,63	40	0,6988	0,2031	1,0400	0,4200	0,0412
			1,30	40	0,6548	0,1875	0,9800	0,3900	0,0352

Test 3 hızlı açma deneyi sonuçlarına göre U1 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 3,3kg yükte 1,92mm iken 0,63 torkta 1,92mm ve 1,3 torkta 1,88mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 0,72mm iken 0,63 tork değerinde 0,75mm, 1,3 torkta 0,72mm olduğu belirlenmiştir.

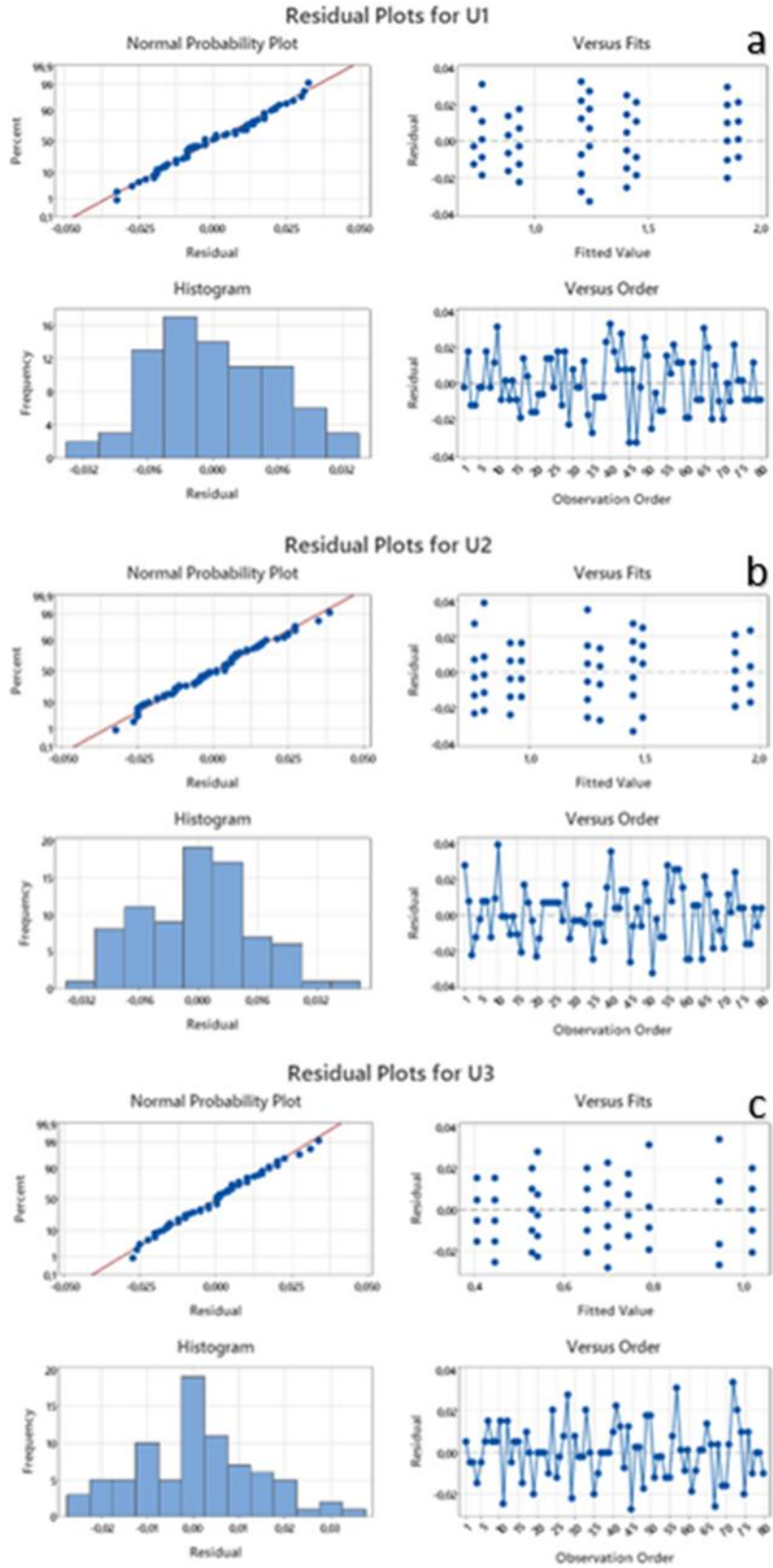
U2 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 3,3kg yükte 1,99mm iken 0,63 tork değerinde 1,99mm, 1,3 torkta 1,92mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 0,74mm iken 0,63 tork değerinde 0,78mm, 1,3 torkta 0,74mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında YL çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değer 3,3kg yükte 1,04mm iken 0,63 tork değerinde 1,04mm, 1,3 torkta 0,98mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 2kg yükte 0,39mm iken 0,63 tork değerinde 0,42mm, 1,3 torkta 0,39mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.29’da histogram veri dağılımının verildiği Test 3 hızlı açma sonuçlarına göre; Tablo 4.58’de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.58: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma; U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	9	12,6173	1,40193	5261,93	0,000
		Birinci Derece	5	12,6168	2,52335	9471,02	0,000
		Tork	1	0,0353	0,03528	132,42	0,000
		Ağırlık	4	12,5815	3,14537	11805,67	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,0006	0,00015	0,56	0,694
		Tork*Ağırlık	4	0,0006	0,00015	0,56	0,694
		Hata	70	0,0186	0,00027		
		Toplam	79	12,6360			
	U2	Model	9	13,2978	1,47753	5737,99	0,000
		Birinci Derece	5	13,2958	2,65917	10326,86	0,000
		Tork	1	0,0500	0,05000	194,17	0,000
		Ağırlık	4	13,2458	3,31146	12860,03	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,0020	0,00049	1,91	0,119
		Tork*Ağırlık	4	0,0020	0,00049	1,91	0,119
		Hata	70	0,0180	0,00026		
		Toplam	79	13,3158			
	U3	Model	9	3,00463	0,333848	1678,23	0,000
		Birinci Derece	5	2,99699	0,599397	3013,13	0,000
		Tork	1	0,03872	0,038720	194,64	0,000
		Ağırlık	4	2,95827	0,739567	3717,75	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00764	0,001911	9,60	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,00764	0,001911	9,60	0,000
		Hata	70	0,01392	0,000199		
		Toplam	79	3,01855			



Şekil 4.29: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma; (a). U1, (b). U2 ve (c). U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 sehim değerlerinin sonuçları için tork ve ağırlık sonuçlarının anlamlı bir farklılığa sebep olduğu, ağırlık*tork un ise anlamlı olmadığı istatistiksel olarak tespit edilmiştir. U3 için ağırlık, tork ve ağırlık*tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.59-60).

Tablo 4.59: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

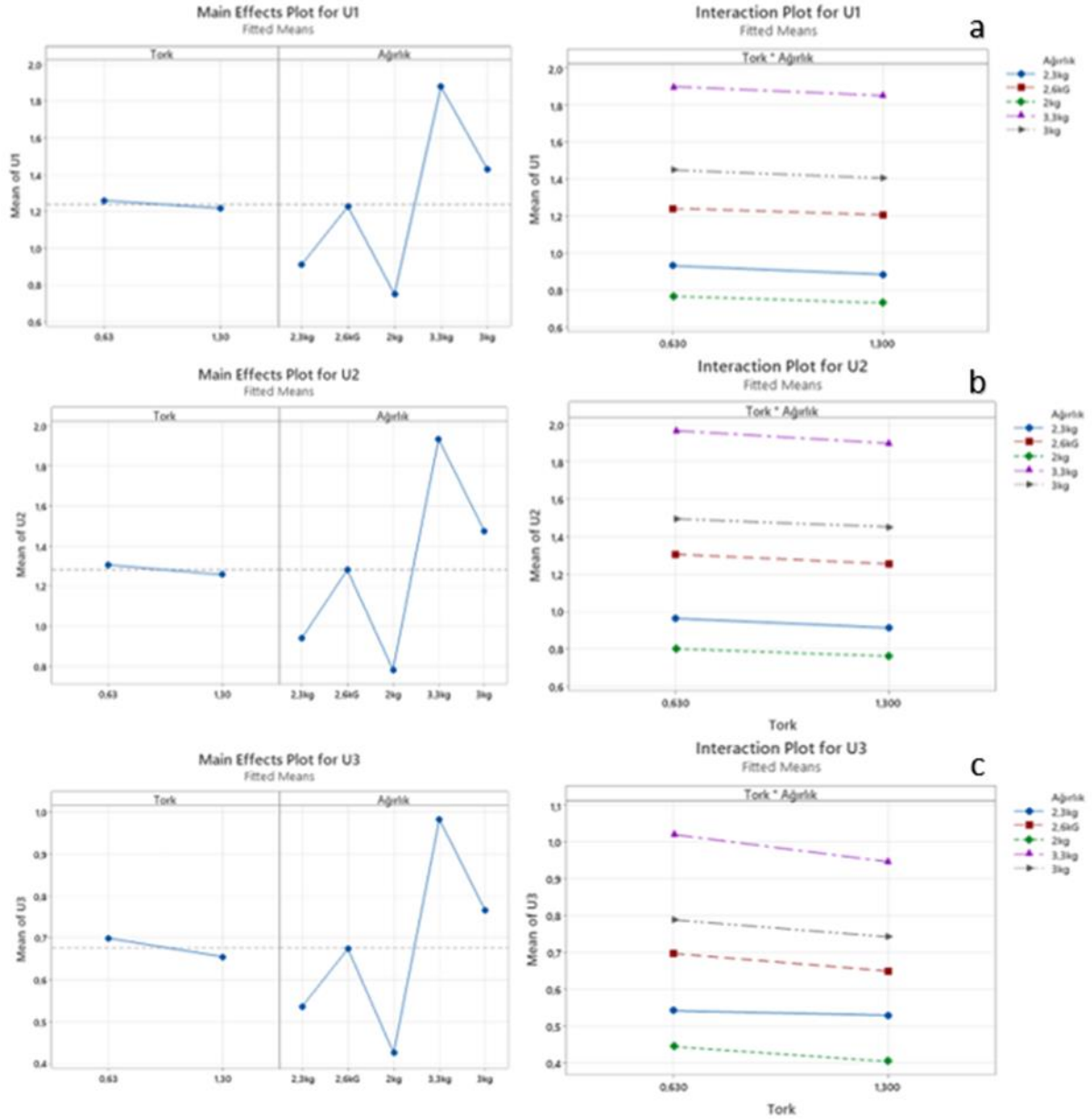
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	3,3kg	16	1,87437 ^a
	3kg	16	1,42688 ^b
	2,6kG	16	1,22500 ^c
	2,3kg	16	0,90937 ^d
	2kg	16	0,75062 ^e
U2	3,3kg	16	1,93250 ^a
	3kg	16	1,47375 ^b
	2,6kG	16	1,28063 ^c
	2,3kg	16	0,93875 ^d
	2kg	16	0,78187 ^e
U3	3,3kg	16	0,9831 ^a
	3kg	16	0,76563 ^b
	2,6kG	16	0,67375 ^c
	2,3kg	16	0,53625 ^d
	2kg	16	0,42500 ^e

Tablo 4.60: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı açma tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	1,2582 ^a
	1,30		1,2162 ^a
U2	0,63	40	1,3065 ^a
	1,30		1,2565 ^a
U3	0,63	40	0,6988 ^a
	1,30		0,6548 ^a

YL türünde hızlı kapatma testlerindeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak tüm sehim sonuç değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da grup oluşturmadığı ve anlamlı farklılaştığı da belirlenmiştir.

Ayrıca Test 3-hızlı açma deney prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.30'da U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.30: YL malzemedeki U1, U2, U3 sehim noktasında a. ağırlık-tork dağılımı, b.ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; MDF malzemeden yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık olmadığı belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

YL malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün ilk aşamasında hızlı açma deney sonuçları ortaya konmuştur. Her malzemede açma deneylerinden sonra kapama deneyleri yapılmıştır. Her deney sonucu 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.61’de Test 3 YL malzemede hızlı kapatma deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.61: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama: U1, U2 ve U3’ e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı(%)
YL	U1	Ağırlık (kg)	1,2kg	16	0,95063	0,02792	1,01000	0,91000	0,00078
			1,5kg	16	1,1488	0,0322	1,2000	1,1000	0,00104
			1,7kg	16	1,5175	0,0300	1,5700	1,4700	0,00090
			2,2kg	16	2,2637	0,0328	2,3200	2,2100	0,00108
			2kg	16	1,7669	0,0316	1,8200	1,7200	0,00100
		Tork (N/m)	0,63	40	1,5525	0,4703	2,3200	0,9600	0,2211
			1,30	40	1,5065	0,4700	2,2800	0,9100	0,2209
	U2	Ağırlık (kg)	1,2kg	16	0,99187	0,03146	1,06000	0,94000	0,00099
			1,5kg	16	1,1887	0,0328	1,2400	1,1400	0,00108
			1,7kg	16	1,5800	0,0335	1,6300	1,5300	0,00112
			2,2kg	16	2,3394	0,0394	2,4100	2,2800	0,00155
			2kg	16	1,8337	0,0332	1,8900	1,7800	0,00110
		Tork (N/m)	0,63	40	1,6138	0,4858	2,4100	1,0000	0,2360
			1,30	40	1,5598	0,4820	2,3400	0,9400	0,2323
	U3	Ağırlık (kg)	1,2kg	16	0,52625	0,02754	0,57000	0,49000	0,00076
			1,5kg	16	0,64625	0,02062	0,69000	0,61000	0,00042
			1,7kg	16	0,79312	0,03321	0,85000	0,74000	0,00110
			2,2kg	16	1,1331	0,0459	1,2000	1,0600	0,0021
			2kg	16	0,89563	0,03224	0,96000	0,85000	0,00104
		Tork (N/m)	0,63	40	0,8233	0,2205	1,2000	0,5200	0,0486
			1,30	40	0,7745	0,2049	1,1400	0,4900	0,0420

Test 3 hızlı kapama deneyi sonuçlarına göre U1 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 2,2kg yükte 2,32mm iken 0,63 torkta 2,32mm ve 1,3 torkta 2,28mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 1,2kg yükte 0,91mm iken 0,63 tork değerinde 0,96mm, 1,3 torkta 0,91mm olduğu belirlenmiştir.

U2 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değerin 2,2kg yükte 2,41mm iken 0,63 tork değerinde 2,41mm, 1,3 torkta 2,34mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 1,2kg yükte 0,49mm iken 0,63 tork değerinde 0,52mm, 1,3 torkta 0,49mm olduğu belirlenmiştir.

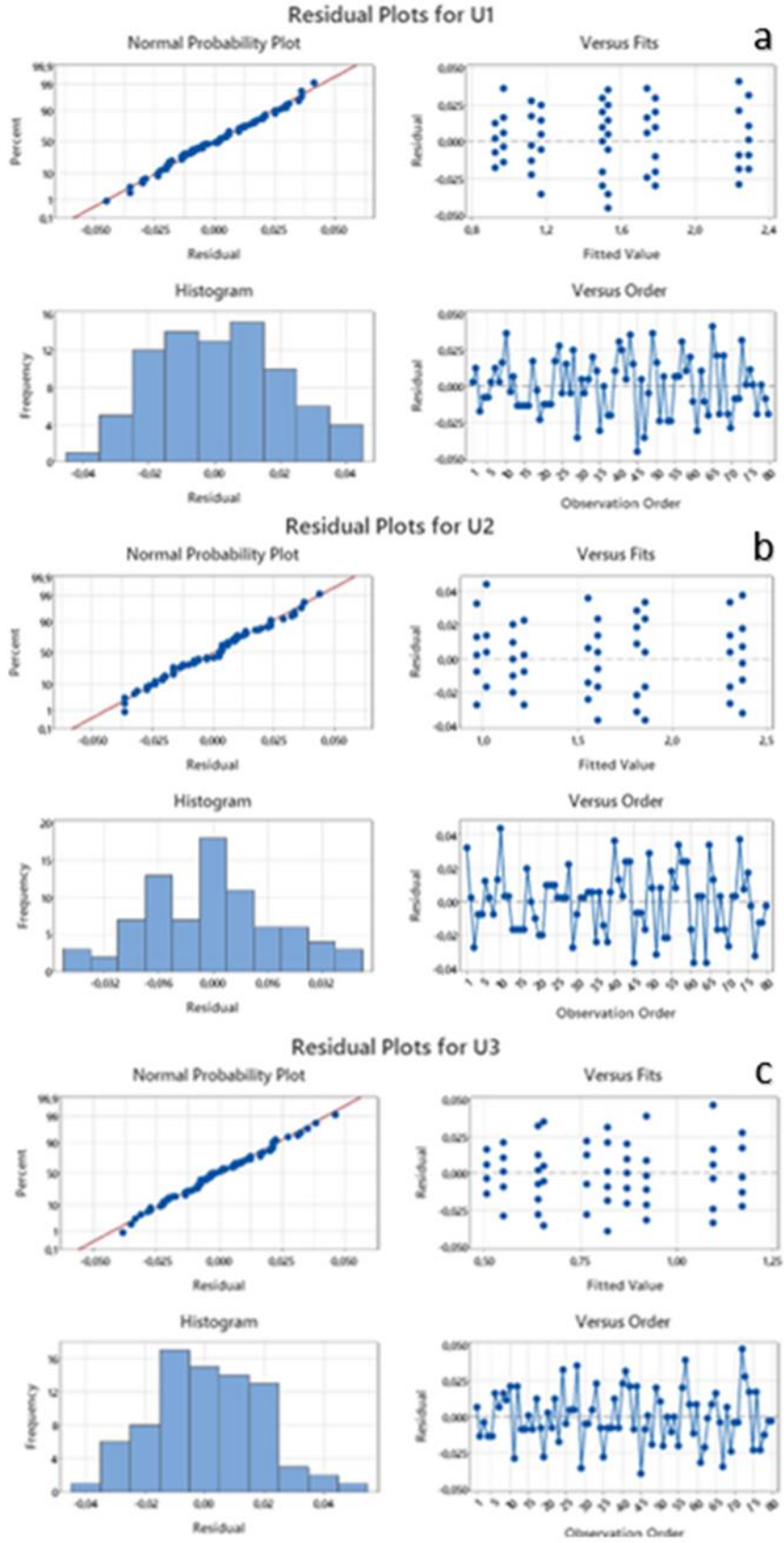
U3 noktasında YL çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değerin 2,2kg yükte 1,20mm iken 0,63 tork değerinde 1,20mm, 1,3 torkta 1,14mm olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 1,2kg yükte 0,49mm iken 0,63 tork değerinde 0,52mm, 1,3 torkta 0,49mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.31’de histogram veri dağılımının verildiği Test 3 hızlı kapama sonuçlarına göre; Tablo 4.62’de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.62: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	9	17,2539	1,91710	4651,55	0,000
		Birinci Derece	5	17,2532	3,45064	8372,44	0,000
		Tork	1	0,0423	0,04232	102,68	0,000
		Ağırlık	4	17,2109	4,30272	10439,88	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,0007	0,00018	0,44	0,783
		Tork*Ağırlık	4	0,0007	0,00018	0,44	0,783
		Hata	70	0,0288	0,00041		
		Toplam	79	17,2828			
	U2	Model	9	18,2959	2,03288	5032,76	0,000
		Birinci Derece	5	18,2948	3,65896	9058,43	0,000
		Tork	1	0,0583	0,05832	144,38	0,000
		Ağırlık	4	18,2365	4,55912	11286,94	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,0011	0,00027	0,68	0,611
		Tork*Ağırlık	4	0,0011	0,00027	0,68	0,611
		Hata	70	0,0283	0,00040		
		Toplam	79	18,3242			
	U3	Model	9	3,55491	0,394990	1051,80	0,000
		Birinci Derece	5	3,54730	0,709460	1889,19	0,000
		Tork	1	0,04753	0,047531	126,57	0,000
		Ağırlık	4	3,49977	0,874942	2329,85	0,000
		İkili Etkileşimler	4	0,00761	0,001903	5,07	0,001
		Tork*Ağırlık	4	0,00761	0,001903	5,07	0,001
		Hata	70	0,02629	0,000376		
		Toplam	79	3,58120			



Şekil 4.31: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı kapama; (a). U1, (b). U2 ve (c). U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1 ve U2 sehim değerlerinin sonuçları için tork ve ağırlık sonuçlarının anlamlı bir farklılığa sebep olduğu, ağırlık*tork un ise anlamlı olmadığı istatistiksel olarak tespit edilmiştir. U3 için ağırlık, tork ve ağırlık*tork değişkenleri istatistik olarak anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.63-64).

Tablo 4.63: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı ağırlık kapama değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

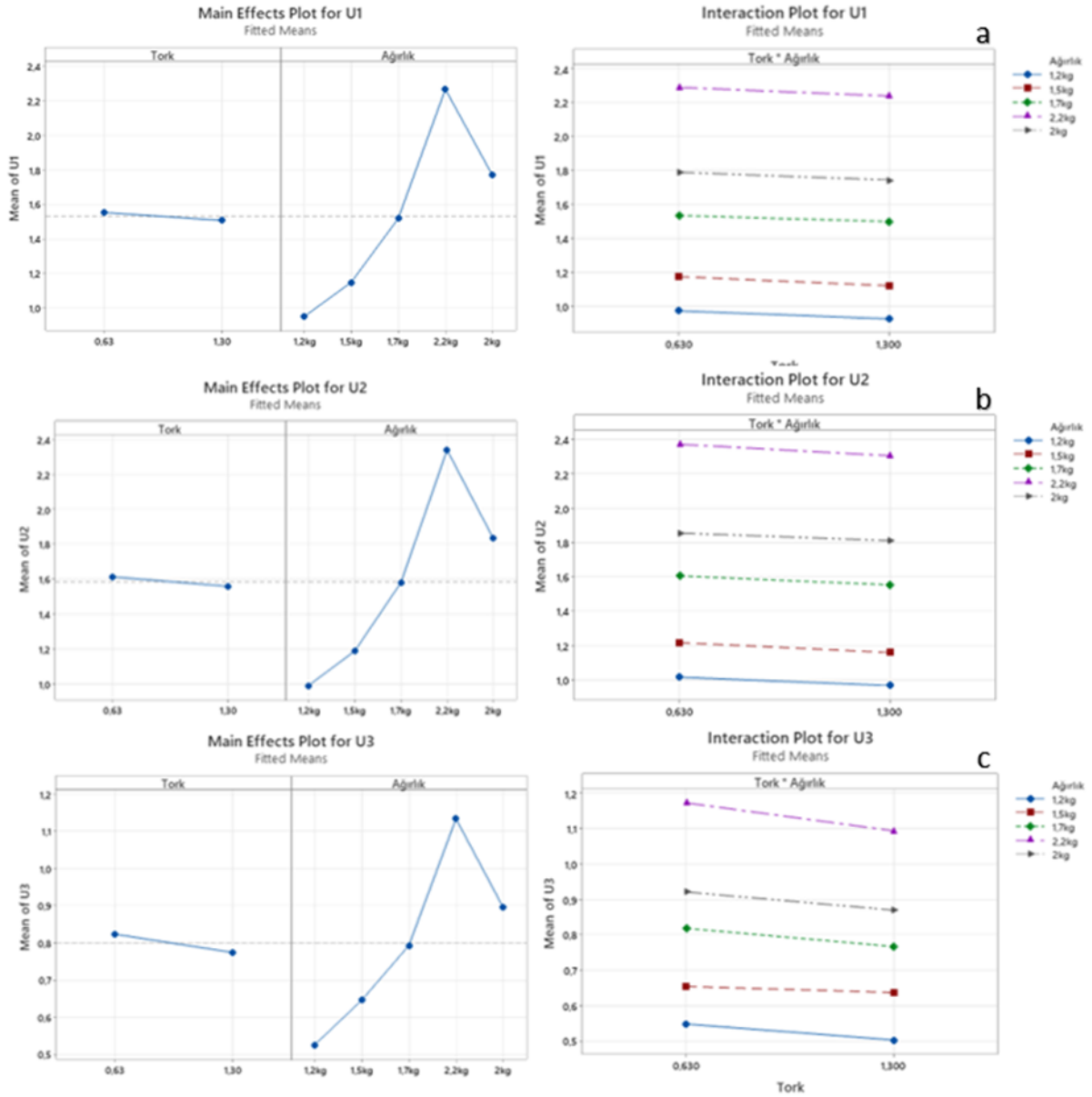
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	1,2kg	16	2,26375 ^a
	1,5kg	16	1,76688 ^b
	1,7kg	16	1,51750 ^c
	2,2kg	16	1,14875 ^d
	2kg	16	0,95063 ^e
U2	1,2kg	16	2,33937 ^a
	1,5kg	16	1,83375 ^b
	1,7kg	16	1,58000 ^c
	2,2kg	16	1,18875 ^d
	2kg	16	0,99187 ^e
U3	1,2kg	16	1,1331 ^a
	1,5kg	16	0,89563 ^b
	1,7kg	16	0,79312 ^c
	2,2kg	16	0,64625 ^d
	2kg	16	0,52625 ^e

Tablo 4.64: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 3-hızlı tork kapama değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	1,5525 ^a
	1,30		1,5065 ^a
U2	0,63	40	1,6138 ^a
	1,30		1,5598 ^a
U3	0,63	40	0,8233 ^a
	1,30		0,7745 ^a

YL türünde hızlı kapatma testlerindeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında yük/ağırlık değişkeninde dört farklı grup oluşturmuştur. Sonuç olarak tüm sehim sonuç değerlerinin ağırlığa bağlı olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da grup oluşturmadığı ve anlamlı farklılaştığı da belirlenmiştir.

Ayrıca Test 3-hızlı kapama deney prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.32’de U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.32: YL malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehimi noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; YL malzemeden yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık olmadığı belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.65: Test 3 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları; açma testleri

Sehim	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	80	1,237 ^a
	MDF	80	0,800 ^b
U2	YL	80	1,281 ^a
	MDF	80	0,860 ^b
U3	YL	80	0,676 ^a
	MDF	80	0,511 ^b

Test 3 deneyinden edinilen sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında hem MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1, U2 ve U3 değerleri malzeme türüne göre anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.66: Test 3 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları; kapama testleri

Sehim	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	80	1,5295 ^a
	MDF	80	1,3180 ^b
U2	YL	80	1,5868 ^a
	MDF	80	1,3913 ^b
U3	YL	80	0,7989 ^a
	MDF	80	0,7776 ^a

Test 3 deneyinden edinilen sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 ve U2 noktasında hem MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1, U2 ve U3 değerleri malzeme türüne göre anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Ancak U3 noktasında her iki malzeme türünde de grup oluşmadığından anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

- Test 4: “Uzatma elemanlarında dayanıklılık testi” bulguları

MDF malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve tekrar sayısı ile 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.67’ de MDF için Test 4 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.67: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3' e ait tanımlayıcı istatistikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı (%)
MDF	U1	Tekrar Ağırlık (kg)	10.000/2,5kg	16	1,811	0,063	1,890	1,740	0,004
			160.000/8kg	16	2,771	0,282	3,070	2,470	0,079
			20.000/2,6kg	16	1,924	0,078	2,020	1,830	0,006
			40.000/3,5kg	16	2,090	0,104	2,210	1,960	0,010
			80.000/6,5kg	16	2,329	0,141	2,490	2,170	0,019
		Tork (N/m)	0,63	40	2,313	0,421	3,070	1,850	0,177
			1,30	40	2,057	0,270	2,530	1,740	0,073
	U2	Tekrar Ağırlık (kg)	10.000/2,5kg	16	1,919	0,066	2,010	1,840	0,004
			160.000/8kg	16	3,757	0,275	4,060	3,460	0,076
			20.000/2,6kg	16	2,073	0,093	2,180	1,950	0,008
			40.000/3,5kg	16	2,406	0,070	2,490	2,310	0,004
			80.000/6,5kg	16	2,958	0,153	3,130	2,790	0,023
		Tork (N/m)	0,63	40	2,74	0,753	4,060	1,960	0,567
			1,30	40	2,496	0,605	3,520	1,840	0,366
	U3	Tekrar Ağırlık (kg)	10.000/2,5kg	16	1,088	0,095	1,210	0,980	0,009
			160.000/8kg	16	1,936	0,139	2,090	1,780	0,019
			20.000/2,6kg	16	1,183	0,087	1,290	1,080	0,007
			40.000/3,5kg	16	1,381	0,083	1,480	1,270	0,006
			80.000/6,5kg	16	1,581	0,087	1,690	1,480	0,007
		Tork (N/m)	0,63	40	1,528	0,322	2,090	1,150	0,104
			1,30	40	1,340	0,292	1,820	0,980	0,085

Test 4 sonuçlarına göre U1 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değer 160.000 tekrarda 8kg yükte 3,07mm iken 0,63 tork değerinde 3,07mm, 1,3 torkta 2,53mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 10.000 tekrarda 2,5kg yükte 1,74mm iken 0,63 tork değerinde 1,85mm, 1,3 torkta 1,74mm olduğu belirlenmiştir.

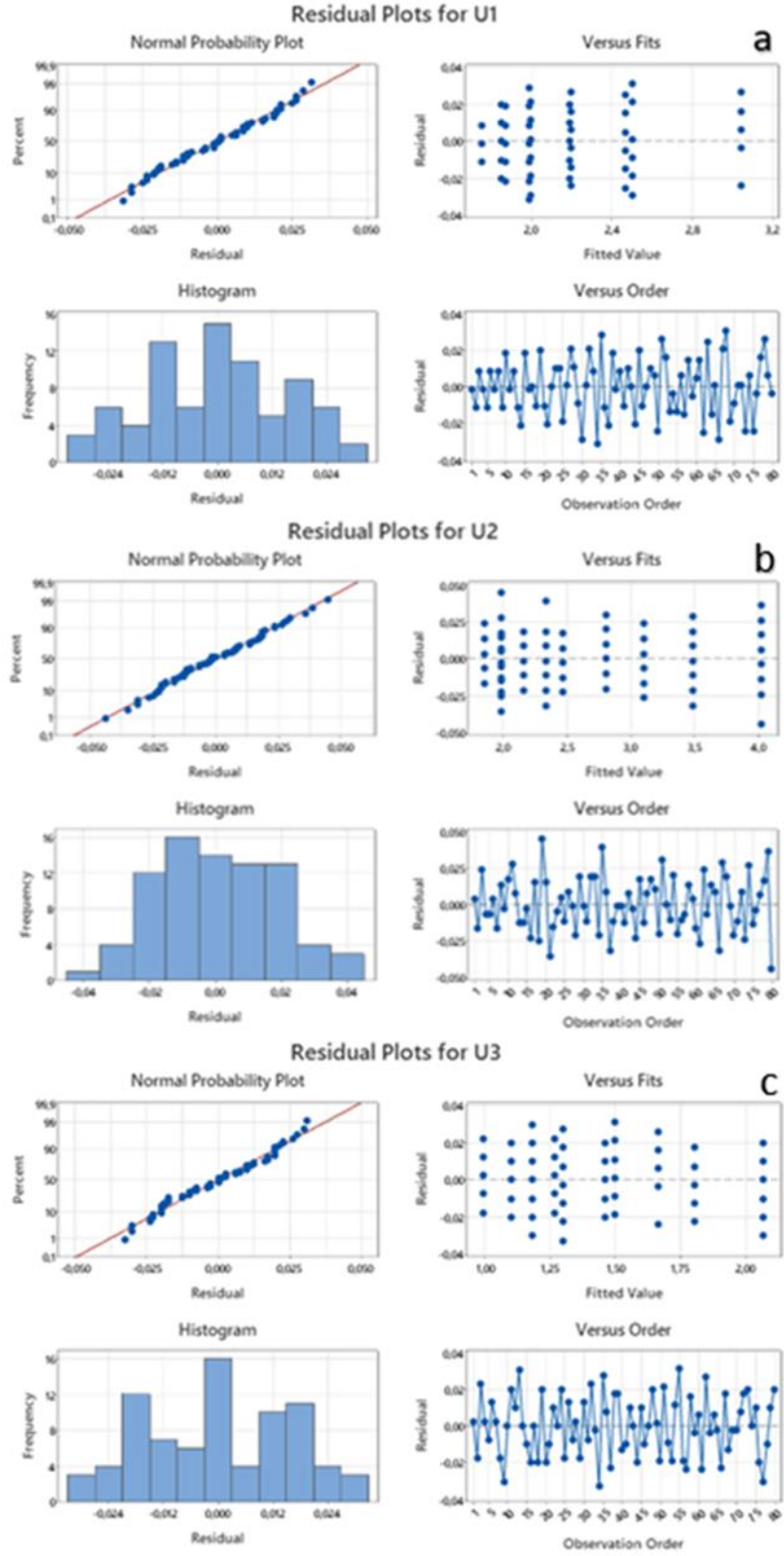
U2 noktasında MDF çekmecelerde okunan en büyük değer 160.000 tekrarda 8kg yükte 4,06mm iken 0,63 tork değerinde 4,06mm, 1,3 torkta 3,52mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 10.000 tekrarda 2,5kg yükte 1,84mm iken 0,63 tork değerinde 1,96mm, 1,3 torkta 1,84mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında MDF çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değer 160.000 tekrarda 8kg yükte 2,09mm iken 0,63 tork değerinde 2,09mm, 1,3 torkta 1,82mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değer 10.000 tekrarda 2,5kg yükte 0,98mm iken 0,63 tork değerinde 1,15mm, 1,3 torkta 0,98mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.33’de histogram veri dağılımının verildiği Test 4 sonuçlarına göre; Tablo 4.68’de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.68: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
MDF	U1	Model	9	11,0834	1,23149	4631,51	0,000
		Birinci Derece	5	10,6153	2,12305	7984,62	0,000
		Tork	1	1,3184	1,31841	4958,43	0,000
		Ağırlık	4	9,2969	2,32421	8741,17	0,000
		İkili	4	0,4681	0,11703	440,13	0,000
		Etkileşimler	4	0,4681	0,11703	440,13	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,4681	0,11703	440,13	0,000
		Hata	70	0,0186	0,00027		
		Toplam	79	11,1020			
	U2	Model	9	11,0834	1,23149	4631,51	0,000
		Birinci Derece	5	10,6153	2,12305	7984,62	0,000
		Tork	1	1,3184	1,31841	4958,43	0,000
		Ağırlık	4	9,2969	2,32421	8741,17	0,000
		İkili	4	0,4681	0,11703	440,13	0,000
		Etkileşimler	4	0,4681	0,11703	440,13	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,4681	0,11703	440,13	0,000
		Hata	70	0,0186	0,00027		
		Toplam	79	11,1020			
	U3	Model	9	8,07648	0,89739	3067,99	0,000
		Birinci Derece	5	8,04356	1,60871	5499,87	0,000
		Tork	1	0,70688	0,70688	2416,68	0,000
		Ağırlık	4	7,33668	1,83417	6270,67	0,000
		İkili	4	0,03292	0,00823	28,14	0,000
		Etkileşimler	4	0,03292	0,00823	28,14	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,03292	0,00823	28,14	0,000
		Hata	70	0,02048	0,00029		
		Toplam	79	8,09695			



Şekil 4.33: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: (a). U1, (b). U2 ve (c). U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1, U2 ve U3 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.69-70).

Tablo 4.69: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

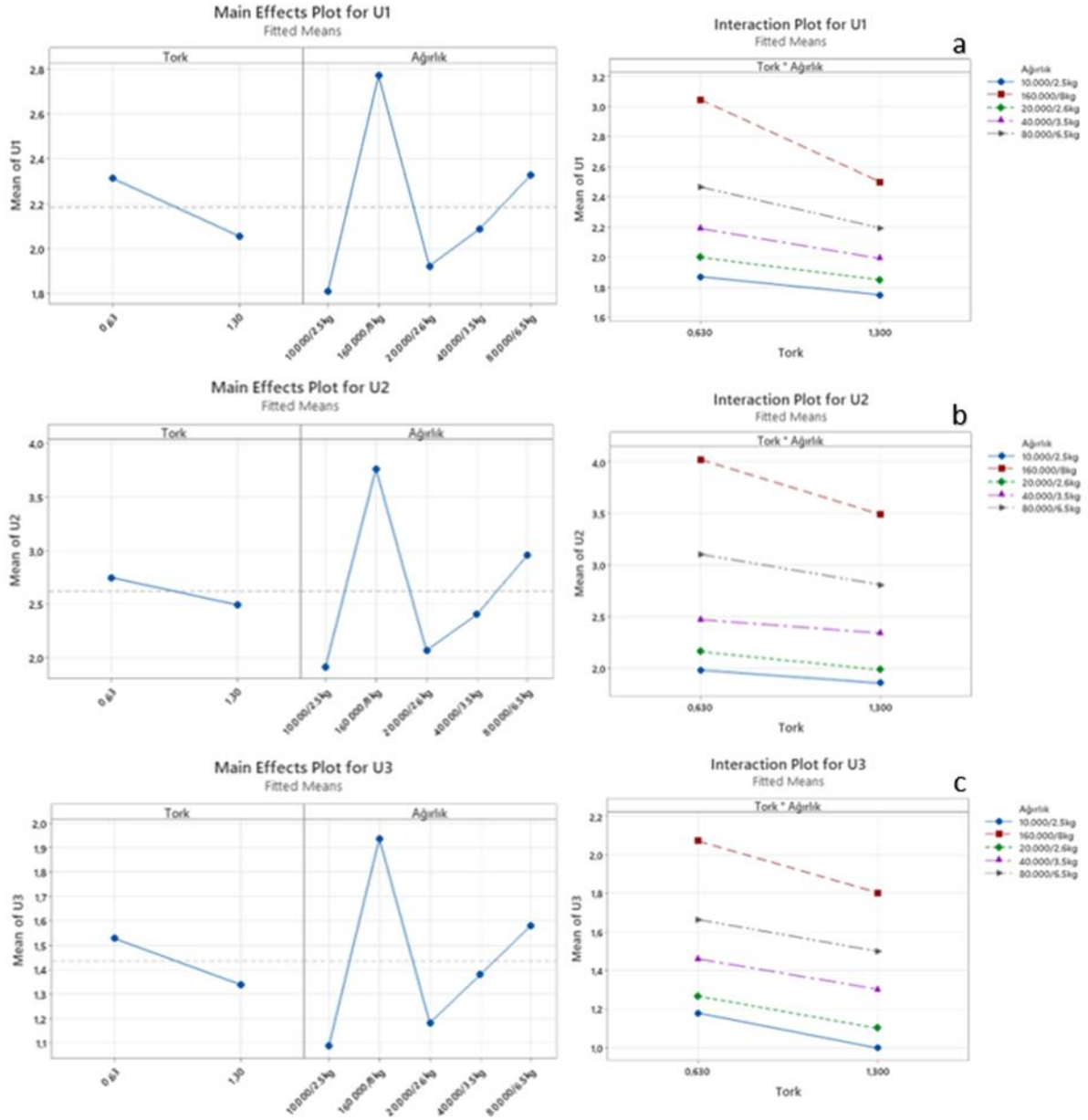
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	160.000/8kg	16	2,7713 ^a
	80.000/6,5kg	16	2,3294 ^b
	40.000/3,5kg	16	2,0906 ^c
	20.000/2,6kg	16	1,9244 ^d
	10.000/2,5kg	16	1,8113 ^d
U2	160.000/8kg	16	3,7575 ^a
	80.000/6,5kg	16	2,9581 ^b
	40.000/3,5kg	16	2,4069 ^c
	20.000/2,6kg	16	2,0731 ^d
	10.000/2,5kg	16	1,9194 ^e
U3	160.000/8kg	16	1,9363 ^a
	80.000/6,5kg	16	1,5813 ^b
	40.000/3,5kg	16	1,3813 ^c
	20.000/2,6kg	16	1,1838 ^d
	10.000/2,5kg	16	1,0887 ^d

Tablo 4.70: MDF türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama	Sehim
U1	0,63	40	2,3137 ^a	2,0570 ^b
	1,30			
U2	0,63	40	2,749 ^a	
	1,30		2,4968 ^a	
U3	0,63	40	1,5282 ^a	1,3402 ^b
	1,30			

MDF türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 ve U3 noktasında tekrar/yük değişkeninde dört farklı grup oluşmuştur. 10.000 tekrarda 2,5kg ağırlık ile 20.000 tekrarda 2,6 kg ağırlık arasında anlamlı bir farklılaşma olmadığı tespit edilmiştir. U2 değerinin ise 4 farklı grup oluşturduğundan anlamlı bir fark oluşturduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda U1 ve U3 değerlerinin torka bağlı olarak da 2 grup oluşturduğu ve anlamlı farklılaştığı da belirlenmiştir. U2 noktasında torka bağlı olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca Test 4 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.34’de U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.34: MDF malzemede (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehim noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; MDF malzemeden yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık olmamasına rağmen U1, U2 ve U3 noktalarında en küçük 10.000 tekrarda 2,5kg ağırlık

sonrasında çıkan sonuçların daha yakın etkileşimde olduğu belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

YL malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve tekrar sayısı ile 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Tablo 4.71’de YL için Test 4 deney sonucunun tanımlamaları verilmiştir.

Tablo 4.71: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3’ e ait tanımlayıcı grafikler.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Değişken		Deney Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Maksimum Değer (mm)	Minimum Değer (mm)	Varyasyon Katsayısı (%)	
MDF	U1	Tekrar Ağırlık (kg)	10.000/2,5kg	16	2,378	0,030	2,420	2,330	0,000	
			160.000/8kg	16	3,753	0,260	4,030	3,480	0,067	
			20.000/2,6kg	16	2,600	0,054	2,670	2,520	0,003	
			40.000/3,5kg	16	2,849	0,053	2,920	2,780	0,002	
			80.000/6,5kg	16	3,155	0,054	3,230	3,080	0,003	
		Tork (N/m)	0,63	40	3,033	0,561	4,030	2,380	0,314	
			1,30	40	2,861	0,412	3,520	2,330	0,170	
		U2	Tekrar Ağırlık (kg)	10.000/2,5kg	16	2,475	0,031	2,520	2,430	0,000
				160.000/8kg	16	4,745	0,264	5,030	4,460	0,070
				20.000/2,6kg	16	2,902	0,159	3,080	2,730	0,025
	40.000/3,5kg			16	3,303	0,153	3,470	3,130	0,023	
	80.000/6,5kg			16	3,926	0,186	4,130	3,720	0,034	
	Tork (N/m)		0,63	40	3,623	0,87	5,030	2,480	0,767	
		1,30	40	3,318	0,739	4,520	2,430	0,547		
	U3	Tekrar Ağırlık (kg)	10.000/2,5kg	16	1,215	0,065	1,300	1,130	0,004	
			160.000/8kg	16	2,903	0,110	3,040	2,770	0,012	
			20.000/2,6kg	16	1,455	0,054	1,530	1,380	0,003	
			40.000/3,5kg	16	1,855	0,054	1,930	1,780	0,003	
			80.000/6,5kg	16	2,178	0,082	2,280	2,080	0,006	
		Tork (N/m)	0,63	40	1,991	0,617	3,040	1,260	0,381	
			1,30	40	1,852	0,581	2,820	1,130	0,338	

Test 4 sonuçlarına göre U1 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değer 160.000 tekrarda 8kg yükte 4,03mm iken 0,63 tork değerinde 4,03mm, 1,3 torkta 3,52mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 10.000 tekrarda 2,5kg yükte 2,33mm iken 0,63 tork değerinde 2,38mm, 1,3 torkta 2,33mm olduğu belirlenmiştir.

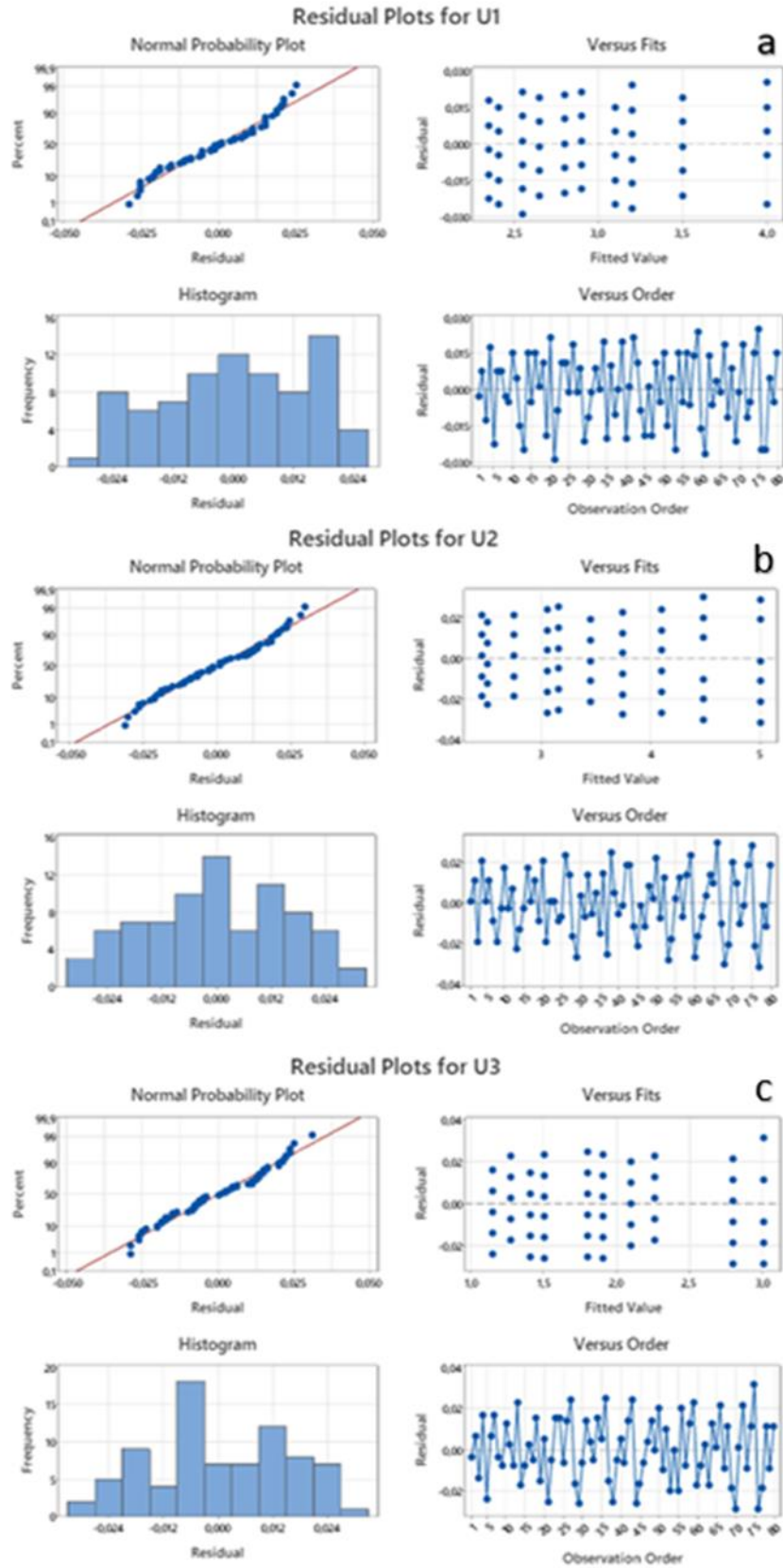
U2 noktasında YL çekmecelerde okunan en büyük değerin 160.000 tekrarda 8kg yükte 5,03mm iken 0,63 tork değerinde 5,03mm, 1,3 torkta 4,52mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 10.000 tekrarda 2,5kg yükte 2,43mm iken 0,63 tork değerinde 2,48mm, 1,3 torkta 2,43mm olduğu belirlenmiştir.

U3 noktasında YL çekmecelerin altlık olarak kullanılan bölümünde okunan en büyük değerin 160.000 tekrarda 8kg yükte 3,04mm iken 0,63 tork değerinde 3,04mm, 1,3 torkta 2,82mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük değerin 10.000 tekrarda 2,5kg yükte 1,13mm iken 0,63 tork değerinde 1,26mm, 1,3 torkta 1,13mm olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.35’de histogram veri dağılımının verildiği Test 4 sonuçlarına göre; Tablo 4.72’de (U1-U2-U3) tork ve ağırlık değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için varyans analizi test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.72: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: U1, U2 ve U3 e ait deney tasarımı uygulamasıyla varyans analizi.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Faktör	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YL	U1	Model	9	19,4875	2,16527	9082,80	0,000
		Birinci Derece	5	18,9293	3,78586	15880,76	0,000
		Tork	1	0,5900	0,58996	2474,74	0,000
		Ağırlık	4	18,3393	4,58484	19232,27	0,000
		İkili	4	0,5582	0,13954	585,33	0,000
		Etkileşimler	4	0,5582	0,13954	585,33	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,5582	0,13954	585,33	0,000
		Hata	70	0,0167	0,00024		
		Toplam	79	19,5041			
	U2	Model	9	53,0953	5,8995	21480,56	0,000
		Birinci Derece	5	52,6608	10,5322	38348,56	0,000
		Tork	1	1,8666	1,8666	6796,48	0,000
		Ağırlık	4	50,7942	12,6985	46236,57	0,000
		İkili	4	0,4345	0,1086	395,55	0,000
		Etkileşimler	4	0,4345	0,1086	395,55	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,4345	0,1086	395,55	0,000
		Hata	70	0,0192	0,0003		
		Toplam	79	53,1146			
	U3	Model	9	28,4290	3,15878	12124,16	0,000
		Birinci Derece	5	28,3951	5,67902	21797,49	0,000
		Tork	1	0,3850	0,38503	1477,84	0,000
		Ağırlık	4	28,0101	7,00252	26877,40	0,000
		İkili	4	0,0339	0,00847	32,49	0,000
		Etkileşimler	4	0,0339	0,00847	32,49	0,000
		Tork*Ağırlık	4	0,0339	0,00847	32,49	0,000
		Hata	70	0,0182	0,00026		
		Toplam	79	28,4472			



Şekil 4.35: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4: (a). U1, (b). U2 ve (c).U3 e ait Normal Dağılım, histogram, uyumlu ve uyumsuz değişkenler.

Analiz sonuçlarına göre sehim sonuçlarının farklılaşması %95 güven düzeyinde U1, U2 ve U3 sehim değerlerinin sonuçları için tork, ağırlık ve ağırlık*tork un anlamlı bir farklılığa sebep olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi tork veya ağırlıktan kaynaklandığı da T testi ile ortaya konmuştur (Tablo 4.73-74).

Tablo 4.73: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 ağırlık değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

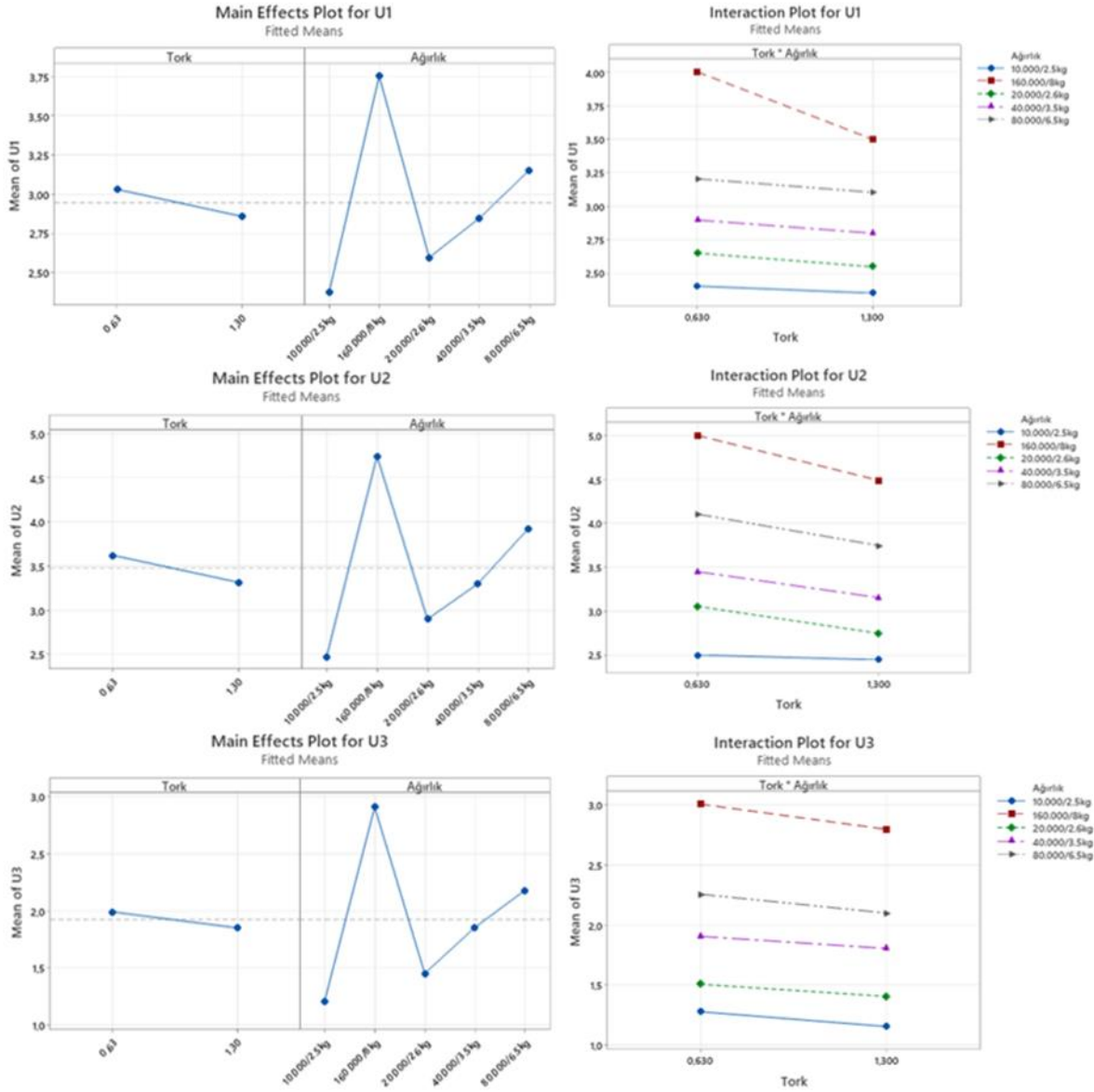
Sehim	Ağırlık	Deney Sayısı	Ortalama
U1	160.000/8kg	16	3,7531 ^a
	80.000/6,5kg	16	3,1556 ^b
	40.000/3,5kg	16	2,8494 ^c
	20.000/2,6kg	16	2,6000 ^d
	10.000/2,5kg	16	2,37875 ^d
U2	160.000/8kg	16	4,7456 ^a
	80.000/6,5kg	16	3,9269 ^b
	40.000/3,5kg	16	3,3031 ^c
	20.000/2,6kg	16	2,9025 ^d
	10.000/2,5kg	16	2,47563 ^e
U3	160.000/8kg	16	2,9038 ^a
	80.000/6,5kg	16	2,1788 ^b
	40.000/3,5kg	16	1,8556 ^c
	20.000/2,6kg	16	1,4556 ^d
	10.000/2,5kg	16	1,2156 ^e

Tablo 4.74: YL türündeki çekmecelere uygulanan Test 4 tork değişkenlerine göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Tork	Deney Sayısı	Ortalama
U1	0,63	40	3,0333 ^a
	1,30		2,8615 ^a
U2	0,63	40	3,623 ^a
	1,30		3,318 ^a
U3	0,63	40	1,9913 ^a
	1,30		1,8525 ^a

YL türünde uygulanan ilk testlerdeki sonuçlara bağlı olarak sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1, U2 ve U3 noktasında tekrar/yük değişkeninde dört farklı grup olduğundan anlamlı bir fark oluşturduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda U1, U2 ve U3 noktasında torka bağlı olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca Test 4 prosedüründe tork, ağırlık ve tork*ağırlığın U1, U2 ve U3 üstüne etkisi istatistik olarak anlamlı olduğu etkileşim grafikleri ile de ortaya konularak Şekil 4.36'da U1, U2 ve U3 tork-ağırlık etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.36: YL malzemed (a). U1, (b). U2, (c). U3 sehîm noktasında ağırlık-tork dağılımı ve ağırlık*tork etkileşimi.

Sonuç olarak; YL malzemedan yapılan çekmece test sonuçlarında ağırlık ve torkta herhangi bir noktada belirlenen bir etkileşim yokken, tork*ağırlık etkileşiminde bir çakışıklık olmamasına rağmen U1, U2 ve U3 noktalarında en küçük 10.000 tekrarda 2,5kg ağırlık sonrasında çıkan sonuçların daha yakın etkileşimde olduğu belirlenmiştir. Buda sonuçların anlamlılığının yakın olduğunu göstermektedir.

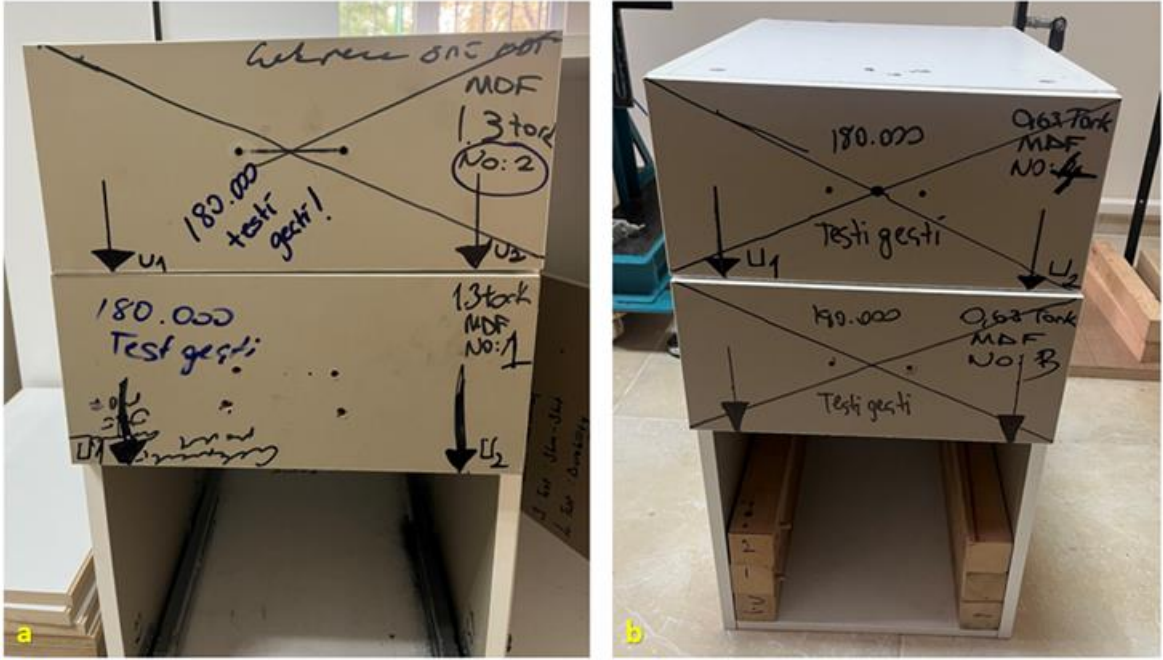
Tablo 4.75: Test 4 malzeme türüne göre sehim değişimini gösteren T testi sonuçları.

Sehim	Malzeme Türü	Deney Sayısı	Ortalama
U1	YL	80	7,91 ^a
	MDF	80	2,1870 ^a
U2	YL	80	3,4708 ^a
	MDF	80	2,6230 ^b
U3	YL	80	1,9219 ^a
	MDF	80	1,4340 ^b

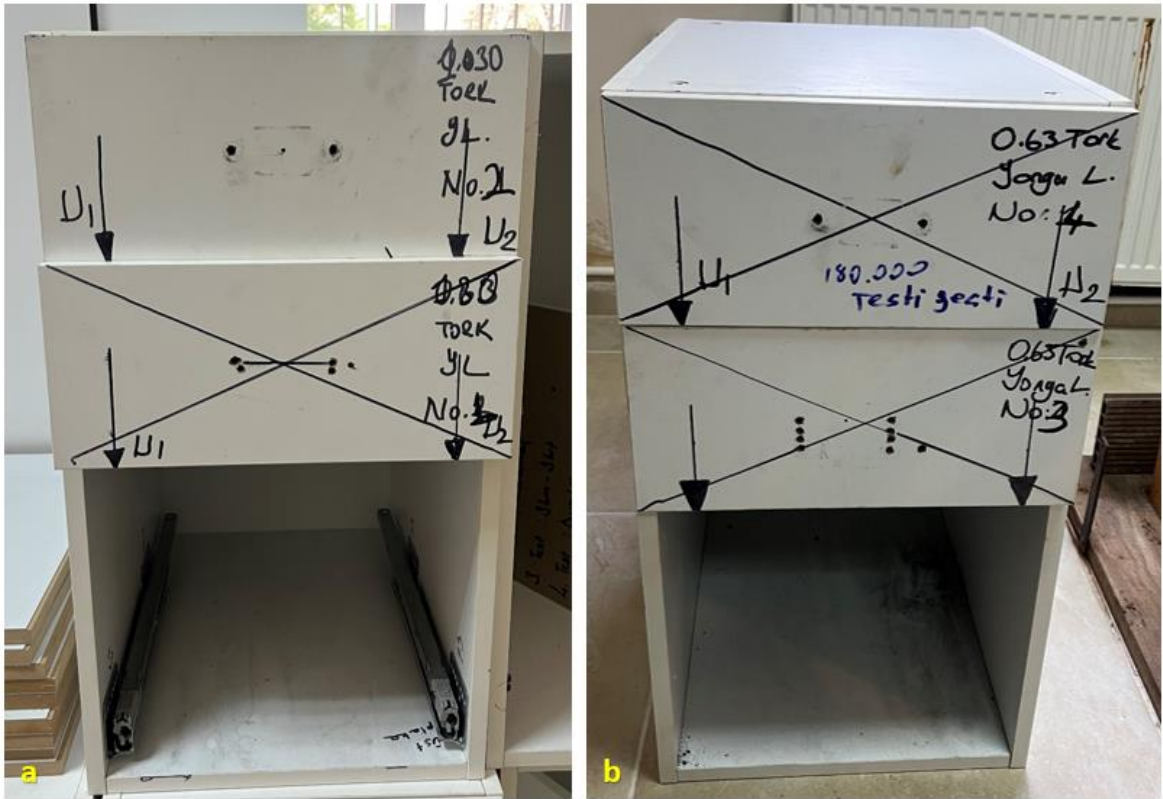
Test 4 deneyinden edinilen sehim değerleri T testi sonuçlarına göre U1 noktasında her iki malzeme için de anlamlı bir fark bulunmadığı, U2 ve U3 noktasında hem MDF hem de YL malzeme türünde 2 grup oluşturmuştur. Sonuç olarak U1 ve U2 değerleri malzeme türüne göre anlamlı bir fark oluştuğu belirlenmiştir.

- Çekmece test sonuçlarına ait genel bulgular

Çalışma kapsamında MDF ve YL malzemeden yapılan çekmeceli mutfak dolabı mobilyası numunelerine standartlara uygun 4 test uygulanmıştır. Testler ardı ardına yapılmış, komparatör cihazı ile hassas ölçüm kaydedilmiştir. FEM verileri ile karşılaştırma yapmak için de ayrıca her test için ayrı ayrı ölçüm de alınarak farklar oluşturulmuştur. Deney sonuçlarına göre çekmece numuneler tüm testleri geçerek deney prosedürünün tamamını tamamlamıştır. Şekil 4.37’de çekmeceli mutfak mobilyası numunelerinin MDF ve YL cinsinden son test bitimindeki görselleri tork cinsine göre ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 4.37: Çekmecelerin test bitimindeki son durumu; (a). MDF- 1,3N/m (b). MDF 0,63 N/m.



Şekil 4.38: Çekmecelerin test bitimindeki son durumu; (a). YL 1,3N/m (b). YL 0,63 N/m.

4.3. MUTFAK MOBİLYA MODELLERİNE UYGULANAN FEM SONUÇLARINA AİT BULGULAR

Standartlara uygun şekilde modellenen kapak ve çekmece modülleri sonlu elemanlar analizine tabii tutularak her test yöntemi için ayrı ayrı incelenmiştir. Deney sonuçları tablolar halinde belirtilmiş olup, her deneyi örnekleyecek görseller paylaşılarak tablolarda da belirtilmiştir.

4.3.1. Kapak Testlerine Ait FEM Bulguları

- Test 1: “Düşey Yükleme” bulguları

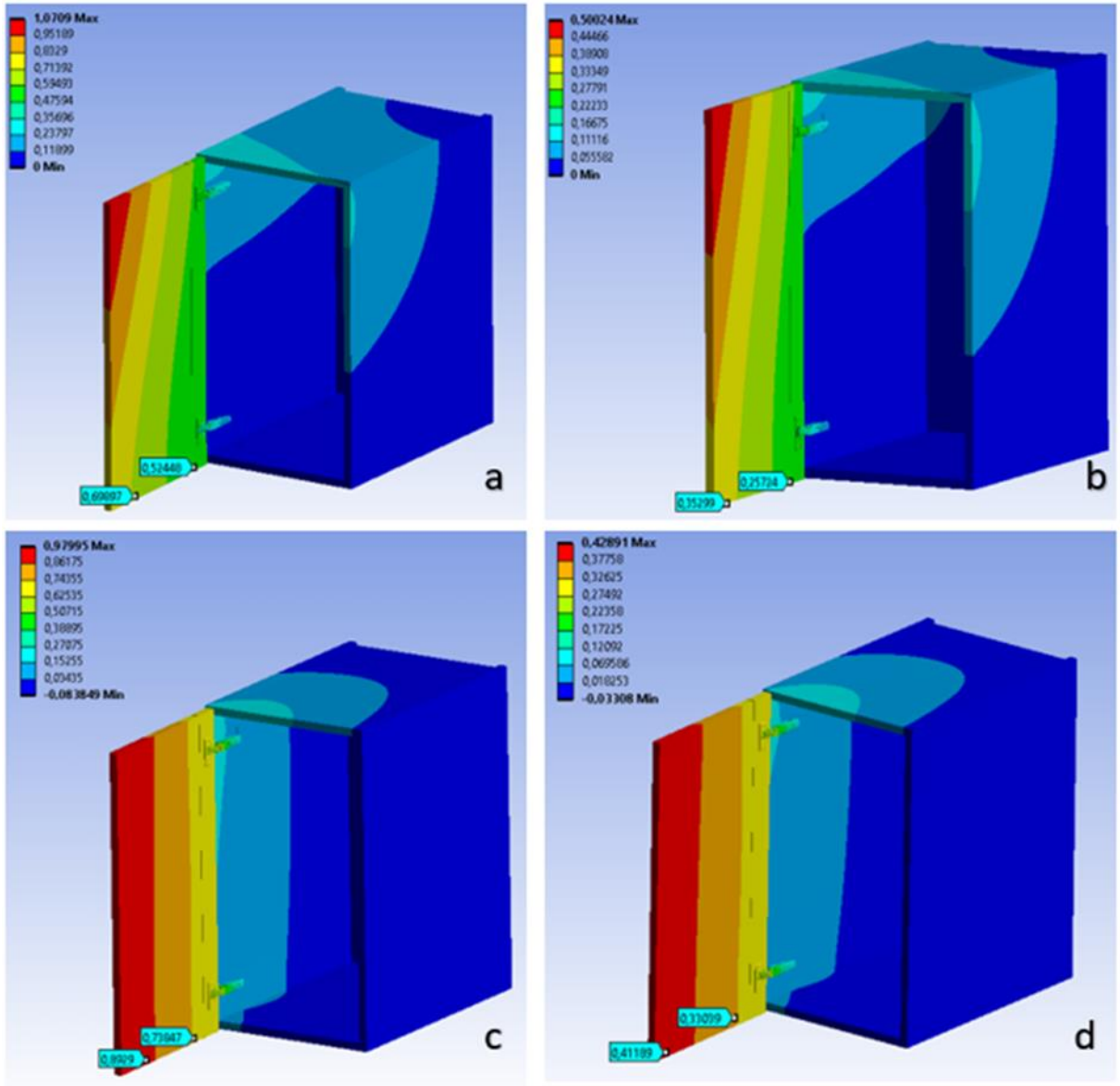
MDF ve YL malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Düşey Yükleme Testlerine ait FEM analiz sonuçları Tablo 4.76’da olduğu gibidir.

Tablo 4.76: MDF ve YL kapakların Test 1 Düşey Yükleme’ye ait FEM sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Tork(N/m)	Test 1 (Ağırlık/kg)				
			10	15	25	30	45
MDF	U1	1,3	0,34	0,46	0,71★	0,84	1,20
		0,63	0,35★	0,70	0,84	0,85	1,24
	U2	1,3	0,25	0,34	0,52★	0,61	0,90
		0,63	0,26★	0,36	0,53	0,63	0,92
YL	U1	1,3	0,38	0,56	0,89★	1,05	1,25
		0,63	0,41★	0,59	0,90	1,15	1,60
	U2	1,3	0,31	0,45	0,74★	0,89	0,99
		0,63	0,33★	0,47	0,77	0,93	1,29

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

MDF malzemeli kapakların YL malzemeli olanlara göre her iki sehim noktasında da deformasyonunun daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca malzeme fark etmeksizin etkili ağırlıkla 1,3 tork ile vidalanmış kapaklardaki sehimin 0,63 torktan daha az olduğu da ortaya çıkmıştır. Tablonun görselleştirilmesi amacıyla FEM analiz sonuçlarından rastgele seçilen 25kg yüklemede 1,3 tork ile 10kg yüklemede 0,63 tork ile vidalanmış MDF ve YL malzemeli kapakların görselleri Şekil 4.39’daki gibi belirtilmiştir.



Şekil 4.39: (a). 25kg yüklemde 1,3 tork, MDF malzeme (b). 10kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 25kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 10kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.

- Test 2: “Yatay Yükleme” bulguları

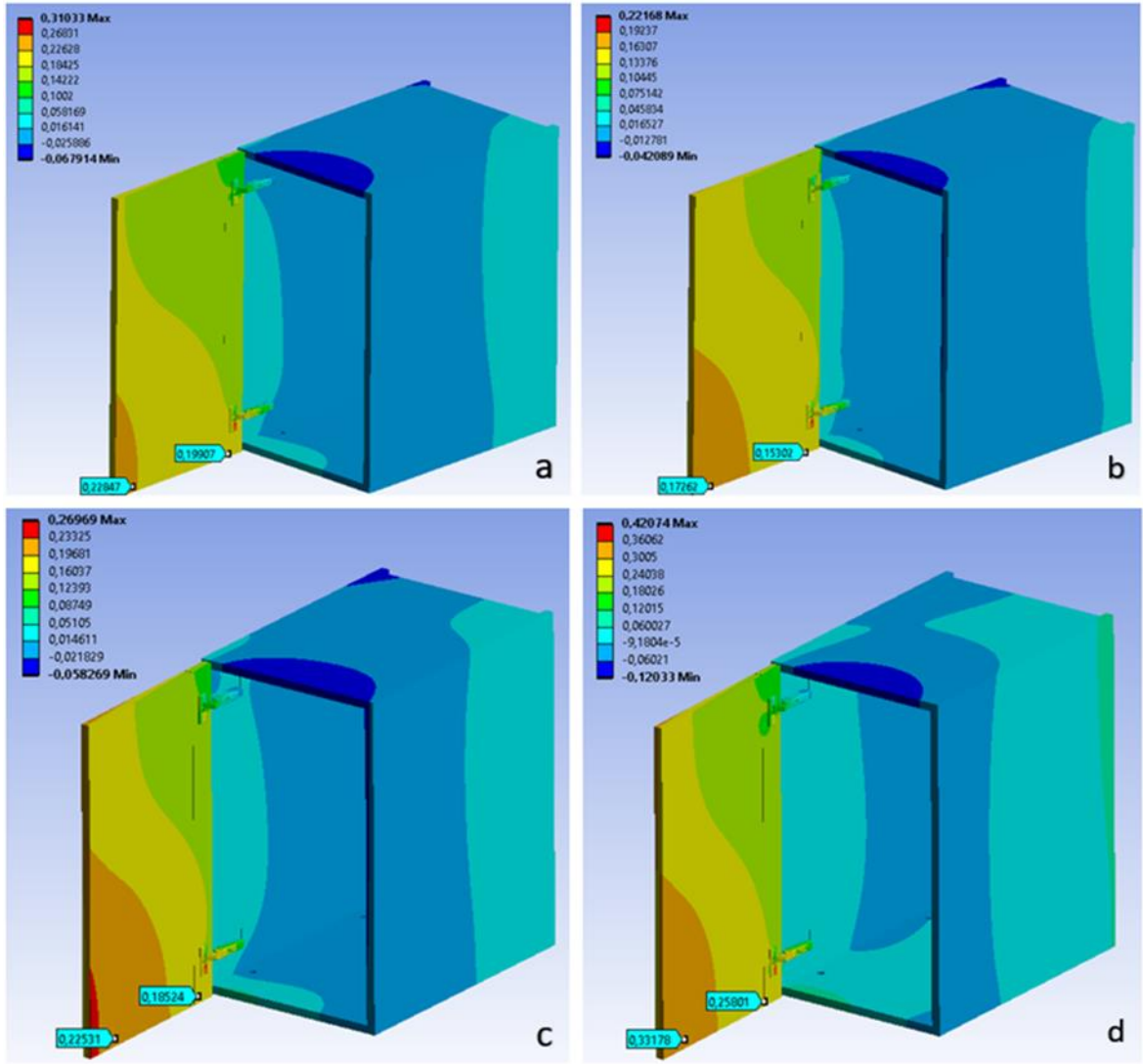
MDF ve yonga levha malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 4 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Yatay Yükleme Testlerine ait FEM analiz sonuçları Tablo 4.77’de olduğu gibidir.

Tablo 4.77: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 2 (Yatay Yükleme) ait sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Tork(N/m)	Test 2 (N)			
			50	60	70	80
MDF	U1	1,3	0,14	0,16	0,18	0,19★
		0,63	0,15★	0,16	0,18	0,20
	U2	1,3	0,16	0,18	0,21	0,22★
		0,63	0,17★	0,19	0,21	0,23
YL	U1	1,3	0,18★	0,20	0,23	0,25
		0,63	0,18	0,21	0,24	0,26★
	U2	1,3	0,22★	0,26	0,29	0,32
		0,63	0,23	0,27	0,30	0,33★

★ : Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

MDF malzemeli kapakların YL malzemeli olanlara göre her iki sehim noktasında da deformasyonunun daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca malzeme fark etmeksizin etkili ağırlıkla 1,3 tork ile vidalanmış kapaklardaki sehimin 0,63 torktan daha az olduğu da ortaya çıkmıştır. Tablonun görselleştirilmesi amacıyla FEM analiz sonuçlarından rastgele seçilen 250N yüklemede 1,3 tork ile 80N yüklemede 0,63 tork ile vidalanmış MDF ve YL malzemeli kapakların görselleri Şekil 4.40'daki gibi belirtilmiştir.



Şekil 4.40: (a). 80N yüklemde 1,3 tork, MDF malzeme (b). 50N yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 50N yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 80N yüklemde 0,63 tork YL malzeme.

- Test 3: “Sert Açma-Kapama” bulguları

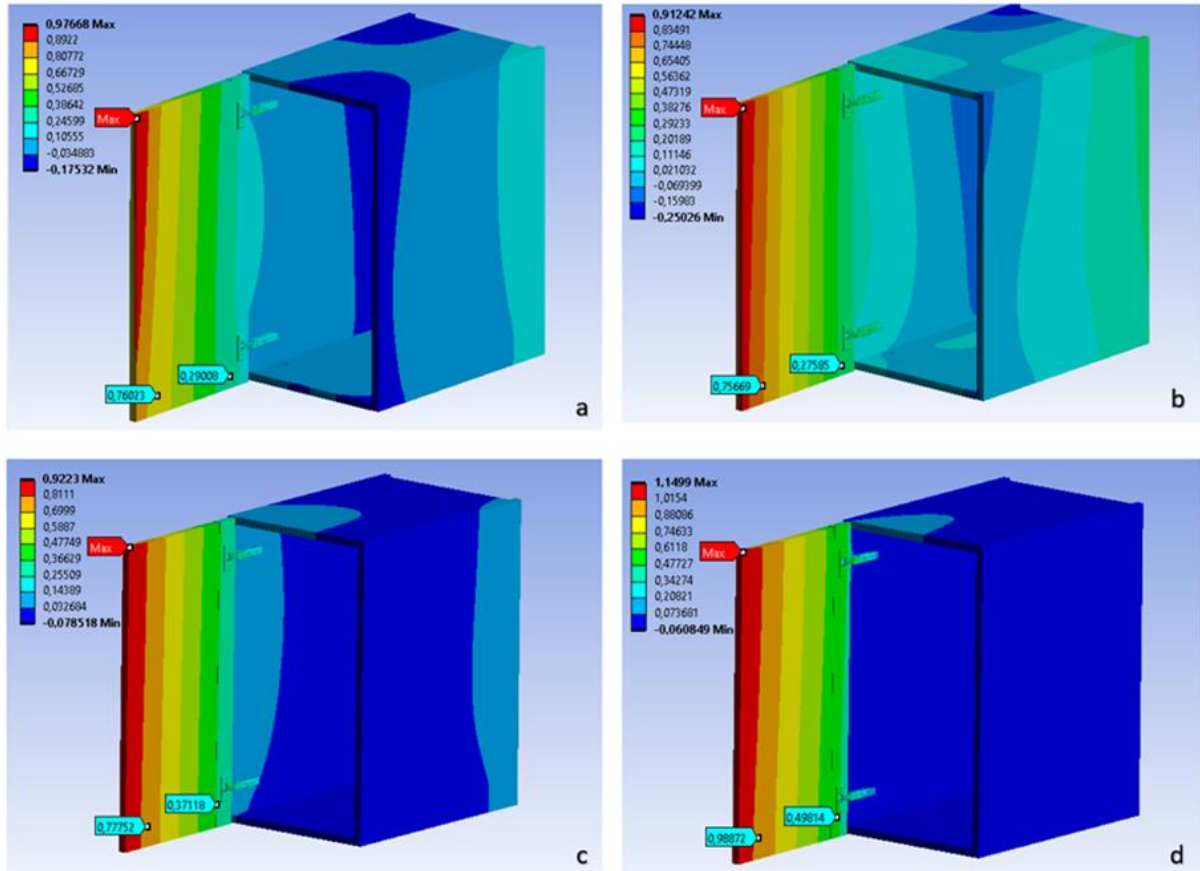
MDF ve YL malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Sert Açma-Kapama Testlerine ait FEM analiz sonuçları Tablo 4.78’de olduğu gibidir.

Tablo 4.78: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 3 (Sert Açma-Kapama) sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Tork(N/m)	Test 3 (Ağırlık/N)				
			2	2	3	4	6
MDF	U1	1,3	0,34	0,57	0,60	0,74	0,76★
		0,63	0,39	0,56	0,62	0,75 ★	0,84
	U2	1,3	0,14	0,18	0,22	0,26	0,29★
		0,63	0,14	0,19	0,25	0,27 ★	0,36
YL	U1	1,3	0,39	0,50	0,65	0,77★	0,90
		0,63	0,49	0,57	0,67	0,80	0,98★
	U2	1,3	0,23	0,29	0,39	0,37★	0,42
		0,63	0,25	0,32	0,37	0,46	0,49★

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

MDF malzemeli kapakların YL malzemeli olanlara göre her iki sehim noktasında da deformasyonunun daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca malzeme fark etmeksizin etkili ağırlıkla 1,3 tork ile vidalanmış kapaklardaki sehimin 0,63 torktan daha az olduğu da ortaya çıkmıştır. Tablonun görselleştirilmesi amacıyla FEM analiz sonuçlarından rastgele seçilen 4kg yüklemde 1,3 tork ve 0,63 ile 6kg yüklemde 0,63 tork ve 1,3 ile vidalanmış MDF ve YL malzemeli kapakların görselleri Şekil 4.41'deki gibi belirtilmiştir.

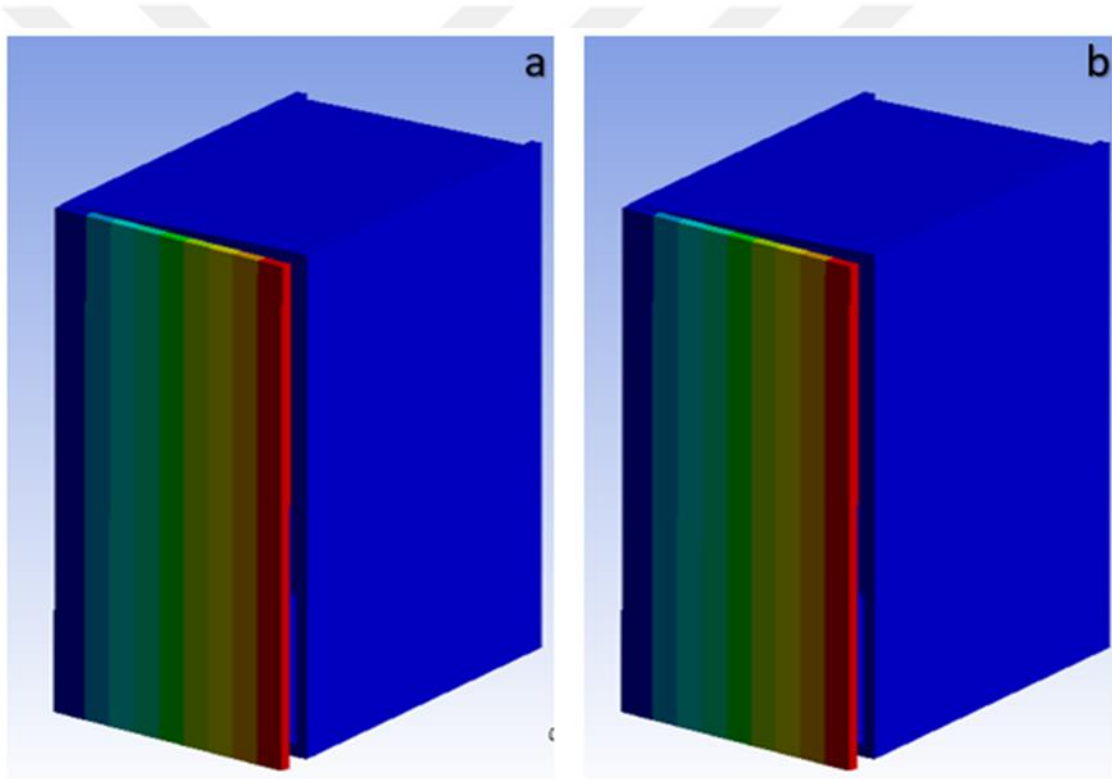


Şekil 4.41: (a). 6kg yüklemde 1,3 tork, MDF malzeme (b). 4kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 4kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 6kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.

- Test 4: “Dayanıklılık” bulguları

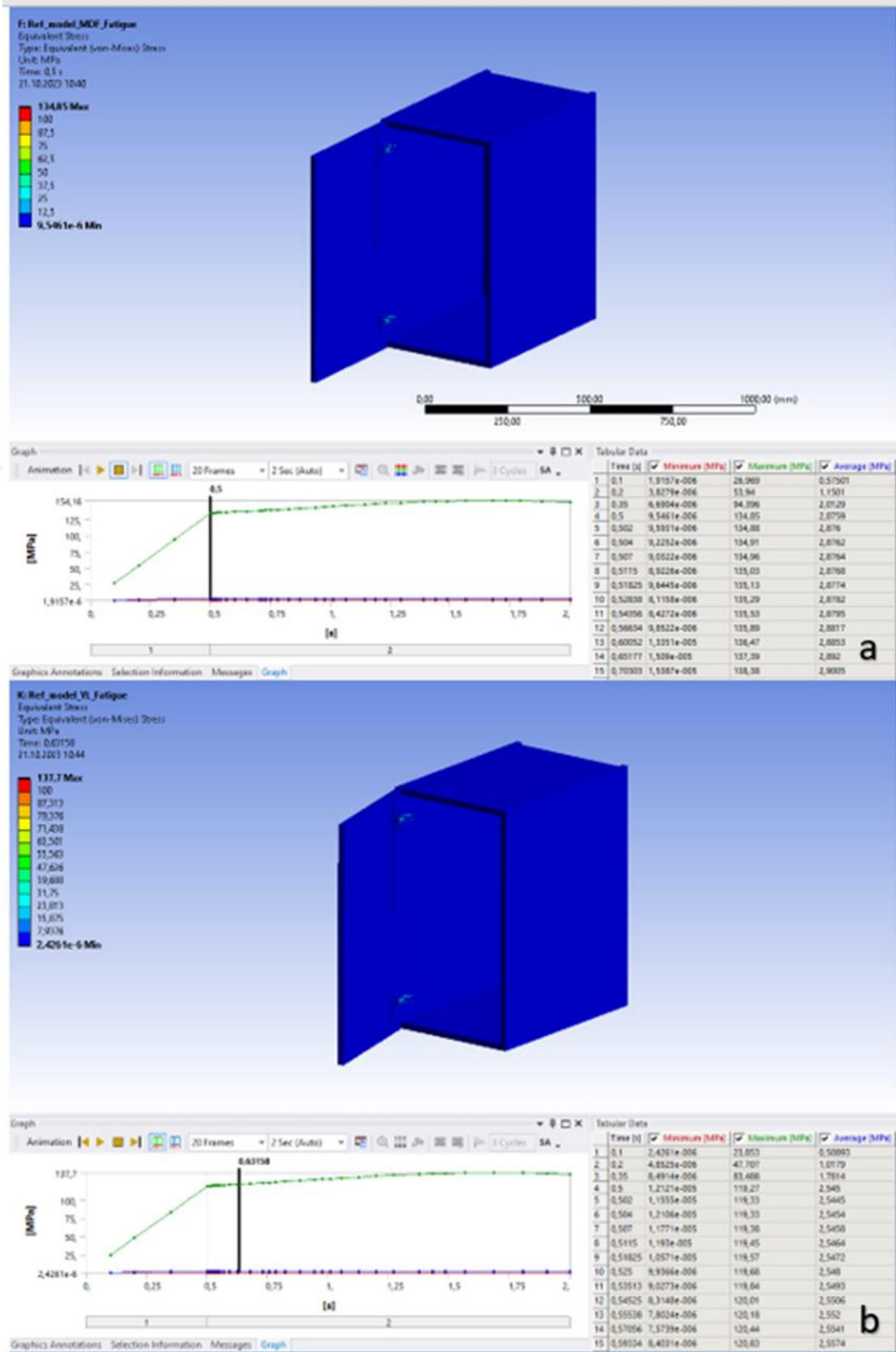
MDF ve YL malzemeden yapılmış her dolap kapağına uygulanan bu test prosedürünün sonuçlarına göre menteşe ve pim malzeme özelliklerinden yani bağlantı elemanları kullanılarak yapılan bu testte de gerçek testlerde olduğu gibi plastik sınırını geçerek deforme olması söz konusudur. Deformasyonlar genelde menteşe ve menteşeyi oluşturan parçalarda görülmüş olup yaklaşık 1 milyon tekrardan sonra yüksek deformasyonlara çıktığı belirlenmiştir.

Deformasyonun ise MDF ve YL malzeme için de 3-5mm olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Deformasyonun özellikle menteşe ve menteşe ile kapak birleşme bölgesinde olması kapağın yer değiştirmesine direkt sebep olmuştur (Şekil 4.42).



Şekil 4.42: Fatigue analiz sonucunda kapakta meydana gelen örnek sehim görseli; (a).MDF, (b). YL.

Burada MDF malzemelerde kapak açıkken 83-87 MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 93-95MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde bu değer 135MPa’a çıktığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.43 a.). YL malzemelerde ise kapak açıkken 63-65 MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 81-84MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde bu değer 119MPa’a çıktığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.43 b.).



Şekil 4.43: Fatigue analize ait strese bağlı bulgular; (a). MDF malzemeli kapaklar, (b). YL malzemeli kapaklar.

4.3.2. Çekmece Testlerine Ait FEM Bulguları

- Test 1: “Uzatma elemanları mukavemet testi” bulguları

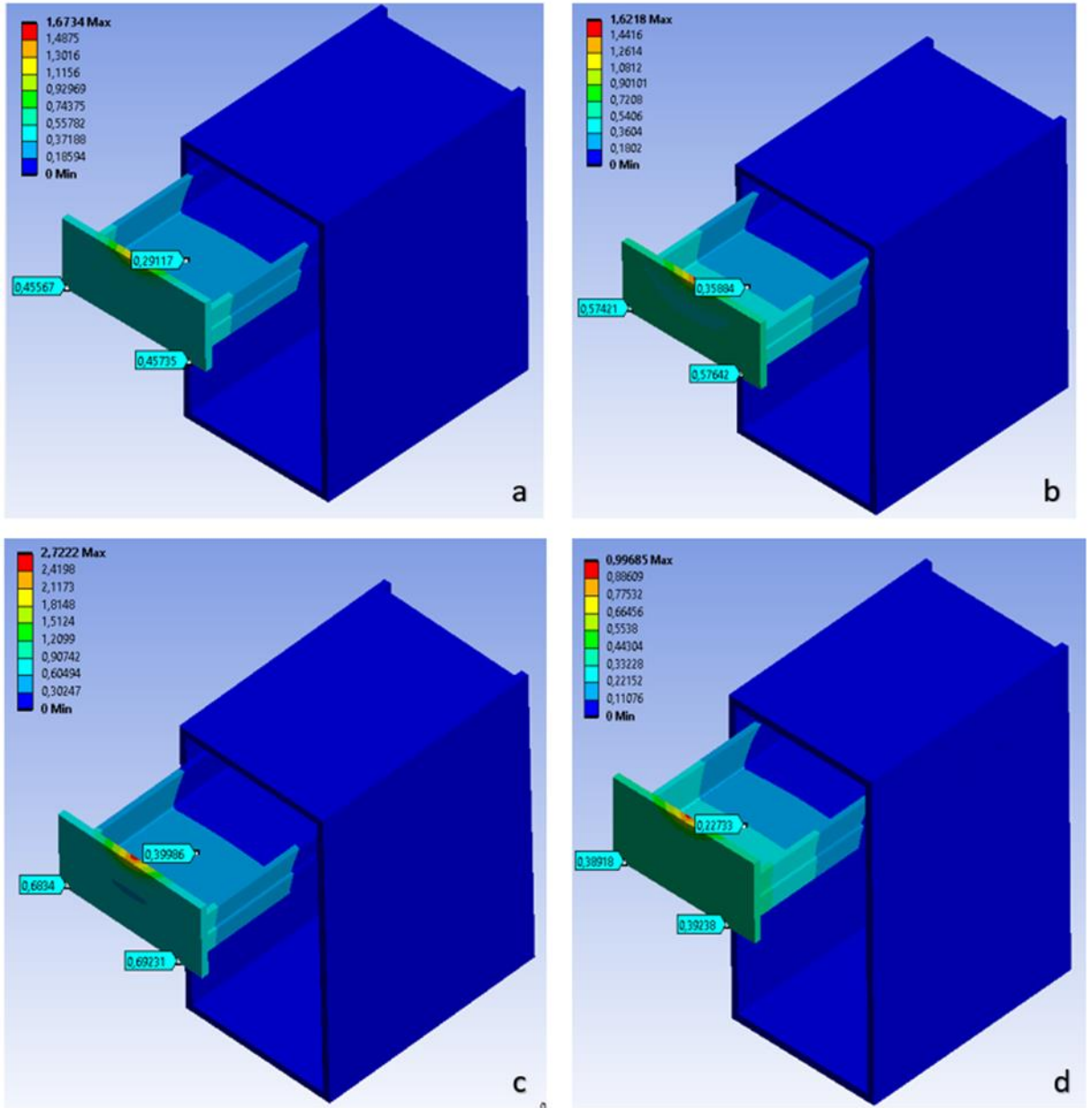
MDF ve YL malzemeden yapılmış her çekmeceye uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Uzatma elemanları mukavemet testlerine ait FEM analiz sonuçları Tablo 4.79’da verilmiştir.

Tablo 4.79: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 1 (Uzatma elemanları mukavemet testi) sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Tork(N/m)	Test 1 (Ağırlık/N)				
			100N/ 2,5kg	150N/ 2,5kg	250N/ 3,5kg	300N/ 6,5kg	450N/ 8,5kg
MDF	U1	1,3	0,29	0,34★	0,57	0,66	0,95
		0,63	0,29	0,39	0,57★	0,80	0,85
	U2	1,3	0,29	0,34★	0,57★	0,66	0,96
		0,63	0,30	0,39	0,57	0,81	0,97
	U3	1,3	0,16	0,18★	0,34	0,38	0,51
		0,63	0,17	0,20	0,34★	0,38	0,52
YL	U1	1,3	0,34	0,45	0,68★	0,79	1,17
		0,63	0,34	0,45★	0,69	0,80	1,17
	U2	1,3	0,34	0,45	0,69★	0,81	1,18
		0,63	0,34	0,47★	0,69	0,82	1,19
	U3	1,3	0,18	0,29	0,39★	0,44	0,60
		0,63	0,20	0,25★	0,41	0,45	0,61

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

MDF malzemeli çekmecelerin YL malzemeli olanlara göre her iki sehim noktasında da deformasyonunun daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca malzeme farketmeksizin etkili ağırlıkla 1,3 tork ile vidalanmış kapaklardaki sehimin 0,63 torktan daha az olduğu da ortaya çıkmıştır. Tablonun görselleştirilmesi amacıyla FEM analiz sonuçlarından rastgele seçilen 150N/2,5kg yüklemede 1,3 tork ve 0,63 ile 250N/3,5kg yüklemede 0,63 tork ve 1,3 ile vidalanmış MDF ve YL malzemeli kapakların görselleri Şekil 4.44’deki gibi belirtilmiştir.



Şekil 4.44: (a). 150N/2,5kg yüklemde 1,3 tork MDF malzeme (b). 250N/3,5kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 250N/3,5kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 150N/2,5kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.

- Test 2: “Uzatma elemanları yer değiştirme testi” bulguları

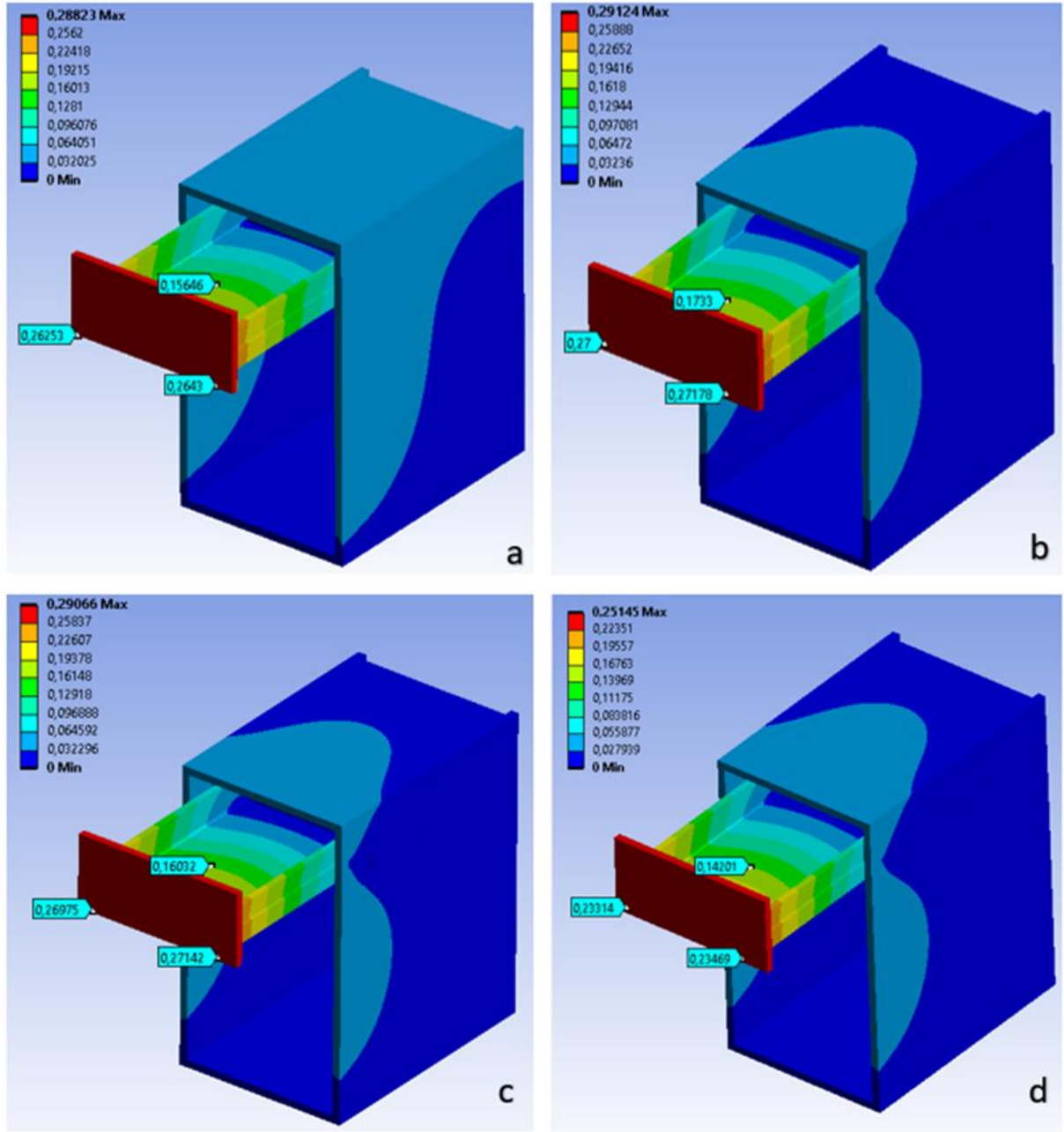
MDF ve YL malzemeden yapılmış her çekmeceye uygulanan bu test prosedürünün sonuçları 5 farklı yükleme ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Uzatma elemanları mukavemet Testlerine ait FEM analiz sonuçları Tablo 4.80’de olduğu gibidir.

Tablo 4.80: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 2 (Uzatma elemanları yer değiştirme testi) sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Tork(N/m)	Test 2 (Ağırlık/N)				
			30N/ 2,5kg	40N/ 2,5kg	60N/ 3,5kg	70N/ 6,5kg	80N/ 8kg
MDF	U1	1,3	0,17	0,19	0,23★	0,23	0,26
		0,63	0,17	0,22	0,23	0,24	0,27★
	U2	1,3	0,17	0,19	0,23★	0,24	0,27
		0,63	0,17	0,22	0,23	0,24	0,27★
	U3	1,3	0,11	0,12	0,13★	0,14	0,16
		0,63	0,12	0,13	0,13	0,15	0,17★
YL	U1	1,3	0,19	0,21	0,26	0,27	0,30★
		0,63	0,19	0,22	0,26★	0,28	0,30
	U2	1,3	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30★
		0,63	0,19	0,22	0,27★	0,28	0,30
	U3	1,3	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19★
		0,63	0,23	0,13	0,15★	0,17	0,19

★ : Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

MDF malzemeli çekmecelerin YL malzemeli olanlara göre her iki sehim noktasında da deformasyonunun daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca malzeme fark etmeksizin etkili ağırlıkla 1,3 tork ile vidalanmış kapaklardaki sehimin 0,63 torktan daha az olduğu da ortaya çıkmıştır. Tablonun görselleştirilmesi amacıyla FEM analiz sonuçlarından rastgele seçilen 150N/2,5kg yüklemede 1,3 tork ve 0,63 ile 250N/3,5kg yüklemede 0,63 tork ve 1,3 ile vidalanmış MDF ve YL malzemeli çekmecelerin görselleri Şekil 4.45’ deki gibi belirtilmiştir.



Şekil 4.45: (a). 60N/3,5kg yüklemde 1,3 tork MDF malzeme (b). 80N/8kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 80N/8kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 60N/3,5kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.

- Test 3: “Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı açma kapama testi” sonuçları

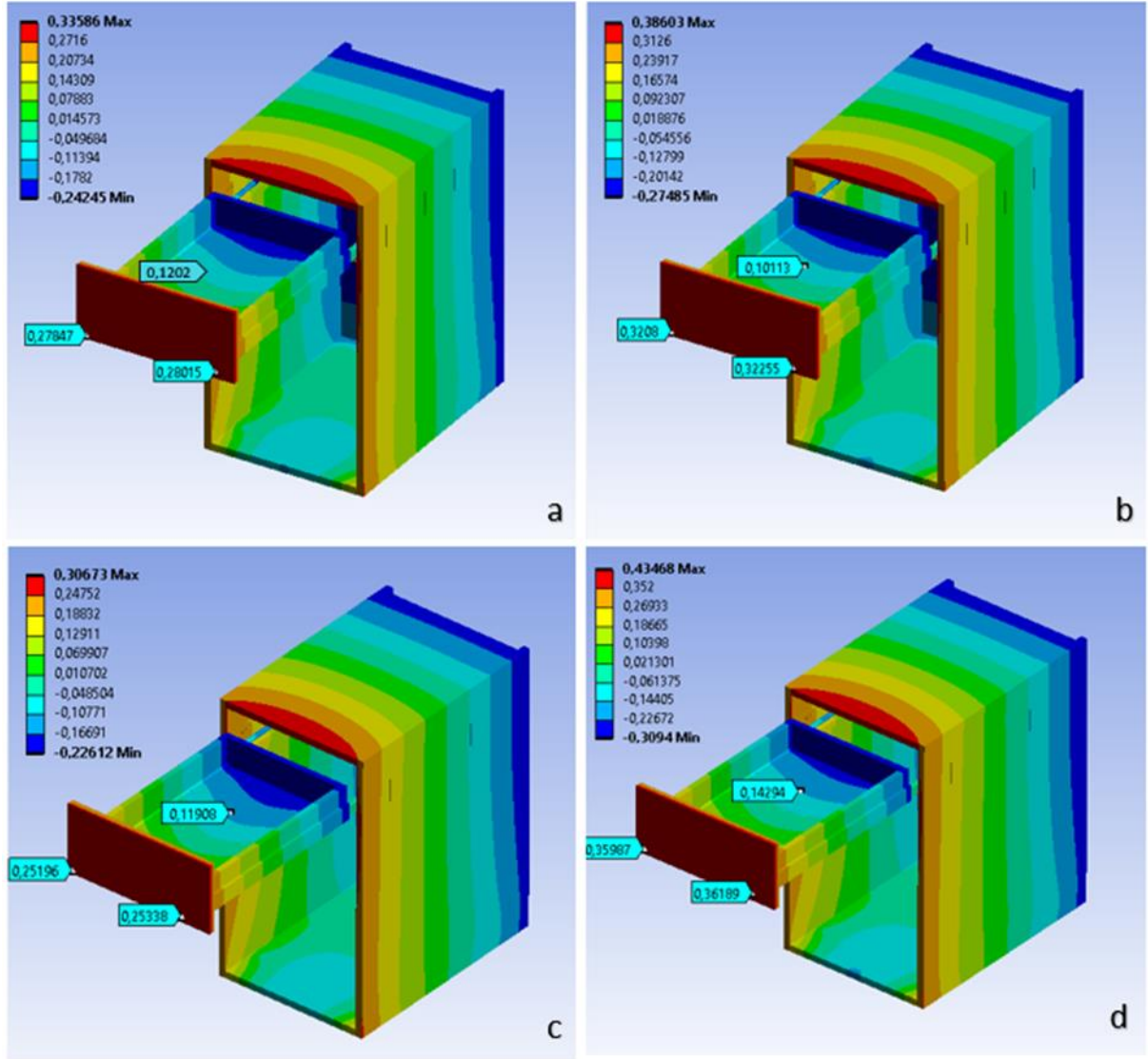
MDF ve yonga levha malzemeden yapılmış her çekmeceye uygulanan bu test prosedürü hızlı açma ve hızlı kapatma olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Sonuçlar 5 farklı yüklem ve 2 farklı tork değeri ile ortaya konmuştur. Uzatma elemanları mukavemet testlerine ait FEM analiz sonuçları Tablo 4.81’de uzatma elemanlarında hızlı kapama ve Tablo 4.82’de uzatma elemanlarında hızlı açma için verilmiştir.

Tablo 4.81: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı kapama testi) sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Tork(N/m)	Test 3 (Ağırlık/N)				
			1,29	1,5	1,78	2	2,26
M D F	U1	1,3	0,18	0,22	0,27★	0,31	0,36
		0,63	0,18	0,22	0,28	0,32★	0,37
★	U2	1,3	0,18	0,22	0,28★	0,31	0,36
		0,63	0,18	0,22	0,28	0,32★	0,37
	U3	1,3	0,07	0,08	0,09★	0,10	0,11
		0,63	0,07	0,09	0,10	0,10★	0,12
YL	U1	1,3	0,20	0,25★	0,30	0,35	0,41
		0,63	0,21	0,25	0,30	0,36★	0,41
	U2	1,3	0,21	0,25★	0,26	0,36	0,41
		0,63	0,20	0,26	0,30	0,36★	0,41
	U3	1,3	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15
		0,63	0,10	0,11★	0,12	0,14★	0,16

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

MDF malzemeli çekmecelerin YL malzemeli olanlara göre her iki sehim noktasında da deformasyonunun daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca malzeme farketmeksizin etkili ağırlıkla 1,3 tork ile vidalanmış kapaklardaki sehimin 0,63 torktan daha az olduğu da ortaya çıkmıştır. Tablonun görselleştirilmesi amacıyla FEM analiz sonuçlarından rastgele seçilen 1,78kg yüklemde 1,3 tork ve 0,63 ile 2,26kg yüklemde 0,63 tork ve 1,3 ile vidalanmış MDF ve YL yine rastgele seçilen 1,5kg yüklemde 1,3 tork ve 0,63 ile 2kg yüklemde 0,63 tork ve 1,3 ile vidalanmış malzemeli çekmecelerin görselleri Şekil 4.46'daki verilmiştir.



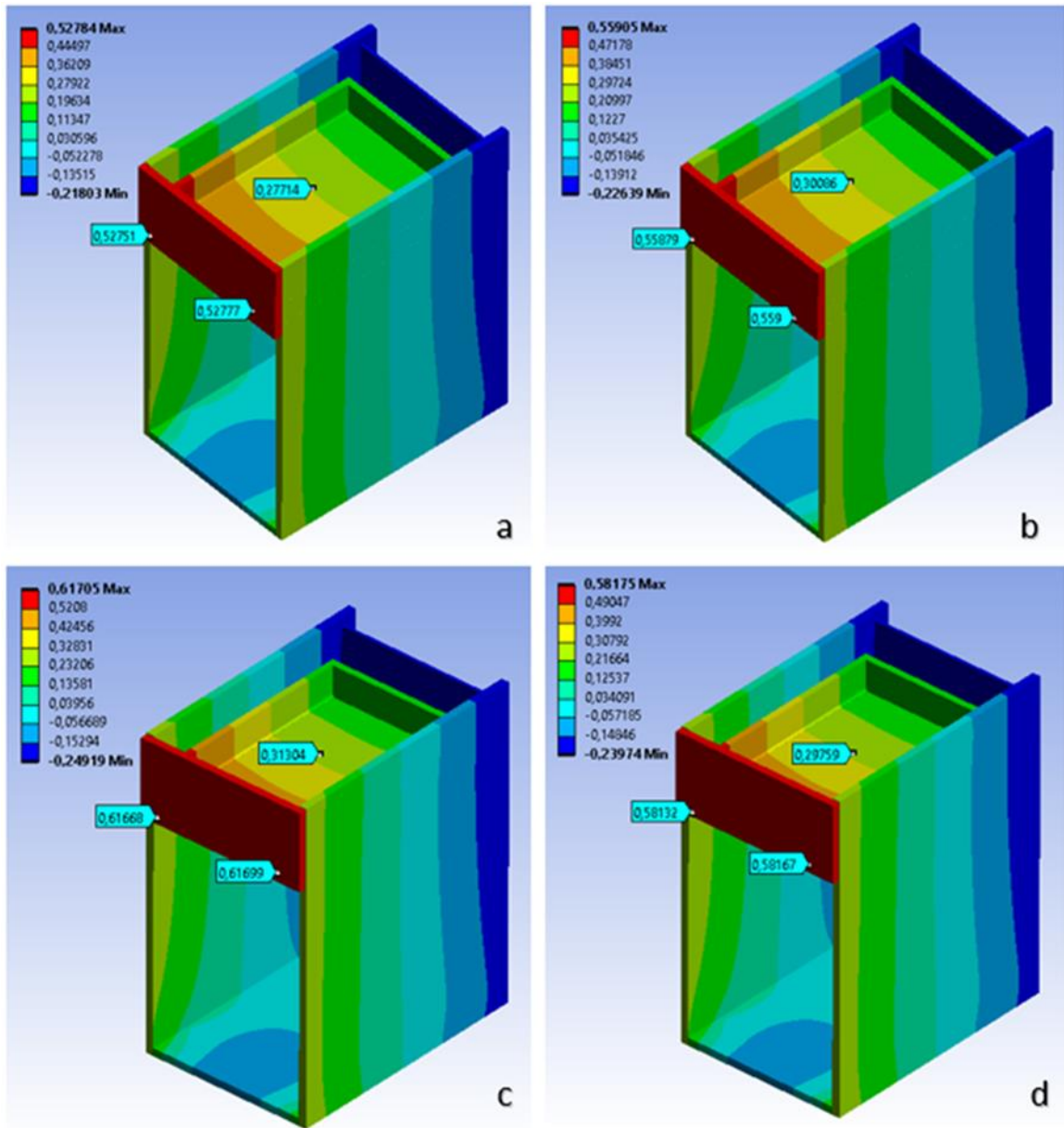
Şekil 4.46: (a). 1,78kg yüklemde 1,3 tork MDF malzeme (b). 2,26kg yüklemde 0,63 tork MDF malzeme, (c). 1,5kg yüklemde 1,3 tork YL malzeme, (d). 2kg yüklemde 0,63 tork YL malzeme.

Tablo 4.82: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı açma testi) sonuçları.

Malzeme Türü	Sehim (mm)	Tork(N/m)	Test 3 (Ağırlık/N)				
			2	2,3	2,6	3	3,3
M D F	U1	1,3	0,46	0,49	0,52★	0,55	0,58
		0,63	0,46	0,49	0,52	0,55★	0,58
	U2	1,3	0,46	0,49	0,52★	0,55	0,58
		0,63	0,46	0,49	0,52	0,55★	0,58
★	U3	1,3	0,21	0,23	0,27★	0,29	0,31
		0,63	0,22	0,23	0,28	0,30★	0,32
	U1	1,3	0,51	0,54★	0,58	0,61	0,65
		0,63	0,55	0,54	0,58	0,61★	0,65
	U2	1,3	0,51	0,54★	0,58	0,61	0,65
		0,63	0,52	0,54	0,58	0,61★	0,66
	U3	1,3	0,22	0,26	0,28	0,31	0,35
		0,63	0,25	0,27★	0,29	0,32★	0,36

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

MDF malzemeli çekmecelerin YL malzemeli olanlara göre her iki sehim noktasında da deformasyonunun daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca malzeme fark etmeksizin etkili ağırlıkla 1,3 tork ile vidalanmış kapaklardaki sehimin 0,63 torktan daha az olduğu da ortaya çıkmıştır. Tablonun görselleştirilmesi amacıyla FEM analiz sonuçlarından rastgele seçilen 1,78kg yüklemede 1,3 tork ve 0,63 ile 2,26kg yüklemede 0,63 tork ve 1,3 ile vidalanmış MDF ve YL yine rastgele seçilen 1,5kg yüklemede 1,3 tork ve 0,63 ile 2kg yüklemede 0,63 tork ve 1,3 ile vidalanmış malzemeli çekmecelerin görselleri Şekil 4.47’ de verilmiştir.

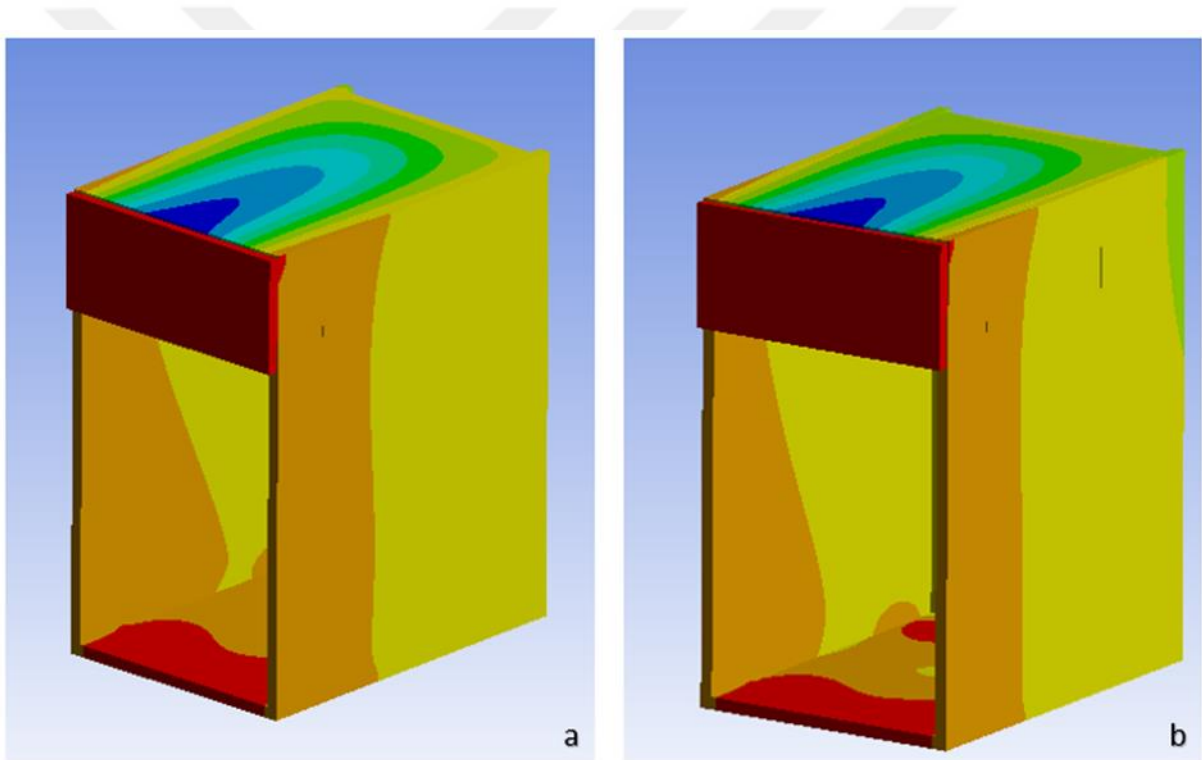


Şekil 4.47: (a). 2,6kg yüklemede 1,3 tork MDF malzeme (b). 3kg yüklemede 0,63 tork MDF malzeme, (c). 3kg yüklemede 1,3 tork YL malzeme, (d). 2,6kg yüklemede 0,63 tork YL malzeme.

- Test 4: “Uzatma elemanlarında dayanıklılık testi” bulguları

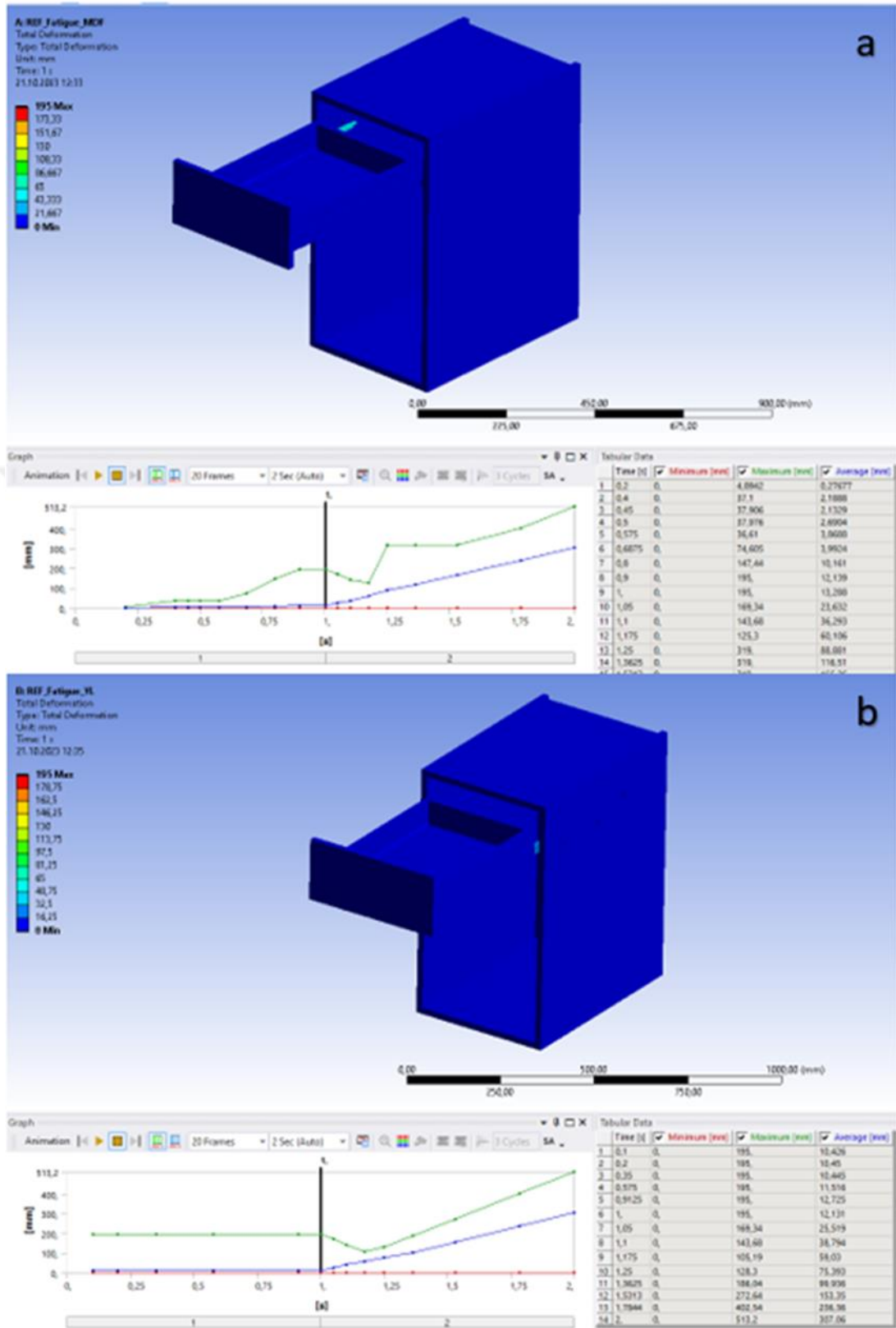
MDF ve YL malzemeden yapılmış her çekmece numunesine uygulanan bu test prosedürünün sonuçlarına göre ray ve diğer bağlantı elemanları kullanılarak yapılan bu testte de gerçek testlerde olduğu gibi plastik sınırını geçmese bile deforme olması söz konusudur. Deformasyonlar genelde ray ve rayı oluşturan parçalarda görülmüş olup 5 farklı ağırlıkta da yaklaşık 1 milyon tekrardan sonra yüksek deformasyonlara çıktığı belirlenmiştir.

Deformasyonun ise tüm test sonucunda MDF ve YL malzeme için de 4-7mm olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Deformasyonun özellikle ray ve bileşen bölgesinde olması kapağın yer değiştirmesine doğrudan sebep olmuştur (Şekil 4.48).



Şekil 4.48: Fatigue analiz sonucunda çekmece de meydana gelen örnek sehım görseli; (a).MDF, (b). YL.

İlk aşamada 2,5kg ağırlıkta MDF malzemelerde çekmece açıkken 83-87 MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 93-95MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise değerin 395MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.49 a.). YL malzemelerde ise çekmece açıkken 63-65 MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 81-84MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise bu değerin 135MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.49 b.).



Şekil 4.49: 2.5kg Fatigue analize ait strese bağlı bulgular; a. MDF malzemeli kapaklar, b. YL malzemeli kapaklar.

İkinci aşamada 3,5kg ağırlıkta MDF malzemelerde çekmece açıkken 250-300MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 320-450MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise değerin 513MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.49 a.). YL malzemelerde ise çekmece açıkken 220-272 MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 280-420MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise bu değerin 482MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.49 b.). Devamında 6,5kg ağırlıkta MDF malzemelerde çekmece açıkken 270-326MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 332-475MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise değerin 819 MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. YL malzemelerde ise çekmece açıkken 240-286 MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 295-430MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise bu değerin 786MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak 8kg ağırlıkta MDF malzemelerde çekmece açıkken 290-576MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 320-625MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise değerin 1019 MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. YL malzemelerde ise çekmece açıkken 260-306 MPa, kapatma duruma geçtiğinde ise 325-468MPa stres belirlenmişken, genel parça üstünde ise bu değerin 994MPa bir değere çıktığı sonucuna ulaşılmıştır.

5. TARTIŞMA

İnsanlar yaşam alanlarını kullanışlı ve fonksiyonel hale getirmek için yıllardır farklı mobilyalar kullanmış ve kullanmaya devam etmektedir. Mobilya, insanların yaşam alanlarının ayrılmaz bir parçasıdır. İnsanlar hayatlarının çoğunu mobilyalarla geçirirler. Evde, ofiste, bahçede vb. iç ve dış mekânlarda kullanımı olan mobilyalar; mutfak, banyo, çocuk, genç, oturma odası, salon vb. türde mobilya gruplarına ayrılmaktadır. İnsanın temle yaşam ihtiyaçlarından biri haline gelen mobilyalar kullanım durumunda birçok darbe, ağırlık, yük gibi eylemlerden etkilenecek zaman içerisinde deforme olarak kullanım ömrünü tamamlamaktadır. Yapılan bu çalışmada amaç fiziksel mekanik özellikleri ortaya konan MDF ve YL malzemelerden yapılan mutfak dolaplarının çekmece ve kapak performansı standartlara göre gerçek deneyler ile ortaya konmuş, SolidWorks programıyla modellenmiş ve sonlu elemanlar analizi ile bu deneyleri temsil etme oranları ortaya konmuştur

5.1. LEVHALARIN FİZİKSEL, MEKANİK TESTLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

İlk mobilyalar sadece ham ağaç malzemeden yapılıyorken zamanın ilerlemesi, teknolojinin gelişmesi, lüksten çok ihtiyaç haline gelmesinden sonra sadece ahşap malzeme değil plastik, cam, çeşitli metal alaşımlar yanında MDF, DSP, OSB, Yonga Levha gibi dönüştürülmüş ahşap atıklarından üretim yapılmaktadır [25]. Dolap mobilyalarının kullanım süresi ve kalitesi ahşap levhaların fiziksel mekanik özellikleri ve bağlantı deliklerinin fonksiyonelliği ile belirlenmektedir. Mobilya olgusunu oluşturan levhalar yerine, kalitesine ve fonksiyonuna göre farklı türde seçilebilmektedir.

MDF ve YL malzeme türü kullanılan bu çalışmada mobilya montaj ve deney aşamasına gelinmeden önce malzemelerin fiziksel mekanik özelliklerine bakılmış ve istatistik olarak değerlendirilmiştir. MDF özelliklerinin yoğunluk ($0,754 \text{ g/cm}^3$), rutubet (%5,8), su alma ve kalınlığına değişme (%5,5), eğilme direnci ($29,4 \text{ N/mm}^2$), eğilmede elastikiyet modülü ($6129,76 \text{ N/mm}^2$), iç yapışma direnci ($0,4073 \text{ N/mm}^2$), vida tutma mukavemeti ($1561,90 \text{ N}$); YL özelliklerine göre yoğunluk ($0,635 \text{ g/cm}^3$), rutubet (%7,8), su alma ve kalınlığına değişme (%16,4), eğilme direnci ($13,9 \text{ N/mm}^2$), eğilmede elastikiyet modülü ($6083,22 \text{ N/mm}^2$), iç

yapışma direnci ($0,9 \text{ N/mm}^2$), vida tutma mukavemeti ($1092,73 \text{ N}$) çok daha iyi çıktığı belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde eğilme direnci haricindeki tüm fiziksel mekanik özellikler MDF ve YL malzemede anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. Levhaların fiziksel mekanik özellikleri temin edilen firma tarafından da belirlenmiştir (web 1,2). Firma verilerine göre 16-18mm kalınlıktaki levhaların bazı fiziksel mekanik özellikleri; MDF özelliklerinin rutubet ($\%4-11$), su alma ve kalınlığına değişme ($\%<12$), eğilme direnci (20 N/mm^2), eğilmede elastikiyet modülü (2200 N/mm^2), çekme direnci ($0,55 \text{ N/mm}^2$), vida tutma mukavemeti ($>700 \text{ N/mm}^2$); YL özelliklerine göre rutubet ($\%5-13$), su alma ve kalınlığına değişme ($\% \leq 20$), eğilme direnci (11 N/mm^2), eğilmede elastikiyet modülü (1600 N/mm^2), çekme direnci ($0,4 \text{ N/mm}^2$), vida tutma mukavemeti ($\geq 650 \text{ N/mm}^2$). Firma verileri ile karşılaştırıldığında bazı değerlerin yakın, aralıkta veya aynı olduğu görülürken bazı verilerin ise çok farklı olduğu belirlenmiştir. Buna göre özellikle bilimsel amaç güden çalışmalarda levha özelliklerinin tayin edilmesinin önem arz ettiği düşünülmektedir.

Eğilmede elastikiyet modülündeki bu yakın sonucun bilimsel bir karşılığına literatürde rastlanılmadığından üretim sürecindeki levhaları oluşturan ağaç atıklarının kalitesine bağlı olduğu düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan levhaların hepsi tek partiden seçildiği düşünüldüğünde bazı testlerde iki levha türü arasında çok büyük sehim farkları olmadığı belirlenmiş, Eğilmede elastikiyet modülü özelliklerinin burada etkisi olduğu da düşünülmektedir.

Ayrıca yapılan bazı bilimsel çalışmalarda farklı tiplerde mobilya bağlantılarının vida çekme deneyleri yapılmış olup MDF levhalarda vida çekme mukavemetinin YL malzemeye göre daha iyi olduğu belirlenmiştir [45]. Çalışmanın önemli bir değişkeni vida tork değeri olduğu düşünüldüğünden levhaların vida çekme deneylerinin yapılması önem arz etmektedir. Sonuçlara bakıldığında ise aynı malzemedeki tork farklılığı olan vidalardaki deformasyonun yanı sıra MDF malzeme değerlerinin tork değişkenine göre YL malzemedeki sehim değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiş, vida çekme özelliğinin bu farkı etkilediği düşünülmektedir.

Mobilya sektöründe yaygın olarak özellikle mutfak mobilyalarında kullanılan MDF türünün levha özellikleri ortaya konmuştur. Yapılan araştırmalarda mutfaklarda kullanılan dolap kapaklarına yönelik kullanım tercihleri sorgulanmış ve MDF kapak tercih edildiği belirlenmiş, çalışma kapsamında mekanik, fiziksel deney sonuçlarının da daha iyi olduğu ortaya konan MDF levhalardan yapılan kapak ve çekmecelerin diğer levha türüne göre daha dayanıklı olduğu

belirlenmiştir. Üretim, kalite ve kullanım durumu haricinde malzemelerin fiziksel mekanik etkilere karşı davranış biçimlerinin belirlenmesi gerek tasarım gerekse buna dayalı bilimsel çalışmalarda birleştirmelerin direnç ve mukavemetine ait verileri ortaya koyduğunu bildirmişlerdir [3]. Bu çalışma kapsamında gerçek deneyler haricinde sonlu elemanlar programı kullanılarak aynı testler yapılmıştır. Malzemelerin fiziksel mekanik özellikleri malzeme özellikleri kısmından manuel olarak tanımlanmış olup, testlerin yapılmadığı durumda anizotropik özellik gösteren ağaç malzemedeki modeller kurularak yapılan sonlu elemanlar analizinin sapmaya uğrayabileceği de düşünülmektedir.

5.2. MUTFAK DOLAPLARINA UYGULANAN LABORATUVAR TESTLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

Laboratuvar testleri “hafif-orta-ağır” seviyelerde daha önceden tahmin edilen yük miktarlarıyla ilişkili olup[104], gerçek hayatta kullanıma uygun deney prosedürü olan ve birçok ülkede özel veya kamusal organizasyonlar tarafından yapıp standartlaştırılabilen yöntemdir. Çoğu ürünün geliştirme amacıyla kullanılan bu testler bu çalışmada; montajlama yapıldıktan sonra BS EN 16122 standardına uygun şekilde laboratuvar testlerine tabii tutulmuştur.

Günümüzde genellikle depolama ve yük taşıma amaçlı kullanılan kabin mobilyaları çekmece, kapak, aksesuar ve diğer donatı elemanlarıyla bir bütün halinde veya ayrı ayrı test yapılabilmektedir. Bu çalışmada MDF ve YL malzemedeki yapılan ve mutfak dolaplarında kullanılan kapak ve çekmece testleri yapılmıştır. İlk aşamada gerekli mukavemet ve dayanıklılık koşullarını sağlamak için bağlantı elemanları (çekmece ve ray) ile kurulmuş ve test için hazır hale getirilmiştir. Çalışmada kabin ve bağlantı elemanları montajında vida sabitlemede 1,3 N/m ve 0,63 N/m torklar kullanılmıştır. Genel test sonuçlarında her malzemeyi kendi içinde gruplandırdığımızda kapak ve çekmece uygulanan testlerde tork değerinin deformasyon (sehim) üstünde etkili olduğu belirlenmiş ve montaj sırasında her bağlantı noktasında önemli olabileceği de düşünülmektedir. Ancak yapılan literatür aşamasında bu kadar önemli olan özellikle bağlantı elemanlarının montaj tekniklerini belirleyen hiçbir çalışmaya rastlanmamıştır [65].

Her iki malzeme türünden yapılan kapak ve çekmece testlerinde sonuç değişiklik göstermemiştir. Menteşe ve raylar mobilya sektöründe fonksiyonel mobilyalar grubunda en çok tercih edilen türler olmasına rağmen bu kapak boyu veya türü için uygun olmadığı, rayların ise bu tip çekmece ve kasaları için uygun olduğu düşünülmektedir. Tamamen sistemden

ayrılmayan menteşelerin (alt menteşe) bağlantı vidalarının olduğu kabin kısmında deformasyon görülmemişken kırılan menteşeleri tutan vidalarda ve bağlantı parçasında deformasyon (vida deliğinin aşınması ve kullanılmaz hale gelmesi) olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer bir yandan çekmece örnekleri tüm testleri tamamlasa bile özellikle bağlantı elemanlarının bulunduğu bölgelerde (ray, vida, ön kapak bağlantı aparatı) deformasyonun daha fazla olduğu belirlenmiştir. Haftkhani ve diğ. [55] ve Maleki ve diğ. [56] yaptıkları çalışmalarda uygun bağlantı elemanlarının seçilememesinin çeşitli yapısal hataları beraberinde getireceğini, tasarım ve kalite konularında da probleme sebep olacağını bildirmişlerdir. Buda Çalışmadan çıkan sonucu destekler niteliktedir.

Büyük tork değerinin küçük olandan daha az deformasyon yaptığı da her iki örnek grubu için de belirlenen diğer bir ortak belirlenen sonuçtur. Smardzewski ve Majewski [74] yaptıkları bir çalışmada farklı menteşeleri Euro vida, ahşap ve plastik vidaların panellere olan montaj yöntemlerini ve çekmecelerdeki manşon, bağlantı halkalarını test etmişlerdir. Vidalama için farklı tork değerleri de dikkate alınarak avantajlı vida ve torku tespit edilmiştir. Ve sonuç olarak bu değer 1,34N/m olması gerektiğini söyleyerek, çalışmadaki 2 tork değerinden biri olan 1,3N/m ye yakın olduğu görülmüştür. Vida bağlantılarında temas yüzeyinde oluşan gerilmelerden dolayı bu sonuca varıldığı düşünülmektedir.

5.2.1. Kapak Deneylerine İlişkin Laboratuvar Testlerinin Değerlendirilmesi

Ortaya konulan bu çalışmada 2 farklı torkta montajlanan MDF ve YL malzemeden kapaklar standartlara uygun şekilde farklı ağırlık ve kuvvete maruz bırakılmıştır. İstatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılan kapaklarda bu etki faktörleri sonucunda sehim deformasyonları ortaya konmuştur. Kapaklar; menteşe, menteşe bağlantı elemanı vidalar ve bağlandıkları parça ile genel kapak durumu ele alınarak sonuçlara ulaşılmıştır. MDF ve YL malzemeden yapılan kapakların testleri geçemediği ve bunun sebebinin menteşe bağlantı elemanından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 5.1-2 ve Şekil 5.3-4 1.3 ve 0,63 torkta laboratuvar testlerinin son durumunu göstermektedir.



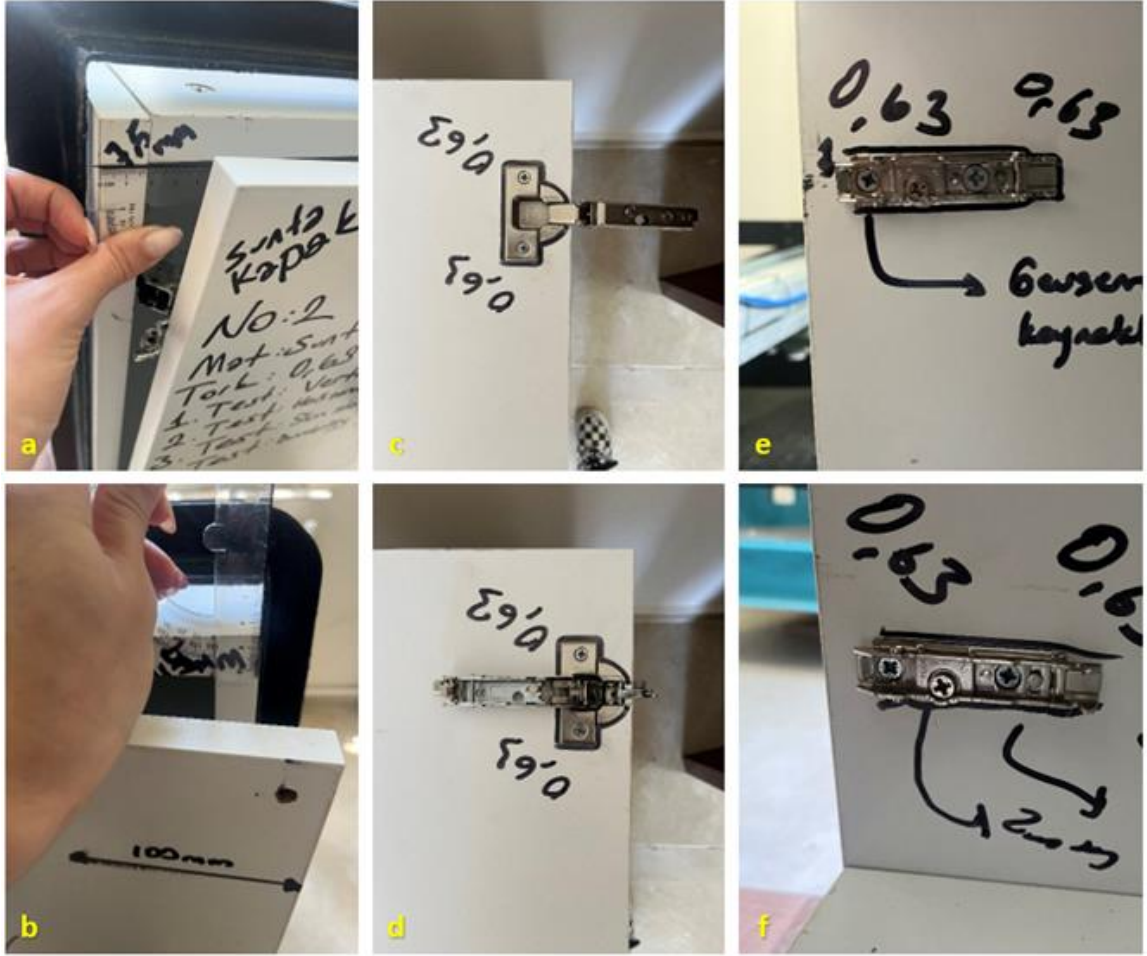
Şekil 5.1: MDF 1,3 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşe deformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşe bağlantı elemanı, (f). Üst menteşe bağlantı elemanı.



Şekil 5.2: MDF 0,63 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşe deformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşe bağlantı elemanı, f. üst menteşe bağlantı elemanı.



Şekil 5.3: 1,3 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşe deformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşe bağlantı elemanı, (f). Üst menteşe bağlantı elemanı.



Şekil 5.4: YL 0,63 N/m torkta montajlanmış kapakların son durumu; (a). Kapak menteşe deformasyonu, (b). Kapak deformasyonu, (c). Alt menteşe, (d). Üst menteşe, (e). Alt menteşe bağlantı elemanı, (f). Üst menteşe bağlantı elemanı.

Yapılan 4 test sonucunda kapaklar sonuncu test olan “Dayanıklılık” testini geçememiş, hepsi üst menteşeden kırılarak veya gövdeden ayrılarak hareket ömrünü tamamladığı ortaya konmuştur. Çalışmada kapakların menteşeye yakın ve kapak sonuna daha yakın bölgesi olmak üzere iki deformasyon (sehim) noktasından sayısal verilere ulaşılmıştır. Tüm sonuçlarda menteşeye yakın noktadaki sehimin daha düşük olmasının sebebinin de her test sonunda biraz daha yük sınır kapasitesine gelen üst menteşeden olduğu düşünülmektedir.

Her kapak için yapılan dört farklı test yönteminin tüm sonuçları istatistiksel olarak belirlenmiş MDF ve YL türünden iki farklı malzemedan yapılan deney örnekleri arasında da anlamlı bir fark bulunmuştur. MDF malzemedan ölçülen iki farklı sehim noktasının değeri ile aynı test aynı ölçüm noktasından yapılan YL malzeme göre daha düşük deformasyon sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada belirtilen bu sonucu destekleyen nitelikte; Sert [70] yapmış olduğu çalışmada MDF ve YL malzemedan 80cm mutfak dolaplarında 2 menteşeli mekanik deneyler yapmış, MDF

malzemeli olan dolapların yük taşıma değerinin daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca Erdinler ve diğ. [71] yaptıkları çalışmada, farklı malzeme türleri, açma-kapama açısı yük kullanarak kapakların açma-kapama sırasındaki eğilme performansını belirlemiş, MDF kapakların deformasyon değerinin YL ya göre daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Kapak deneylerin ulaşılan sonuçlardan biri de menteşe kırıldıktan veya menteşenin açma-kapama fonksiyonunu yerine getiremeyip kapağın düşmesiyle testin bitirilmesidir. Sehim değerlerinin son teste kadar MDF malzemede ortalama her iki sehim noktasında da 2-5mm, YL malzemede ise 3-7mm arasında olduğu belirlenmiştir. Literatürde YL malzeme sonucunu destekleyen bir çalışma olmamasına karşın, Smardzewski ve Majewski [74] yaptıkları çalışmada kapı çalışma yükleri için, endüstriyel uygulamada kabul edilebilecek maksimum sapmaların 1,97-4,8mm arasında değiştiğini ifade ederek çalışma sonuçlarında benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

5.2.2. Çekmece Deneylerine İlişkin Laboratuvar Testlerinin Değerlendirilmesi

Ortaya konulan bu çalışmada 2 farklı torkta montajlanan MDF ve YL malzemeden çekmece örneklerinin standartlara uygun şekilde farklı ağırlık ve kuvvetlere maruz bırakılmıştır. İstatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılan çekmecelerde bu etki faktörleri sonucunda sehim deformasyonları ortaya konmuştur. Çekmeceler; ön kapak, ön kapak çekmece kasa bağlantısı, ray, ray bağlantı elemanı vidalar ve çekmece altlığı ile genel çekmece durumu ele alınarak sonuçlara ulaşılmıştır. Her iki malzemeden yapılan çekmeceler de testleri geçmiştir. Şekil 5.5-6 ve Şekil 5.7-8 1.3 ve 0,63 torkta laboratuvar testlerinin son durumunu göstermektedir.



Şekil 5.5: 1,3 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, e. ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.



Şekil 5.6: MDF 0,63 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, (e). Ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.



Şekil 5.7: YL 1,3 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, (e). Ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.



Şekil 5.8: YL 0,63 N/m torkta montajlanmış çekmecelerin son durumu; (a). (b). Çekmece deformasyonu, (c). Ön kapak son durumu, (d). Altlık deformasyonu, (e). Ray son durumu, (f). (g). Çekmece altlığı, arkalık, ön kapak ve ray bağlantı elemanı.

Farklı kuvvetler, ağırlıklar ve açma kapama ile tekrarlanan testlerin bulunduğu bu prosedür 4 aşamada gerçekleştirilmiştir. Yapılan 4 test sonucunda çekmeceler son test olan “Dayanıklılık” testini de geçerek tüm test prosedürünü tamamlamıştır.

Her çekmece örneği için yapılan dört farklı test yönteminin tüm sonuçları istatistiksel olarak belirlenmiş MDF ve YL türünden iki farklı malzemeden yapılan deney örnekleri arasında da anlamlı bir fark bulunmuştur. MDF malzemede ön kapakta ölçülen iki farklı sehim noktası ve altlığın ortasından alınan sehim noktasının değerleri ile aynı test aynı ölçüm noktasından yapılan YL malzeme göre daha düşük deformasyon sonucuna ulaşılmıştır. Sehim değerlerinin son teste kadar MDF malzemede ortalama her iki sehim noktasında da 2,26-0,91mm, YL malzemede ise 3-6mm arasında olduğu belirlenmiştir. Literatürde YL malzeme sonucunu destekleyen bir çalışma olmamasına karşın, Smardzewski ve Majewski [74] yaptıkları çalışmada kapı çalışma yükleri için, endüstriyel uygulamada kabul edilebilecek maksimum sapmaların 2,2-0,82mm arasında değiştiğini ifade ederek çalışma sonuçlarında benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak literatürde raf sehimleri ile alakalı birçok çalışma olmasına rağmen [87], [88],[89], çekmece altlıkları sehimleri ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamış olup, maksimum sapmaların 0,13-0,08mm YL ve 0,11-0,05mm MDF malzeme için olduğu belirlenmiştir.

Çekmece kapaklarında malzeme fark etmeksizin ön kapak yerinden ayrılarak test bitirilmemiş olsa bile test sonucunda bağlantı aparatıyla arasında belirli açıklıklar olmuştur (Şekil 5.5-6-7-8 a,b). Bu açıklığın yine ray ön kapak bağlantı elemanının yükler karşısında oluşturduğu davranıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan testlerde raylarda eğilme bükülme gibi ufak deformasyonlar meydana gelmiş bile olsa fonksiyonel olarak çalışması devam etmiş (Şekil 5.5-6-7-8’e), burada malzemenin deformasyonun değil iler-geri ivmesine veren alt ray aparatının dayanıklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu tip yan duvarları da rayın parçası olan çekmece kasaları özellikle mutfak mobilyalarında çok kullanılmaya başlanmıştır. Ahşap malzemeden yapılan altlık ön kapak ve arka kapakta kullanıma bağlı deformasyonlar haricinde patlama, çatlama vb deformasyonların olgusuna rastlanılmamış (Şekil 5.5-6-7-8 f-g), asıl gerilmelerin ray ve ray bağlantı aparatlarında olduğundan dolayı böyle bir sonuca ulaşıldığı düşünülmektedir.

5.3. MUTFAK MOBİLYA MODELLERİNE UYGULANAN FEM SONUÇLARINA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

Mühendislik tasarımı; muhtemel yüklerin analizi, elemanların muhtemel ölçülerinin belirlenmesi ve deney düzeninin hazırlanması, yük altında elemanda oluşan iç kuvvetlerin dağılımını, iç gerilmelerin optimizasyonunu ve güvenilir bir konstrüksiyon- birleştirme tasarımını bütün olarak ortaya koyan bir yöntem olup [9], bu çalışmada BS 16122 standardına uygun yapılan kapak ve çekmece deney sonuçlarının sonlu elemanlar analiz yöntemiyle simüle edilebilmesini yaklaşık olarak ortaya koyulmuştur. 64 örneğin toplamda 32 test aşamasından geçirilerek 18 ay civarında bitirilmesi sağlanmış olup, aynı test yöntemi ve örnek modelleri ile benzer sonuçlarının simüle edilme süresi ise 4 ay civarında bitirilmiştir. Simek ve Sebera [117] yaptıkları çalışmada mobilya sanayi kolunda ileri teknoloji kullanımı ve ürün mühendisliğinde sonlu elemanlar yönteminin kilit bir araç olduğunu ifade ederek bu çalışma sonucunu da destekler nitelikte olmuştur.

Çalışmada MDF ve YL malzemeden yapılan ve mutfak dolaplarında kullanılan kapak ve çekmece testleri yapılmış aynı yöntem ile FEM de modellenmesi gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada gerekli mukavemet ve dayanıklılık koşullarını sağlamak için bağlantı elemanları (çekmece ve ray) ile kurulmuş ve test için hazır hale getirilerek vida sabitlemede 1,3 N/m ve 0,63 N/m torklar kullanılmıştır. Sonlu elemanlar modellenmesinde de aynı uygulama sağlanmıştır. Genel test sonuçlarında her malzemeyi kendi içinde gruplandırdığımızda kapak ve çekmece testlerinde tork değerinin deformasyon (sehim) üstünde etkili olduğu belirlenmiş ve montaj sırasında her bağlantı noktasında önemli olabileceği de düşünülmektedir. Zhang ve diğ. [75] yaptıkları bir çalışmada vida torkunu tahmin etmek için FEM simülasyon yöntemi kullanmışlardır. İkinci olarak nihai torku bulmak için burulma testi yapmış, simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçların iyi bir uyum göstermesi, bu çalışmadaki kapak ve çekmece deneylerinin karşılaştırmasını da destekler niteliktedir.

5.3.1. Kapak Deneylerine İlişkin Analiz ve Testlerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada 2 farklı torkta montajlanan MDF ve YL malzemeden kapaklar standartlara uygun şekilde farklı ağırlık ve kuvvete maruz bırakılmış, istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılan kapaklarda bu etki faktörleri sonucunda sehim deformasyonları ardışık ve ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kapaklar; menteşe, menteşe bağlantı elemanı vidalar ve bağlandıkları parça ile genel kapak durumu ele alınarak modellenmiş deneylerde uygulanan yöntemin aynısı veya en yakını sonlu elemanlar analiz yöntemiyle de hesaplanmıştır. Kapakların FEM sonuçları, gerçek

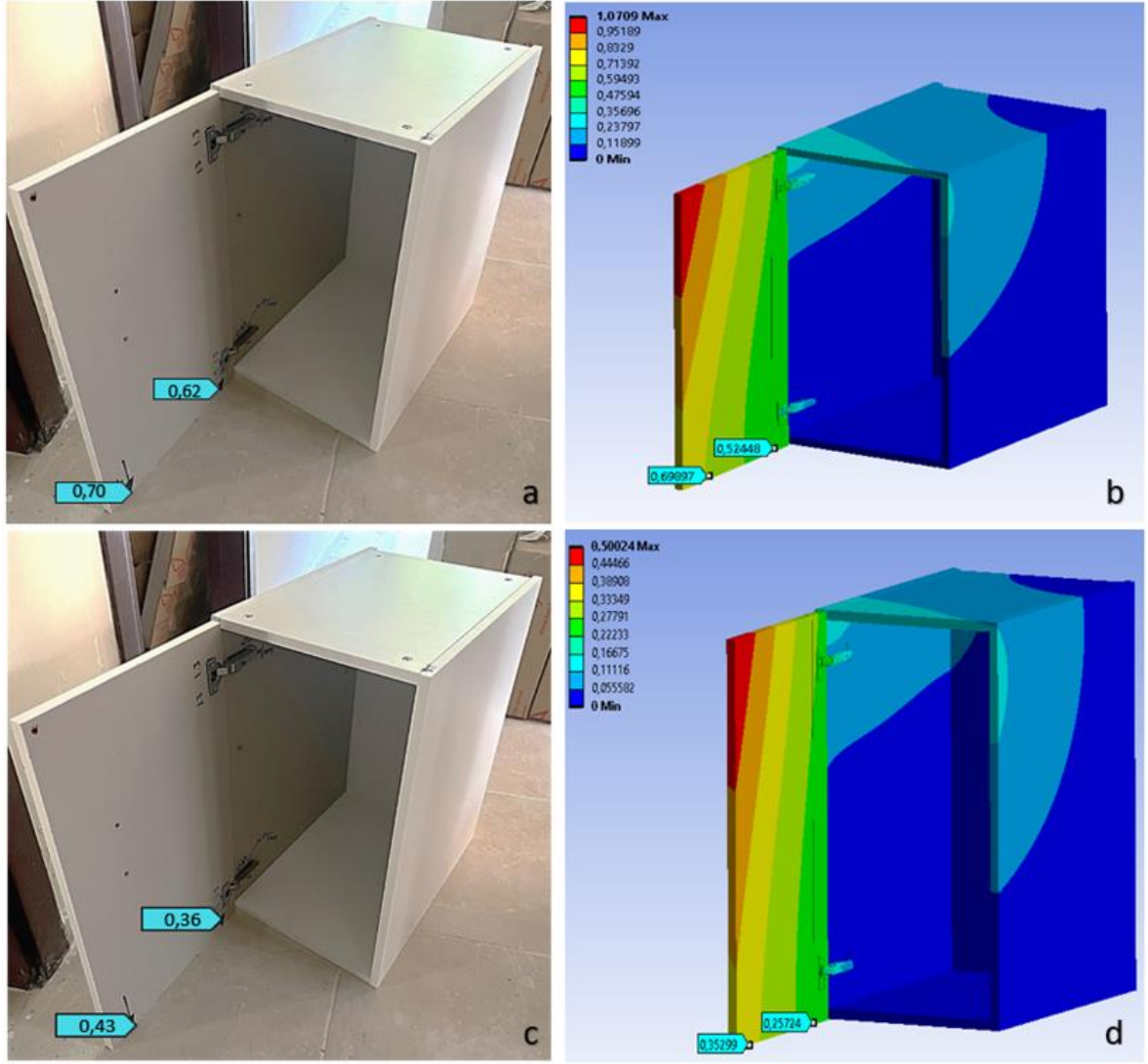
testlerle olan farklılığı ve yakınlığı tablolarda belirtilen örnek görsellerde olduğu gibi irdelenmiştir.

Tablo 5.1: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 1 (Düşey Yükleme) sonuçlarının karşılaştırılması.

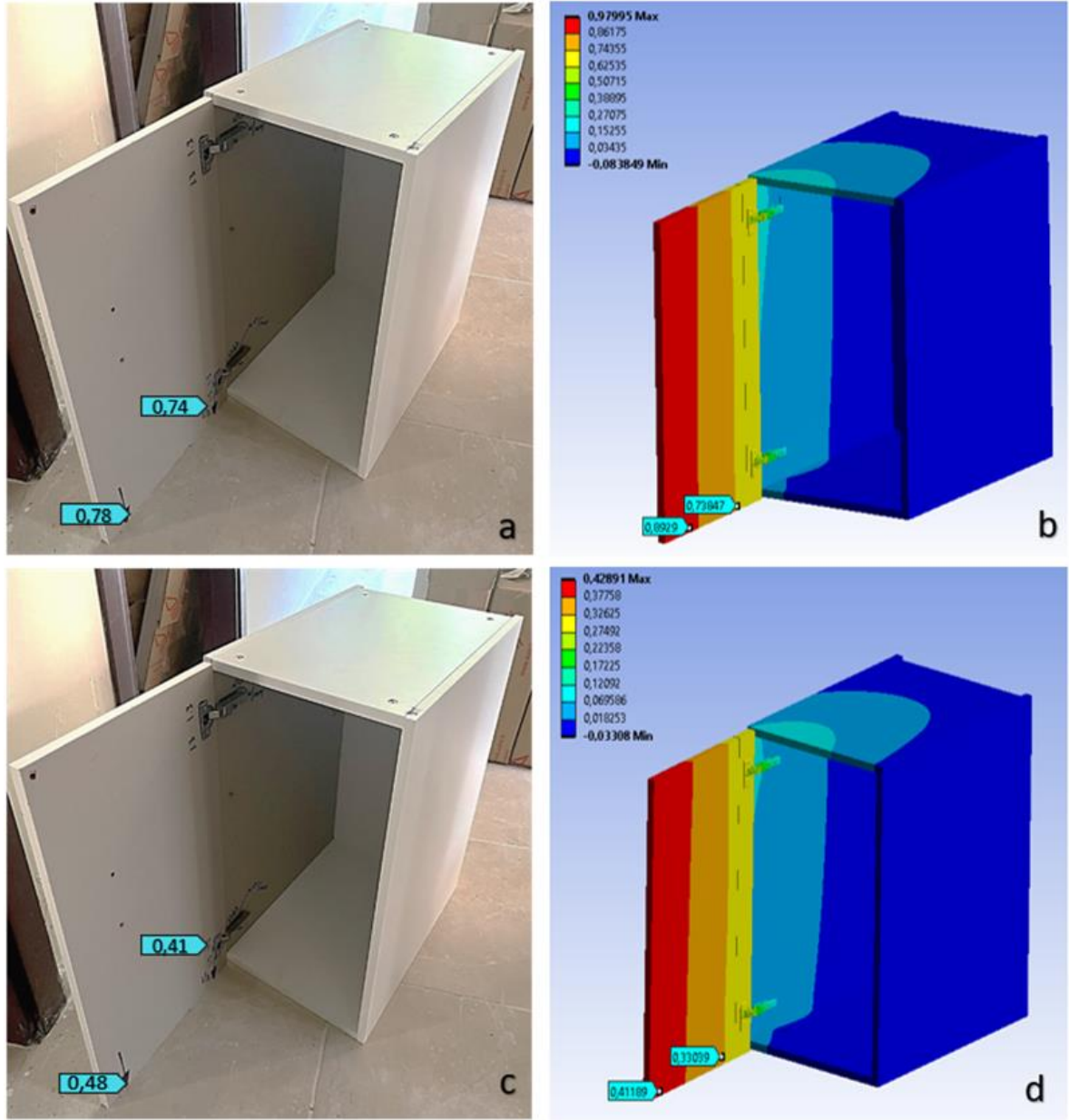
Malzeme	Tork (N/m)	Ağırlık (kg)	Gerçek Deney Sonuçları		Analiz Sonuçları		Fark (%)	
			U1 _(ort) (mm)	U2 _(ort) (mm)	U1 (mm)	U2 (mm)	U1	U2
MDF KAPAKLAR	1,3	10	0,34	0,30	0,34	0,25	100,0	91,2
	0,63★		0,43	0,36	0,35	0,26	81,4	76,7
	1,3	15	0,50	0,47	0,46	0,34	92,0	90,0
	0,63		0,60	0,57	0,70	0,36	76,7	78,3
	1,3★	25	0,70	0,62	0,71	0,52	100,0	105,7
	0,63		0,84	0,70	0,84	0,53	84,5	91,7
	1,3	30	0,90	0,81	0,84	0,61	93,3	98,9
	0,63		1,02	0,92	0,85	0,63	83,3	91,2
	1,3	45	1,12	0,96	1,20	0,90	107,1	88,4
	0,63		1,16	1,05	1,24	0,92	106,9	111,2
YL KAPAKLAR	1,3	10	0,38	0,36	0,38	0,31	100,0	81,6
	0,63★		0,48	0,41	0,41	0,33	85,4	68,8
	1,3	15	0,60	0,53	0,56	0,45	93,3	75,0
	0,63		0,63	0,56	0,59	0,47	93,7	74,6
	1,3★	25	0,79	0,74	0,89	0,74	112,7	93,7
	0,63		0,88	0,81	0,90	0,77	102,3	87,5
	1,3	30	1,01	0,96	1,05	0,89	104,0	88,1
	0,63		1,27	1,14	1,15	0,93	90,6	73,2
	1,3	45	1,23	1,28	1,25	0,99	101,6	80,5
	0,63		1,83	1,70	1,60	1,29	87,4	70,5

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

Test 1 deney sonucu ve FEM analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 5.9’da MDF kapaklar için, Şekil 5.10’da ise YL kapaklar için gösterilmiş, görseller aynı zamanda aralarındaki farklı ve ortak deformasyon noktalarını da gösterecek şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5.9: Test 1, MDF Kapak: 25kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 10kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.



Şekil 5.10: Test 1, YL kapak: 25kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 10kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.

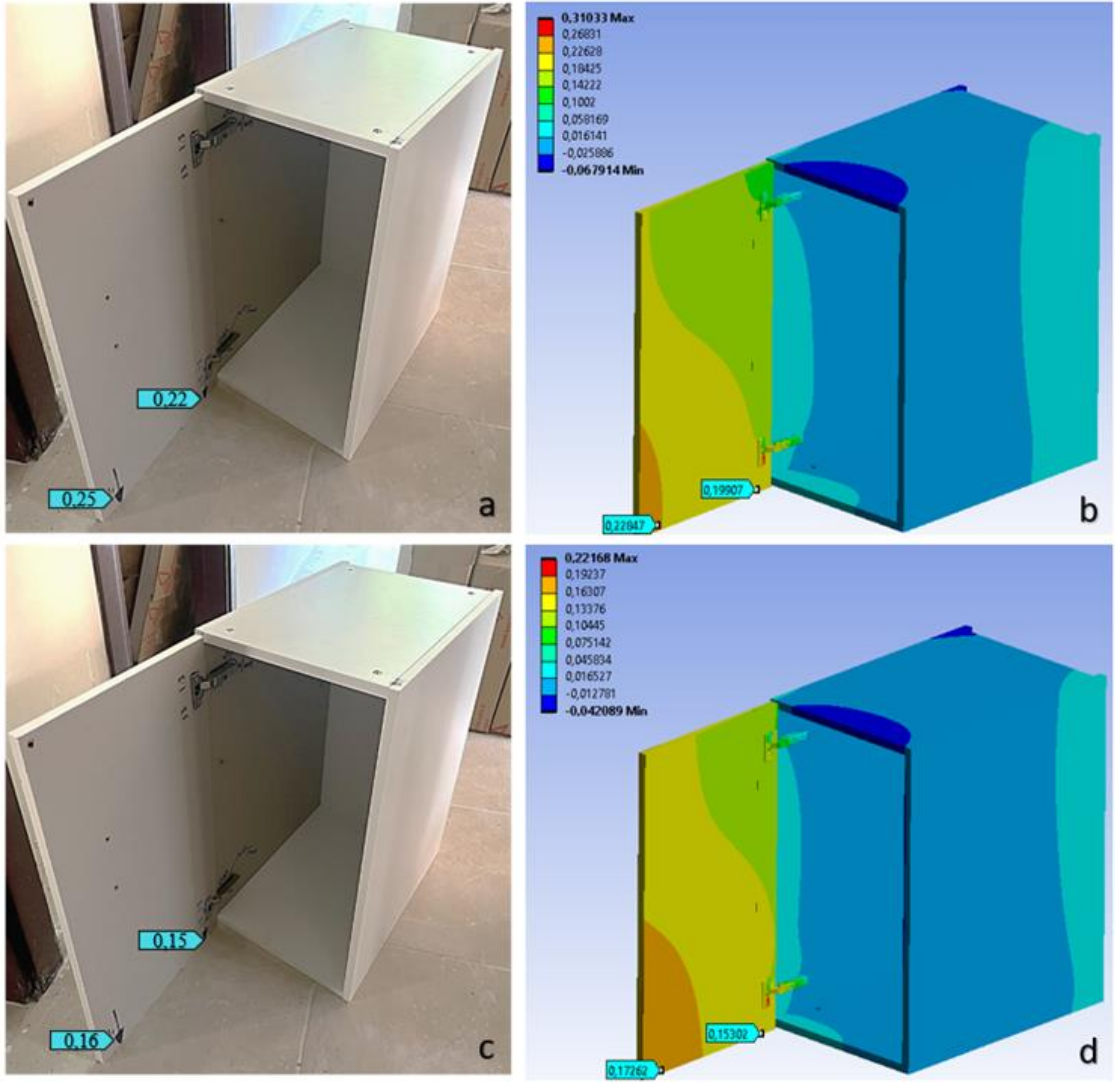
Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 1. Testte; kapağın günlük kullanımda yukarıdan yüklemelere uğramasını test etmek ve bunu benzeştirmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemeden daha düşük çıkmıştır. Ayrıca 1,3N/m torkta montajlanan vidaların 0,63N/m torktakilere göre daha az deformasyon verdiği de belirlenmiştir. Yüzde olarak iki sonucun yakınsamasına bakıldığında ise %15 ten fazla fark çıkan bir değer belirlenmemiştir (Tablo 5.1). Bu test grubunda uygulanan FEM analiz yönteminin gerçek deneylerle örtüştüğü bir deney numunesi referans alınarak uygulamanın yapılabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.2: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 2 (Yatay Yükleme) sonuçlarının karşılaştırılması.

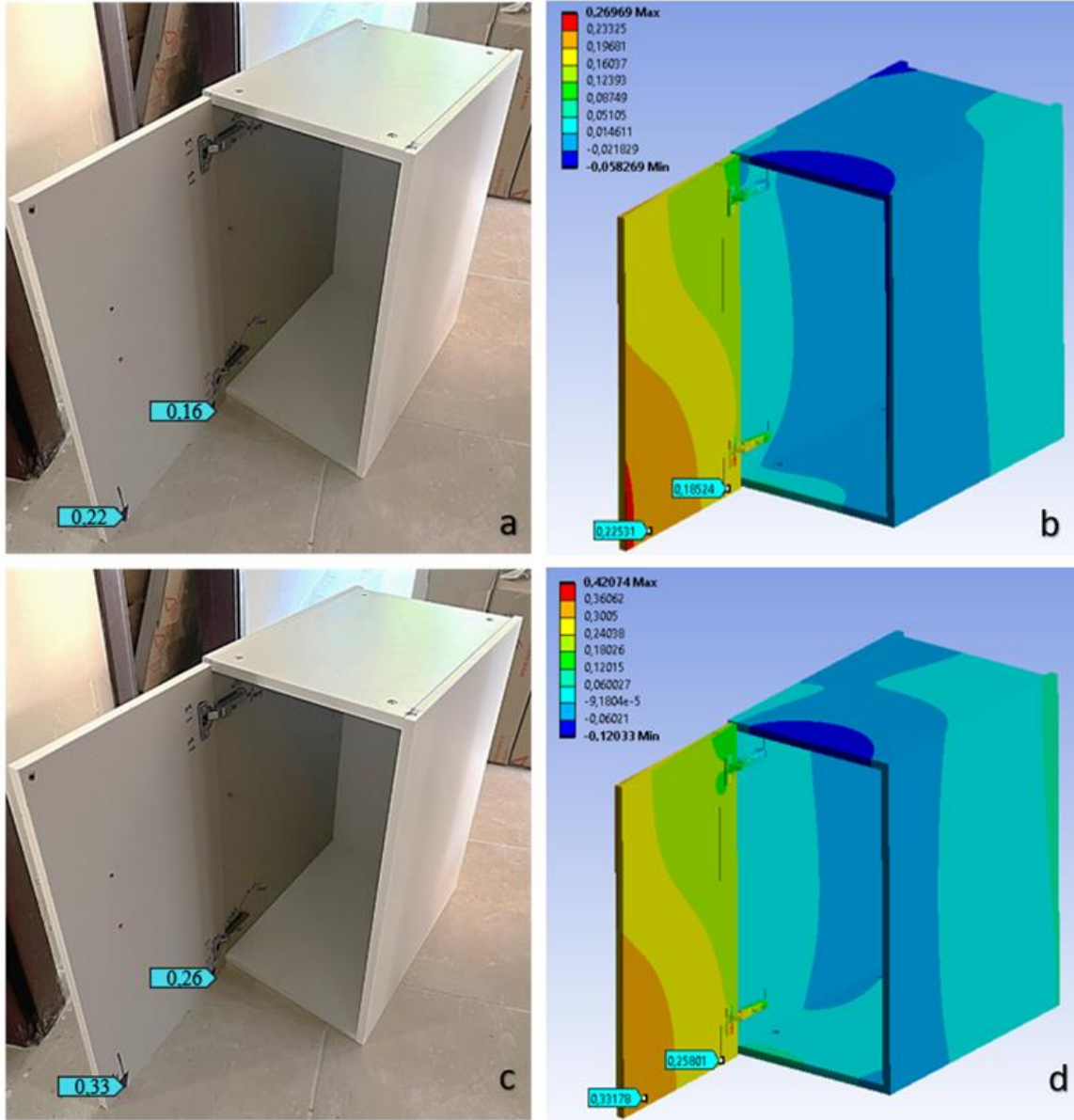
Malzeme	Tork (N/m)	Ağırlık (kg)	Gerçek Deney Sonuçları		Analiz Sonuçları		Fark (%)	
			U1 _(ort) (mm)	U2 _(ort) (mm)	U1 (mm)	U2 (mm)	U1	U2
MDF KAPAKLAR	1,3	50	0,14	0,12	0,16	0,14	114,3	116,7
	0,63★		0,16	0,15	0,17	0,15	106,3	100,0
	1,3	60	0,17	0,17	0,18	0,16	105,9	94,1
	0,63		0,21	0,19	0,19	0,16	90,5	88,9
	1,3	70	0,20	0,18	0,21	0,18	100,0	94,7
	0,63		0,22	0,19	0,21	0,18	95,5	94,7
	1,3★	80	0,23	0,20	0,22	0,19	95,7	95,0
	0,63		0,25	0,22	0,23	0,20	92,0	90,9
YL KAPAKLAR	1,3★	50	0,22	0,16	0,22	0,18	100,0	112,5
	0,63		0,23	0,18	0,23	0,18	95,8	100,0
	1,3	60	0,24	0,20	0,26	0,20	108,3	100,0
	0,63		0,27	0,22	0,27	0,21	100,0	95,5
	1,3	70	0,28	0,24	0,29	0,23	103,6	95,8
	0,63		0,29	0,24	0,30	0,24	103,4	100,0
	1,3	80	0,32	0,26	0,32	0,25	100,0	96,2
	0,63★		0,33	0,26	0,33	0,26	100,0	100,0

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

Test 2 deney sonucu ve FEM analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 5.11’de MDF kapaklar için, Şekil 5.12’de ise YL kapaklar için gösterilmiş, görseller aynı zamanda aralarındaki farklı ve ortak deformasyon noktalarını da gösterecek şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5.11: Test 2, MDF Kapak: 80N yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 50N yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.



Şekil 5.12: Test 2, YL Kapak: 50N yüklemede 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 80N yüklemede 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.

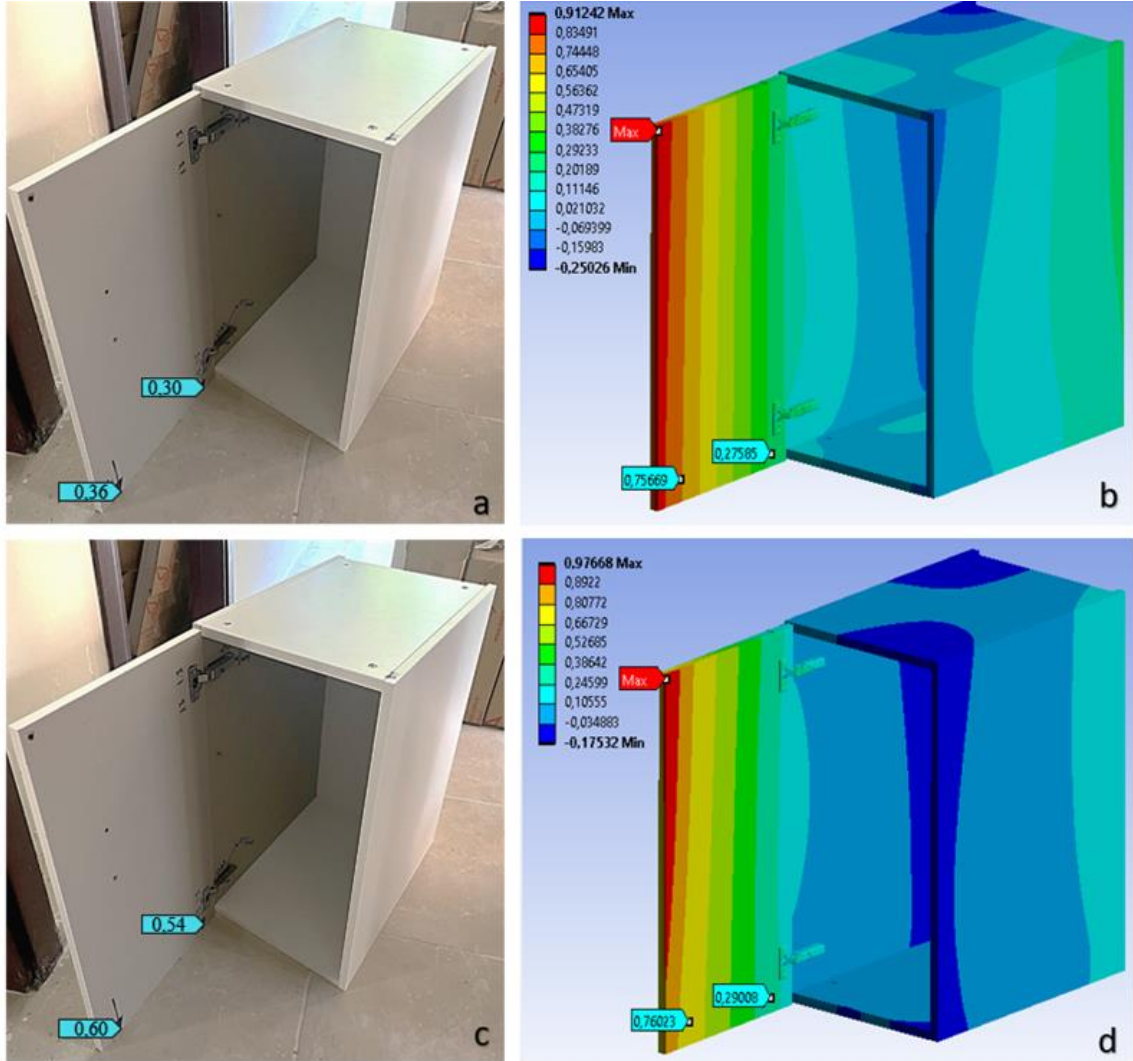
Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 2. Testte; kapağın günlük kullanımda kapak açma kapatma aksesuarının genel olarak montajlandığı bölgeden açma-kapama yüklemesine uğramasını test etmek ve bunu benzeştirmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemeden daha düşük çıkmıştır. Yüzde olarak iki sonucun yakınsamasına bakıldığında ise %16 ten fazla fark çıkan bir değer belirlenmemiştir (Tablo 5.2). Bu test grubunda uygulanan FEM analiz yönteminin gerçek deneylerle örtüştüğü bir deney numunesi referans alınarak uygulamanın yapılabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.3: MDF ve YL Kapaklara uygulanan Test 3 (Yatay Yükleme) sonuçlarının karşılaştırılması.

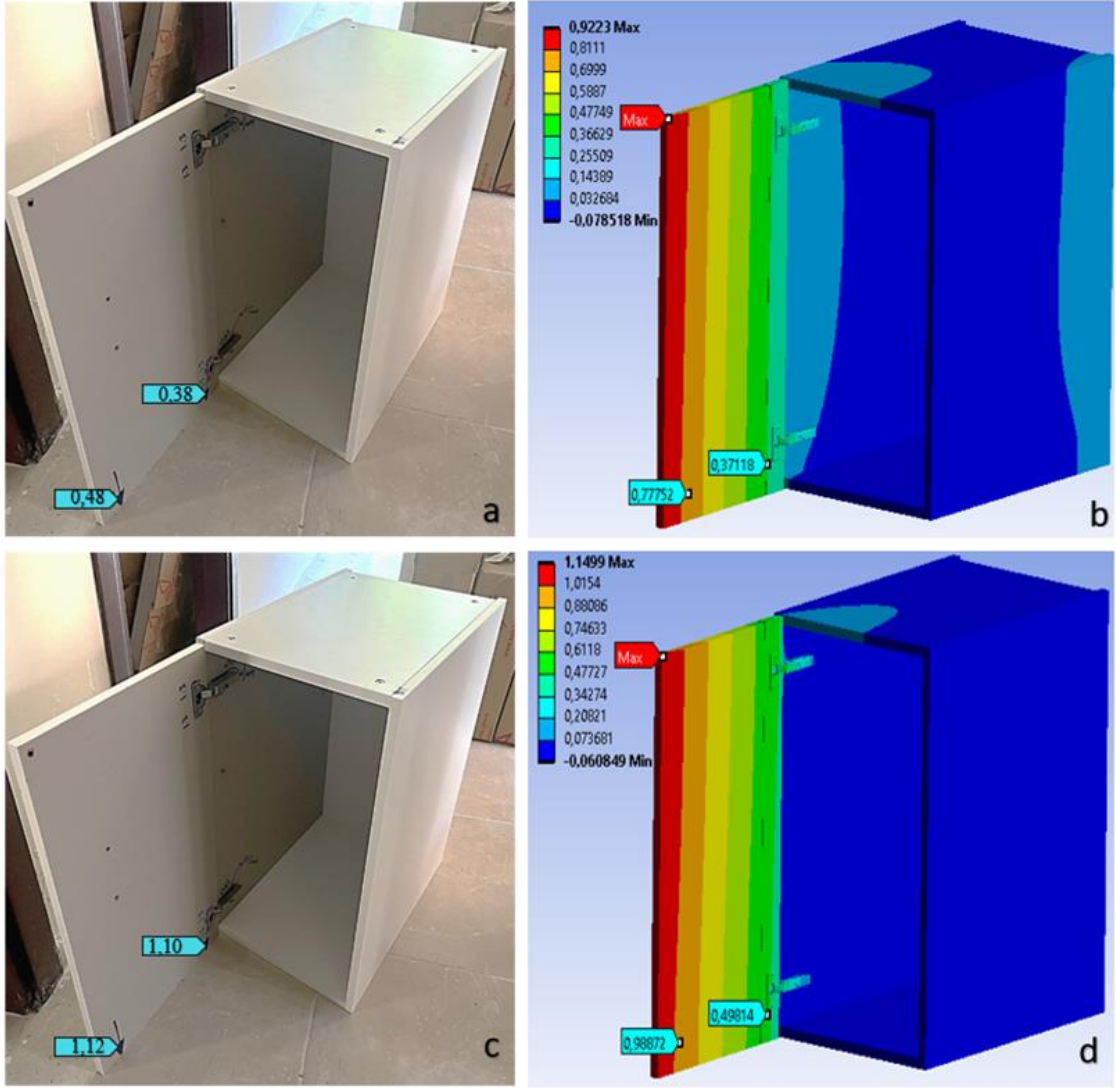
Malzeme	Tork (N/m)	Ağırlık (kg)	Gerçek Deney Sonuçları		Analiz Sonuçları		Fark (%)	
			U1 _(ort) (mm)	U2 _(ort) (mm)	U1 (mm)	U2 (mm)	U1	U2
MDF KAPAKLAR	1,3	2	0,27	0,21	0,34	0,14	125,9	66,7
	0,63		0,28	0,22	0,39	0,14	139,3	63,6
	1,3	2	0,29	0,24	0,56	0,18	193,1	75,0
	0,63		0,32	0,25	0,57	0,19	178,1	76,0
	1,3	3	0,34	0,26	0,6	0,22	176,5	84,6
	0,63		0,35	0,28	0,62	0,25	177,1	89,3
	1,3	4	0,38	0,29	0,74	0,26	194,7	89,7
	0,63★		0,39	0,3	0,75	0,27	192,3	90,0
	1,3★	6	0,6	0,54	0,76	0,29	126,7	53,7
	0,63		0,66	0,57	0,84	0,36	127,3	63,2
YL KAPAKLAR	1,3	2	0,28	0,23	0,39	0,23	139,3	100,0
	0,63		0,3	0,3	0,49	0,25	163,3	83,3
	1,3	2	0,34	0,32	0,5	0,29	147,1	90,6
	0,63		0,38	0,32	0,57	0,32	150,0	100,0
	1,3	3	0,4	0,34	0,65	0,36	162,5	105,9
	0,63		0,44	0,36	0,67	0,37	152,3	102,8
	1,3★	4	0,48	0,38	0,77	0,37	160,4	97,4
	0,63		0,5	0,41	0,8	0,4	160,0	97,6
	1,3	6	1,1	1	0,9	0,42	81,8	42,0
	0,63★		1,12	1,1	0,98	0,49	87,5	44,5

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

Test 3 deney sonucu ve FEM analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 5.13’de MDF kapaklar için, Şekil 5.14’de ise YL kapaklar için gösterilmiş, görseller aynı zamanda aralarındaki farklı ve ortak deformasyon noktalarını da gösterecek şekilde belirlenmiştir.

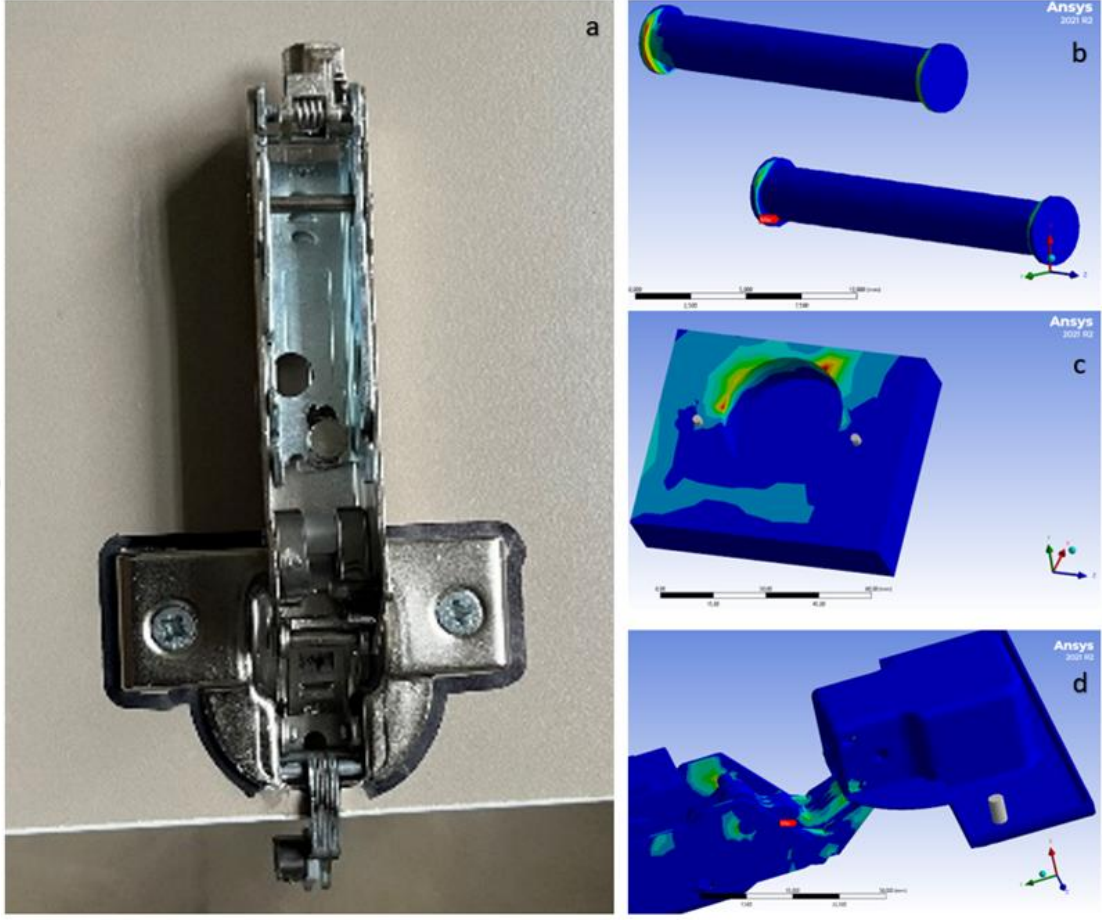


Şekil 5.13: Test 3, MDF Kapak: 6kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 4 kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.



Şekil 5.14: Test 3, YL Kapak: 4kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış a. Gerçek deney sonucu b. FEM analiz sonucu, 6kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış c. Gerçek deney sonucu d. FEM analiz sonucu.

Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 3. Testte günlük kullanımda kapağın herhangi bir yerinden tutup vurarak kapatma, hızlı kapatma-açma veya kontrolsüz kapatma-açma gibi yüklemelere uğramasını test etmek ve bunu simüle etmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemedan daha düşük çıkmıştır. Yüzde olarak iki sonucun yakınsamasına bakıldığında ise %50 ten fazla fark çıkan bazı değerler olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.3). Bu test grubunda uygulanan FEM analiz yönteminin gerçek deneylerle ancak %50 oranında örtüştüğü düşünülerek bir deney numunesi referans alınarak uygulamanın yapılması ve geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir (Tablo 5.3). 3.testten sonra gerçek deneylerin ilerlememesi ve menteşelerin kırılması hızlı açma kapama testindeki sonlara doğru artan stresleri de açıklar nitelikte olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.15: Test 4-MDF ve YL Kapakların testte son durumu (a). Gerçek deney sonucu kırılan menteşe (b). FEM maksimum deformasyonun olduğu kısım, c. Maksimum deformasyonun olduğu ikinci kısım d. FEM sonuçlarında menteşenin son durumu.

Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 4. Testte; kapağın günlük kullanımdaki ömrünü test etmek ve bunu simüle etmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemedan daha düşük çıkmıştır. Ancak her iki malzeme de üst menteşeden ayrılarak test prosedürünü tamamlamıştır. Gerçek deney sonuçlarıyla FEM analiz sonuçlarının tekrarları birbirine yakın bulunmuş olup, aradaki farkın MDF ve YL malzemenin S-N Curve değerinin tam bilinemediğinden, 3.testte bağlantı elemanlarından deforme olduğu anlaşıncı bağlantı elemanlarının malzemesi üstünden devam edildiği için olduğu düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında yukarıdaki sonuçları destekleyen nitelikte; Chen [72] yaptığı çalışmada bir mobilya dolabının menteşe mekanizmasının dinamiklerini incelemiştir. Açma ve kapama hareketleri sırasında kapı koluna uygulanan farklı yükler altında menteşe mekanizmasının

dinamik tepkisini göstermiştir. Kapıyı açmak için ve kapatmak için kullanılan minimum yüklerin ortaya konduğu deneyler ile simüle edilmiş sonuçların iyi bir uyum içinde olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde Zhou ve diğ. [65] sonlu elemanlar yöntemini (FEM) kullanarak değişen menteşe dağılımı konfigürasyonunda mobilya kapılarında maksimum sapma değerlerini 0,0093 mm ile 0,0172 mm (iki saat yükleme) ve gerilimlerini belirlemişlerdir. Kullanılan ahşap esaslı malzemelerin elastik özelliklerini de göz önünde bulunduran araştırmacılar, optimum menteşe sayısını ve mesafeyi belirlemek için deney yaparak bu yöntemle yakınlığını ortaya koyarak bu yöntemi önermişlerdir. Ancak Smardzewski ve diğ. [73] mobilya tasarımında genellikle 0,05 mm'yi aşan kapı sapmalarının, oranların veya estetiğin iyileştirilmesi üzerinde hiçbir etkisi olmadığının kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, bu saplamalı kapının operasyonel yüklerinde maksimum sapmalar, endüstriyel uygulamalara göre mümkün olan değerler olan 1,12 mm ile 7,23 mm arasında değişeceğini ve streslerin dağılımı konusunda da benzer açıklamalar yapılabileceğini çalışma sonucunda ortaya koymuşlardır.

5.3.2. Çekmece Deneylerine İlişkin Analiz Testlerinin Değerlendirilmesi

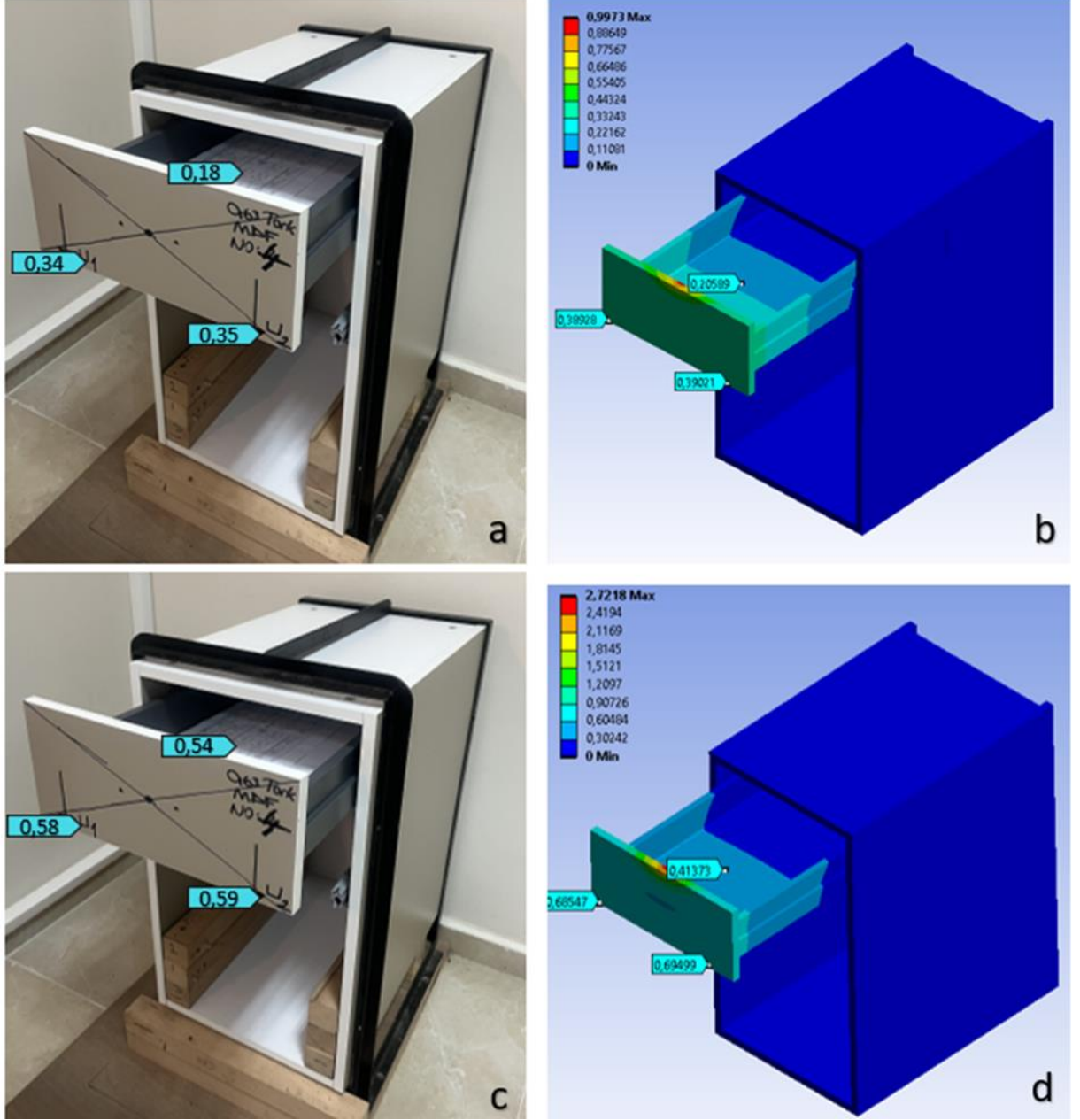
Bu çalışmada 2 farklı torkta montajlanan MDF ve YL malzemeden çekmecelerin standartlara uygun şekilde farklı ağırlık ve kuvvete maruz bırakılmış, istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılan kapaklarda bu etki faktörleri sonucunda sehim deformasyonları ardışık ve ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çekmeceler; ön kapak, ön kapak çekmece kasa bağlantısı, ray, ray bağlantı elemanı vidalar ve çekmece altlığı ile genel çekmece durumu ele alınarak modellenmiş deneylerde uygulanan yöntemin aynısı veya en yakını sonlu elemanlar analiz yöntemiyle de hesaplanmıştır. Çekmecelerin FEM sonuçları, gerçek testlerle olan farklılığı ve yakınlığı irdelenmiştir.

Tablo 5.4: MDF ve YL Çekmecelere uygulanan Test 1 (Uzatma elemanları mukavemet testi) sonuçlarının karşılaştırılması.

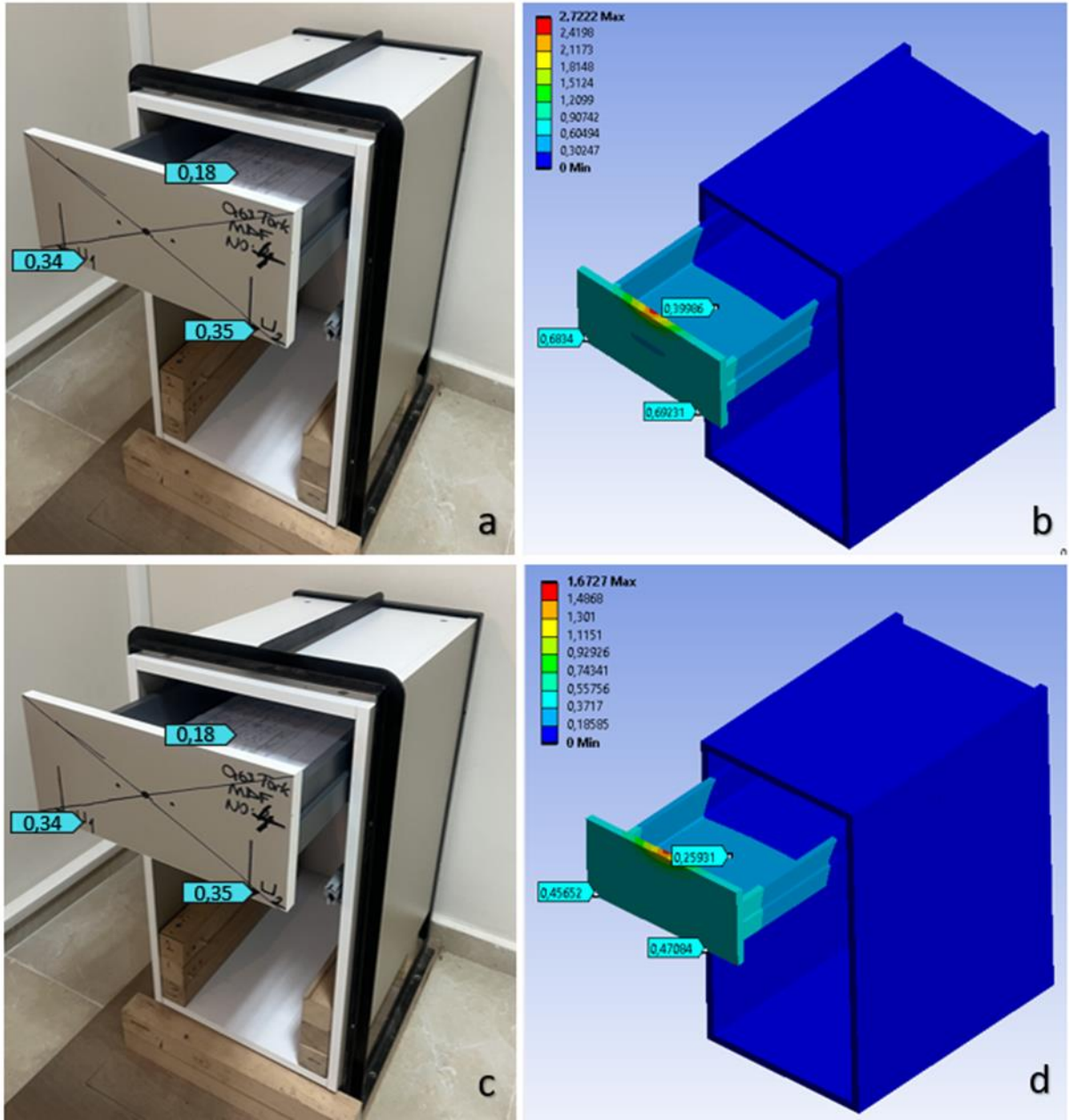
Malzeme	Tork (N/m)	Ağırlık (kg)	Deney Sonuçları			Sonlu Elemanlar Sonuçları			Fark (%)		
			U1(ort) (mm)	U2(ort) (mm)	U3(ort) (mm)	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)	U1	U2	U3
MDF ÇEKMECELER	1,3	100N/ 2,5kg	0,29	0,29	0,14	0,29	0,29	0,16	100,00	100,00	114,29
	0,63		0,29	0,31	0,16	0,29	0,3	0,17	100,00	96,77	106,25
	1,3★	150N/ 2,5kg	0,34	0,35	0,18	0,34	0,34	0,18	100,00	97,14	100,00
	0,63		0,38	0,4	0,23	0,39	0,39	0,2	102,63	97,50	86,96
	1,3	250N/ 3,5kg	0,56	0,58	0,33	0,57	0,57	0,34	101,79	98,28	103,03
	0,63★		0,58	0,59	0,34	0,57	0,57	0,34	98,28	96,61	100,00
	1,3	300 N/6,5kg	0,65	0,66	0,36	0,66	0,66	0,38	101,54	100,00	105,56
	0,63		0,8	0,82	0,36	0,8	0,81	0,38	100,00	98,78	105,56
	1,3	450N/ 8,5kg	0,95	0,97	0,51	0,95	0,96	0,51	100,00	98,97	100,00
	0,63		0,96	0,97	0,52	0,95	0,97	0,52	98,96	100,00	100,00
YL ÇEKMECELER	1,3	100N/ 2,5kg	0,34	0,36	0,18	0,34	0,34	0,18	100,00	94,44	100,00
	0,63		0,36	0,37	0,2	0,34	0,34	0,2	94,44	91,89	100,00
	1,3	150N/ 2,5kg	0,44	0,45	0,28	0,45	0,45	0,25	102,27	100,00	89,29
	0,63★		0,46	0,47	0,28	0,45	0,47	0,29	97,83	100,00	103,57
	1,3★	250N/ 3,5kg	0,67	0,68	0,38	0,68	0,69	0,39	101,49	101,47	102,63
	0,63		0,67	0,7	0,39	0,69	0,69	0,41	102,99	98,57	105,13
	1,3	300N/ 6,5kg	0,78	0,8	0,44	0,79	0,81	0,44	101,28	101,25	100,00
	0,63		0,81	0,82	0,45	0,8	0,82	0,45	98,77	100,00	100,00
	1,3	450N/ 8,5kg	0,95	1,17	0,6	1,17	1,18	0,6	123,16	100,85	100,00
	0,63		0,96	1,21	0,62	1,17	1,19	0,61	121,88	98,35	98,39

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

Test 1 deney sonucu ve FEM analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 5.16’da MDF çekmeceler için, Şekil 5.17’de ise YL kapaklar için gösterilmiş, görseller aynı zamanda aralarındaki farklı ve ortak deformasyon noktalarını da gösterecek şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5.16: Test 1, MDF Çekmece: 150N/2,5kg yüklemede 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 250N/3,5kg yüklemede 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.



Şekil 5.17: Test 1, YL Çekmece: 250N/3,5kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 150N/2,5kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.

Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 1. Testte, çekmecelerin günlük kullanımda yukarıdan yüklemelere uğramasını test etmek ve bunu simüle amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemeden daha düşük çıkmıştır. Ayrıca 1,3N/m torkta montajlanan vidaların 0,63N/m torktakilere göre daha az deformasyon verdiği de belirlenmiştir. Yüzde olarak iki sonucun yakınsamasına bakıldığında ise %15 ten fazla fark çıkan bir değer belirlenmemiştir (Tablo 5.4). Bu test grubunda uygulanan

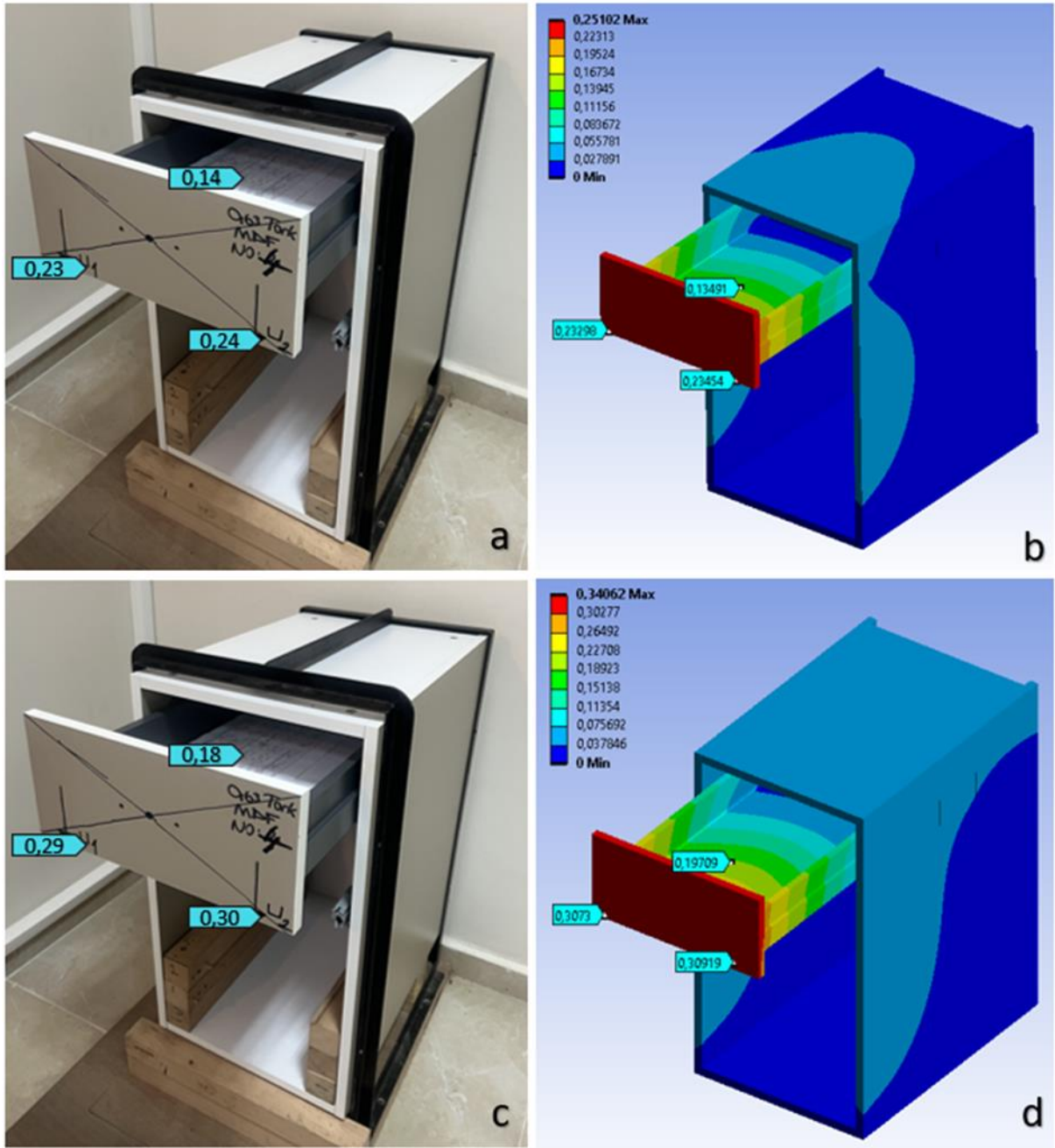
FEM analiz yönteminin gerçek deneylerle örtüştüğü bir deney numunesi referans alınarak uygulamanın yapılabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.5: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 2 (Uzatma elemanları mukavemet testi) sonuçlarının karşılaştırılması.

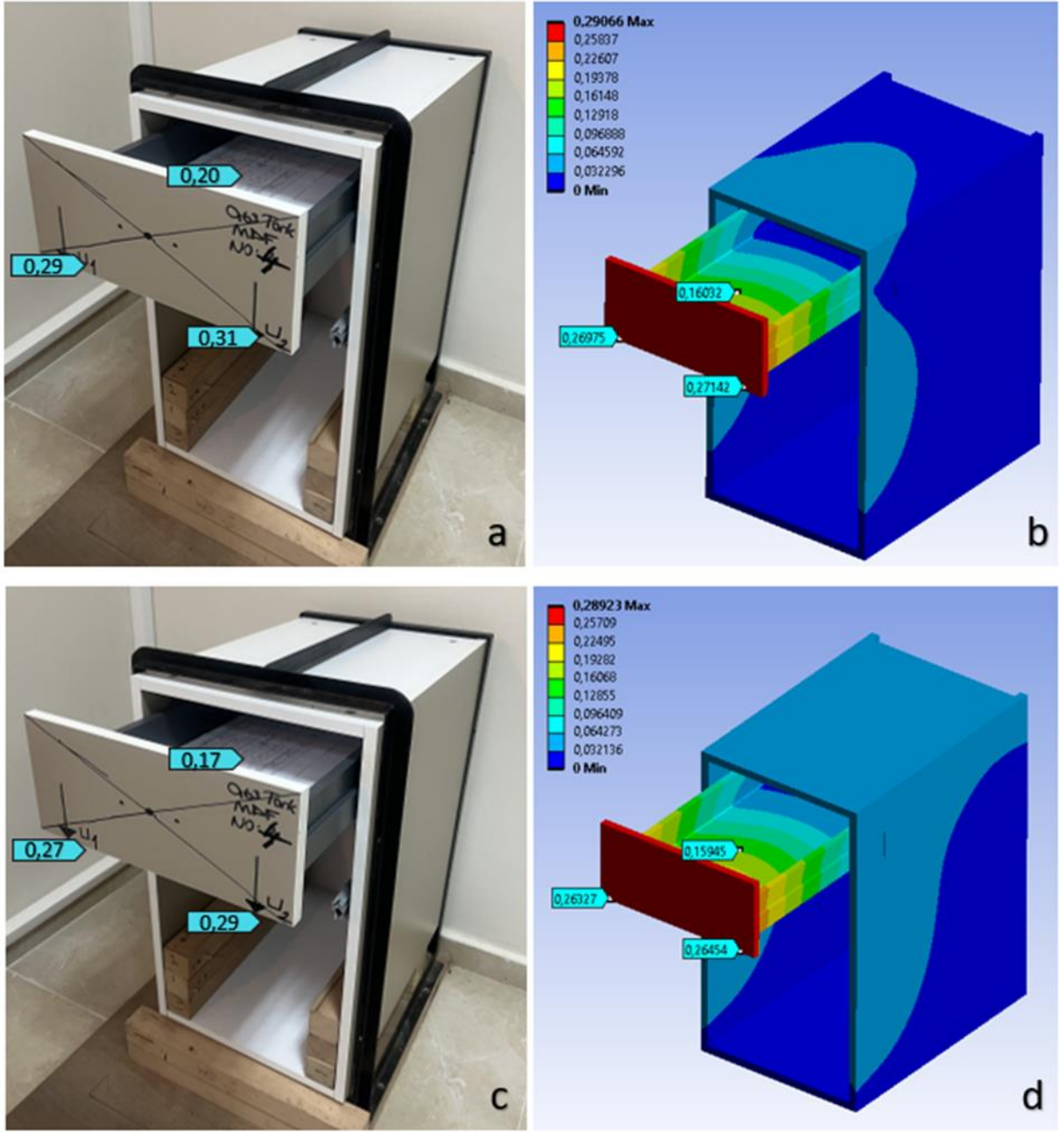
Malzeme	Tork (N/m)	Ağırlık (kg)	Deney Sonuçları			Sonlu Elemanlar Sonuçları			Fark (%)		
			U1(ort) (mm)	U2(ort) (mm)	U3(ort) (mm)	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)	U1	U2	U3
MDF ÇEKMECELER	1,3	30N/2,5kg	0,16	0,18	0,11	0,17	0,17	0,11	106,3	94,4	100,0
	0,63		0,18	0,19	0,12	0,17	0,17	0,12	94,4	89,5	100,0
	1,3	40N/2,5kg	0,19	0,19	0,13	0,19	0,19	0,12	100,0	100,0	92,3
	0,63		0,21	0,22	0,14	0,22	0,22	0,13	104,8	100,0	92,9
	1,3 ★	60N/3,5kg	0,23	0,24	0,14	0,23	0,23	0,13	100,0	95,8	92,9
	0,63		0,24	0,26	0,15	0,23	0,23	0,14	95,8	88,5	93,3
	1,3	70N/6,5kg	0,25	0,26	0,15	0,23	0,24	0,14	92,0	92,3	93,3
	0,63		0,26	0,27	0,16	0,24	0,24	0,15	92,3	88,9	93,8
	1,3	80N/8kg	0,28	0,29	0,17	0,26	0,27	0,16	92,9	93,1	94,1
	0,63 ★		0,29	0,3	0,18	0,27	0,27	0,17	93,1	90,0	94,4
YL ÇEKMECELER	1,3	30N/2,5kg	0,19	0,19	0,12	0,19	0,19	0,12	100,0	100,0	100,0
	0,63		0,2	0,21	0,13	0,19	0,19	0,13	95,0	90,5	100,0
	1,3	40N/2,5kg	0,2	0,21	0,13	0,21	0,22	0,13	105,0	104,8	100,0
	0,63		0,21	0,23	0,15	0,22	0,22	0,13	104,8	95,7	86,7
	1,3	60N/3,5kg	0,25	0,27	0,15	0,26	0,26	0,15	104,0	96,3	100,0
	0,63 ★		0,27	0,28	0,17	0,26	0,27	0,15	96,3	96,4	88,2
	1,3	70N/6,5kg	0,27	0,29	0,17	0,27	0,28	0,17	100,0	96,6	100,0
	0,63		0,29	0,3	0,19	0,28	0,28	0,17	96,6	93,3	89,5
	1,3 ★	80N/8kg	0,29	0,31	0,2	0,3	0,3	0,19	103,4	96,8	95,0
	0,63		0,31	0,34	0,24	0,3	0,3	0,19	96,8	88,2	79,2

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

Test 2 deney sonucu ve FEM analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 5.18’de MDF çekmeceler için, Şekil 5.19’da ise YL kapaklar için gösterilmiş, görseller aynı zamanda aralarındaki farklı ve ortak deformasyon noktalarını ada gösterecek şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5.18: Test 2, MDF Çekmece: 60N/3,5kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 80N/3,5kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.



Şekil 5.19: Test 2, YL Çekmece: 80N/3,5kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 60N/3,5kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.

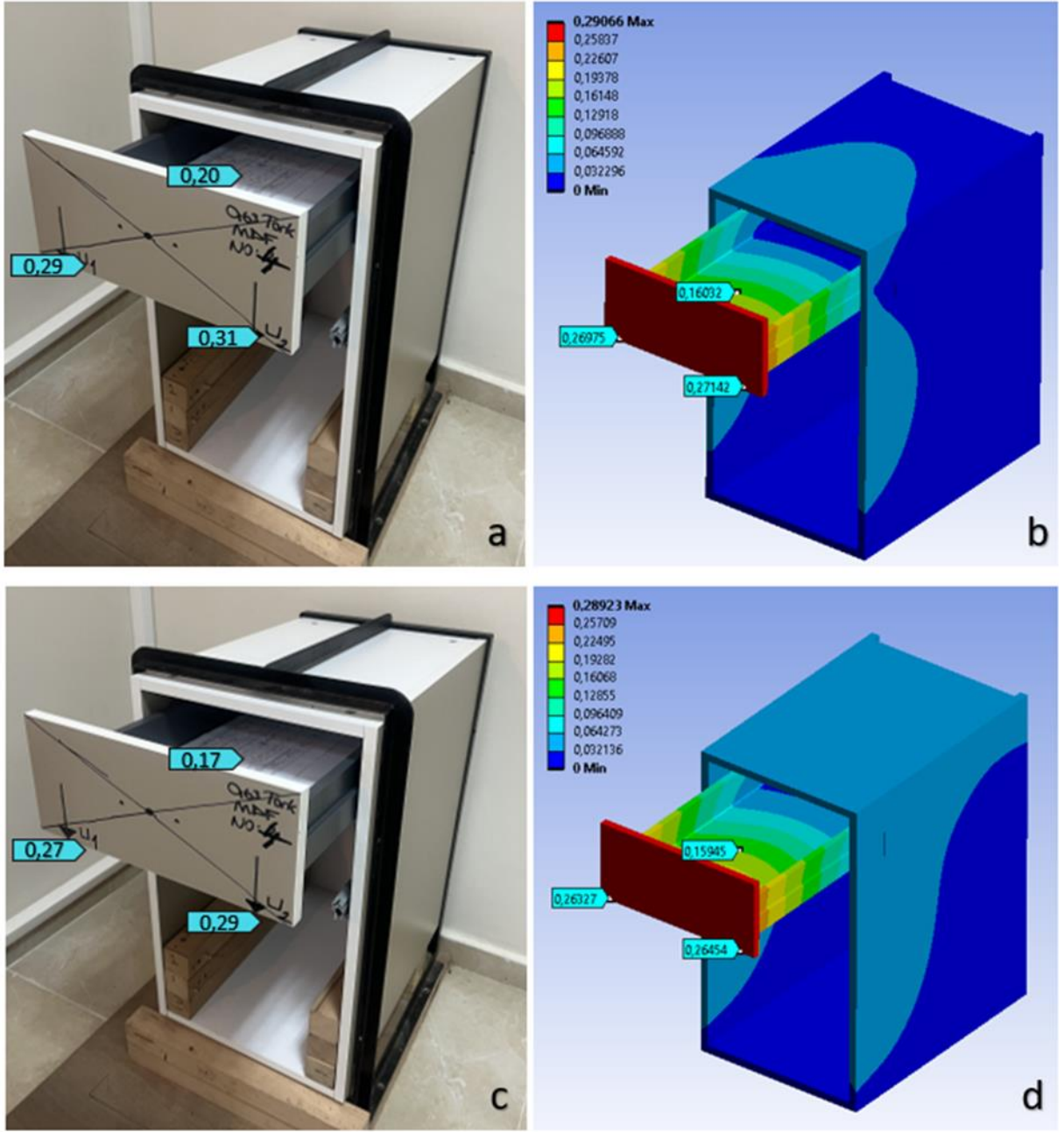
Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 2. Testte, çekmece altlığının günlük kullanımda açma kapatma sırasında oluşan deformasyonu test etmek ve bunu simüle etmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemeden daha düşük çıkmıştır. Yüzde olarak iki sonucun yakınsamasına bakıldığında ise %16 ten fazla fark çıkan bir değer belirlenmemiştir (Tablo 5.5). Bu test grubunda uygulanan FEM analiz yönteminin gerçek deneylerle örtüştüğü bir deney numunesi referans alınarak uygulamanın yapılabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.6: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı açma testi) sonuçlarının karşılaştırılması.

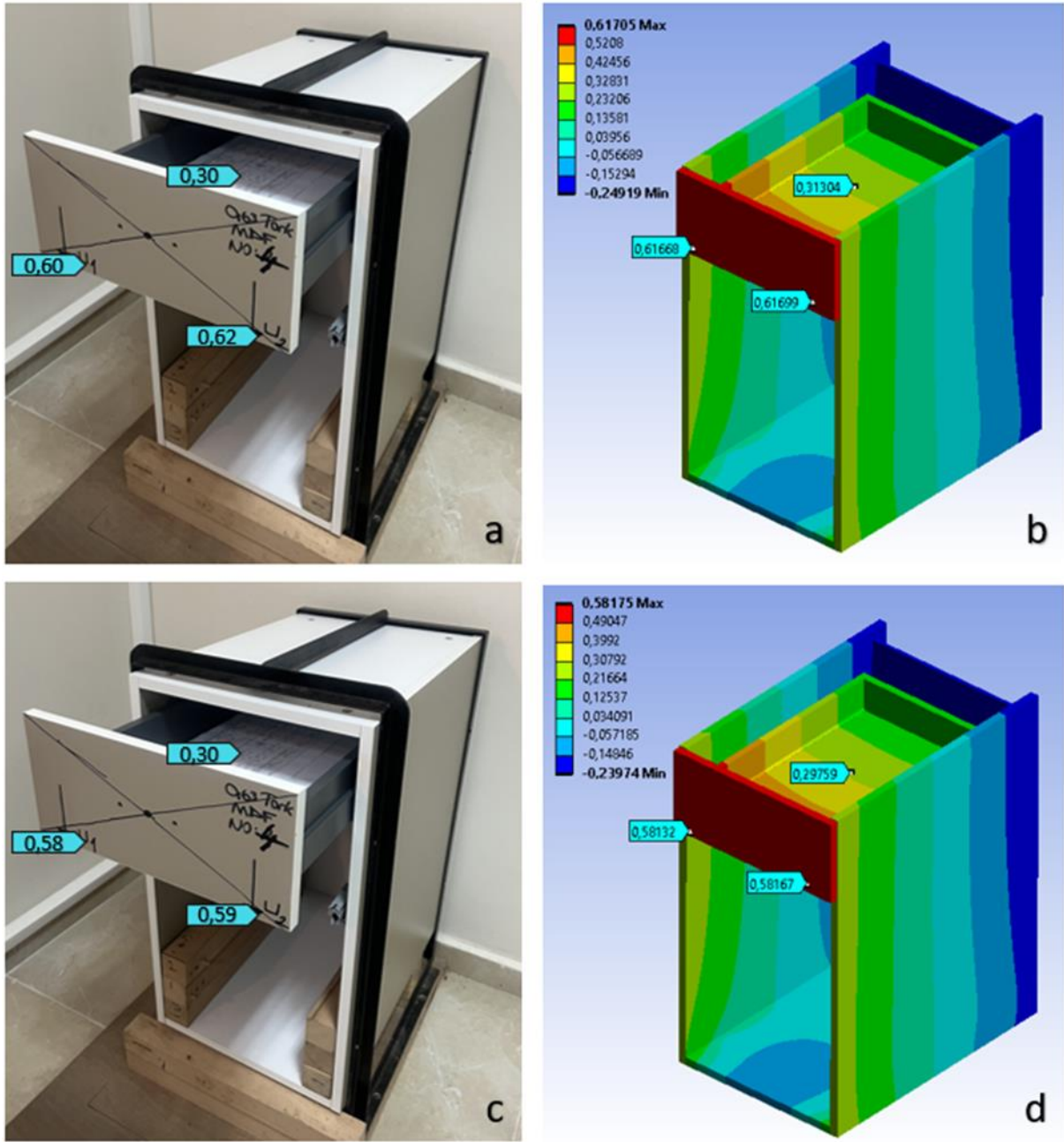
Malzeme	Tork (N/m)	Ağırlık (kg)	Deney Sonuçları			Sonlu Elemanlar Sonuçları			Fark (%)		
			U1(ort) (mm)	U2(ort) (mm)	U3(ort) (mm)	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)	U1	U2	U3
MDF ÇEKMECELER	1,3	2kg	0,45	0,47	0,2	0,46	0,46	0,21	102,2	97,9	105,0
	0,63		0,46	0,47	0,22	0,46	0,46	0,22	100,0	97,9	100,0
	1,3	2,3kg	0,47	0,48	0,23	0,49	0,49	0,23	104,3	102,1	100,0
	0,63		0,48	0,49	0,24	0,49	0,49	0,23	102,1	100,0	95,8
	1,3 ★	2,6kg	0,5	0,51	0,26	0,52	0,52	0,27	104,0	102,0	103,8
	0,63		0,52	0,53	0,28	0,52	0,52	0,28	100,0	98,1	100,0
	1,3	3kg	0,53	0,55	0,28	0,55	0,55	0,29	103,8	100,0	103,6
	0,63		0,56	0,57	0,31	0,55	0,55	0,3	98,2	96,5	96,8
	1,3	3,3kg	0,57	0,58	0,31	0,58	0,58	0,31	101,8	100,0	100,0
	0,63 ★		0,59	0,6	0,33	0,58	0,58	0,32	98,3	96,7	97,0
YL ÇEKMECELER	1,3	2kg	0,51	0,52	0,22	0,51	0,51	0,22	100,0	98,1	100,0
	0,63		0,52	0,53	0,24	0,52	0,52	0,25	100,0	98,1	104,2
	1,3	2,3kg	0,54	0,54	0,25	0,54	0,54	0,26	100,0	100,0	104,0
	0,63		0,58	0,56	0,27	0,54	0,54	0,27	93,1	96,4	100,0
	1,3	2,6kg	0,58	0,59	0,28	0,58	0,58	0,28	100,0	98,3	100,0
	0,63 ★		0,62	0,59	0,3	0,58	0,58	0,29	93,5	98,3	96,7
	1,3	3kg	0,63	0,63	0,3	0,61	0,61	0,31	96,8	96,8	103,3
	0,63		0,64	0,64	0,33	0,61	0,61	0,32	95,3	95,3	97,0
	1,3 ★	3,3kg	0,66	0,66	0,34	0,65	0,65	0,35	98,5	98,5	102,9
	0,63		0,67	0,68	0,37	0,65	0,66	0,36	97,0	97,1	97,3

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

Test 3-açma deney sonucu ve FEM analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 5.20’de MDF çekmeceler için, Şekil 5.21’de ise YL kapaklar için gösterilmiş, görseller aynı zamanda aralarındaki farklı ve ortak deformasyon noktalarını da gösterecek şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5.20: Test 3(açılma), MDF Çekmece: 2,6kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 3kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.



Şekil 5.21: Test 3 (açılma), YL Çekmece: 3kg yüklemde 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 2,6kg yüklemde 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.

Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 3. Testin ilk bölümünde (hızlı açma), çekmece ön kapağının, bağlantı elemanlarının, rayların ve altlığının günlük kullanımda hızlı veya sert açma kapatma sırasında oluşan deformasyonu test etmek ve bunu simüle etmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemedan daha düşük çıkmıştır. Non-lineer malzemenin kullanıldığı bu test yönteminde FEM analizlerinde tork etkili bir değişken olmamıştır ancak deneysel verilerde de benzerlik

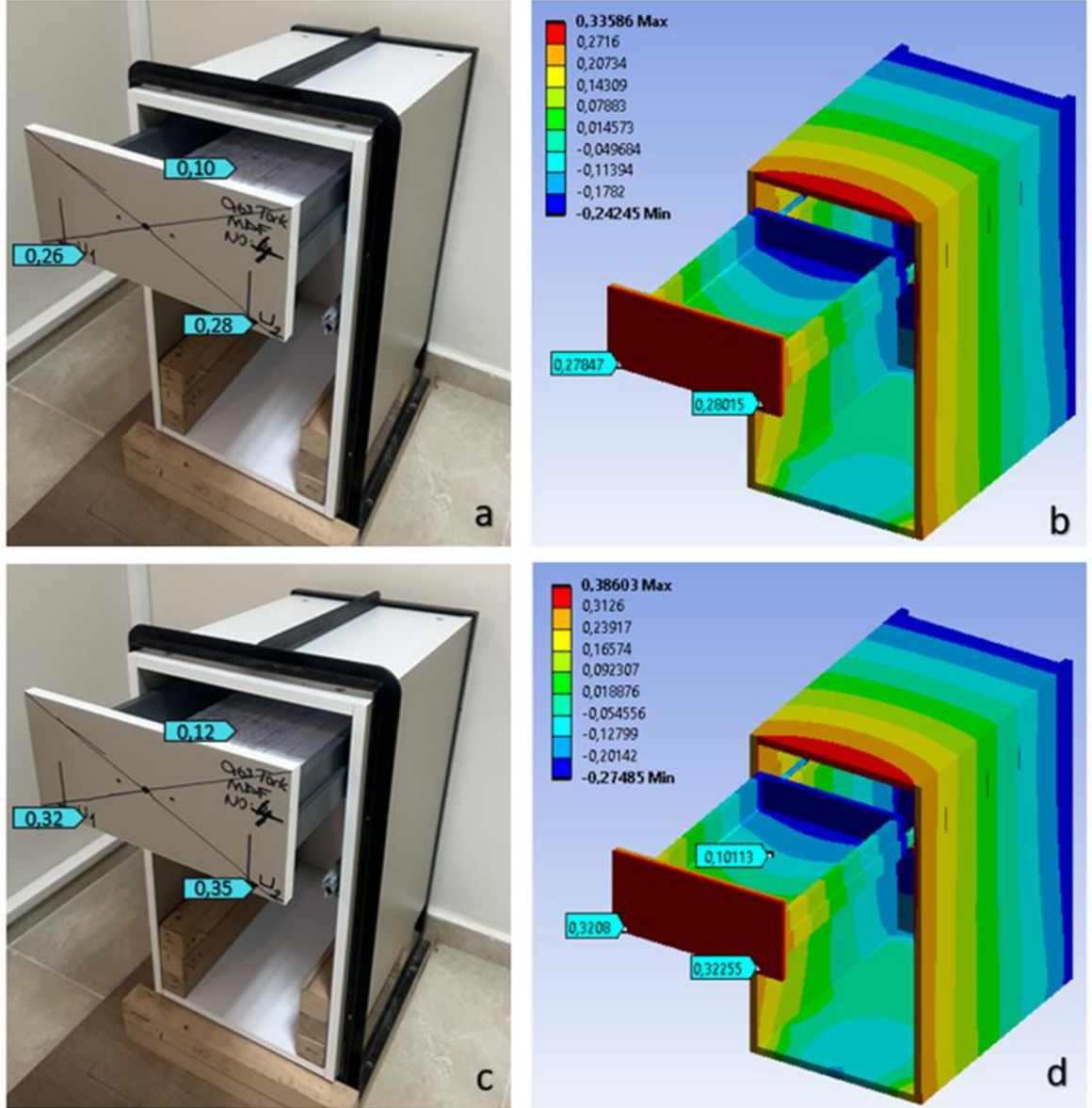
gösterdiği ortaya çıkmıştır. Buda hızlı açma kapama eyleminde torkun etkisinin olmadığını düşündürmektedir. Yüzde olarak iki sonucun yakınsamasına bakıldığında ise %6 dan fazla fark çıkan bir değer belirlenmemiştir (Tablo 5.6). Bu test grubunda uygulanan FEM analiz yönteminin gerçek deneylerle örtüştüğü bir deney numunesi referans alınarak uygulamanın yapılabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.7: MDF ve YL çekmecelere uygulanan Test 3 (Çekmecede uzatma elemanlarında hızlı kapama testi) sonuçlarının karşılaştırılması.

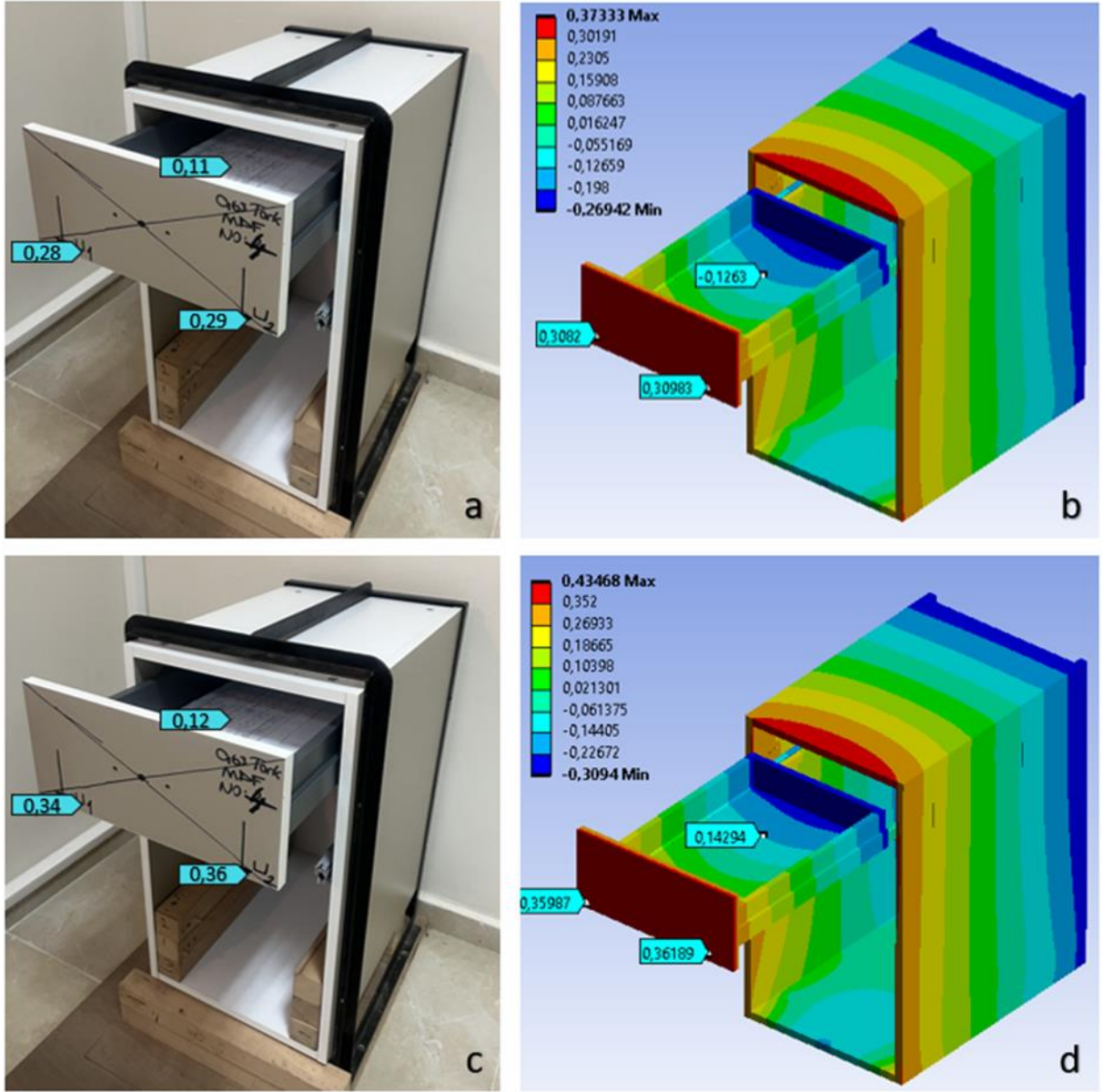
Malzeme	Tork (N/m)	Ağırlık (kg)	Deney Sonuçları			Sonlu Elemanlar Sonuçları			Fark (%)		
			U1(ort) (mm)	U2(ort) (mm)	U3(ort) (mm)	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)	U1	U2	U3
MDF ÇEKMECELER	1,3	1,3kg	0,18	0,19	0,06	0,18	0,18	0,07	100,0	94,7	116,7
	0,63		0,18	0,19	0,07	0,18	0,18	0,07	100,0	94,7	100,0
	1,3	1,5kg	0,19	0,2	0,07	0,22	0,22	0,08	115,8	110,0	114,3
	0,63		0,19	0,2	0,08	0,22	0,22	0,09	115,8	110,0	112,5
	1,3 ★	1,8kg	0,26	0,28	0,1	0,27	0,28	0,09	103,8	100,0	90,0
	0,63		0,28	0,29	0,11	0,28	0,28	0,1	100,0	96,6	90,9
	1,3	2kg	0,31	0,32	0,11	0,31	0,31	0,1	100,0	96,9	90,9
	0,63		0,32	0,35	0,12	0,32	0,32	0,1	100,0	91,4	83,3
	1,3	2,26kg	0,35	0,36	0,13	0,36	0,36	0,11	102,9	100,0	84,6
	0,63 ★		0,36	0,39	0,14	0,37	0,37	0,12	102,8	94,9	85,7
YL ÇEKMECELER	1,3	1,3kg	0,19	0,2	0,09	0,2	0,21	0,1	105,3	105,0	111,1
	0,63		0,2	0,21	0,1	0,21	0,22	0,1	105,0	104,8	100,0
	1,3	1,5kg	0,23	0,24	0,1	0,25	0,25	0,11	108,7	104,2	110,0
	0,63		0,24	0,25	0,11	0,25	0,26	0,11	104,2	104,0	100,0
	1,3	1,8kg	0,28	0,29	0,11	0,3	0,3	0,12	107,1	103,4	109,1
	0,63 ★		0,29	0,3	0,12	0,3	0,3	0,12	103,4	100,0	100,0
	1,3	2kg	0,33	0,35	0,12	0,35	0,36	0,14	106,1	102,9	116,7
	0,63		0,34	0,36	0,13	0,36	0,36	0,14	105,9	100,0	107,7
	1,3 ★	2,26kg	0,38	0,4	0,14	0,41	0,41	0,15	107,9	102,5	107,1
	0,63		0,39	0,41	0,15	0,41	0,41	0,16	105,1	100,0	106,7

★: Görselli karşılaştırılması yapılan örnek.

Test 3-kapama deney sonucu ve FEM analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 5.22’de MDF çekmeceler için, Şekil 5.23’de ise YL kapaklar için gösterilmiş, görseller aynı zamanda aralarındaki farklı ve ortak deformasyon noktalarını ada gösterecek şekilde belirlenmiştir.



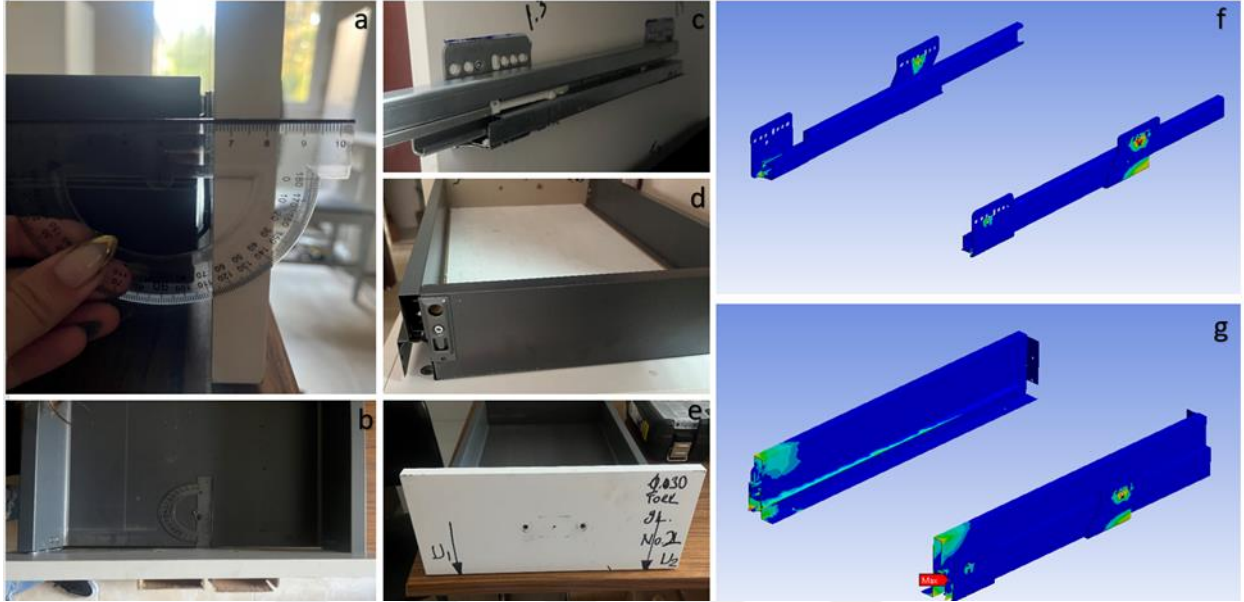
Şekil 5.22: Test 3 (kapama), MDF Çekmece: 1,78kg yüklemede 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 2kg yüklemede 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.



Şekil 5.23: Test 3 (kapama), YL Çekmece: 2kg yüklemede 1,3 tork ile vidalanmış (a). Gerçek deney sonucu (b). FEM analiz sonucu, 1,78kg yüklemede 0,63 tork ile vidalanmış (c). Gerçek deney sonucu (d). FEM analiz sonucu.

Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 3. Testin ilk bölümünde (hızlı kapama), çekmece ön kapağının, bağlantı elemanlarının, rayların ve altlığının günlük kullanımda hızlı veya sert açma kapatma sırasında oluşan deformasyonu test etmek ve bunu simüle etmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemedan daha düşük çıkmıştır. Non-lineer malzemenin kullanıldığı bu test yönteminde FEM analizlerinde tork etkili bir değişken olmamıştır ancak deneysel verilerde de benzerlik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Buda hızlı açma kapama eyleminde torkun etkisinin olmadığını düşündürmektedir. Yüzde olarak iki sonucun yakınsamasına bakıldığında ise %6

dan fazla fark çıkan bir değer belirlenmemiştir. Bu test grubunda uygulanan FEM analiz yönteminin gerçek deneylerle örtüştüğü bir deney numunesi referans alınarak uygulamanın yapılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.24: Test 4, MDF ve YL çekmecelerin testte son durumu (a). Gerçek deney sonucu (ön kapak) (b). Gerçek deney sonucu (altlık), (c). Gerçek deney sonucu (ray), (d). Gerçek deney sonucu (çekmece kasası), (e). Gerçek deney sonucu (ön kapak), (f). FEM sonuçlarında rayların son durumu, (g). FEM sonuçlarında ray aparatlarının son durumu.

Standartlara uygun yapılan deney sonuçlarından 4. Testte, çekmecenin günlük kullanımdaki ömrünü test etmek ve bunu simüle etmek amaçlanmıştır. Burada sehim sonuçları birbirine yakın çıkmış, MDF malzemenin sehim deformasyonu YL malzemededen daha düşük çıkmıştır. Her iki malzeme türünden olan çekmeceler de tüm testleri geçmiş, FEM analizlerinde de MDF malzemede 1019MPa, YL malzemede 994MPa strese kadar 1 milyon fonksiyonu yerine getirebileceği ortaya çıkmıştır. Şekil 5.24 f ve g görselleri 8kg içeri yüklemede oluşan deformasyonun son haline göstermektedir. Gerçek deney sonuçlarıyla FEM analiz sonuçlarının tekrarları birbirine yakın bulunmuş olup (Şekil 5.24 c-f, d-g), aradaki farkın MDF ve YL malzemenin S-N Curve değerinin tam bilinemediğinden, 3.testte bağlantı elemanlarından deforme olduğu anlaşılmış bağlantı elemanlarının malzemesi üstünden devam edildiği için olduğu düşünülmektedir. Literatürde çekmeceleri destekleyecek veya destekleyemeyecek çalışmaya rastlanılmamıştır.

Çalışma kapsamında yukarıdaki sonuçları destekleyen nitelikte; Smardzewski ve Klos [62], yaptıkları çalışmada açılıp kapanmaya maruz kalan levha elemanlarının eklem ikame rijitliğini

modellemiştir. Levha elemanlarının kavela bağlantı rijitliğinin sayısal olarak modellenmesi için alternatif yöntemler sunmuşlardır. Bu modülün değerlerini belirlemek, bu bağlantının sehimlerini tespit etmek, karşılaştırmak ve geliştirmek için en uygunu sonlu elemanlar yöntemiyle bulmuşlardır. Laboratuvar deneyleri ile sayısal hesaplamalar yoluyla yapılan değerlerin sapma değerini %3-4 arasında farklılık gösterdiğini savunmuşlardır. Benzer şekilde Cai ve Wang [91], çalışmalarında FEM ve analitik yöntem kullanarak birleştirmelerin çekme dayanımını araştırmışlardır. Çalışma kapsamında elde edilen deney sonuçları ile analitik ve numerik analizler karşılaştırılmış; analitik yöntem ile deneyler arasındaki tutarlılık düzeyinin de %80 ve numerik analiz ile deneyler arasındaki tutarlılık düzeyinin %83 olduğunu ifade etmişlerdir.

Çalışma kapsamında edinilen sonuçları destekleyen veya desteklemeyen literatür çalışmasına bazı konular ayrıntısında rastlanılmamıştır. Ancak kapak ve çekmece fonksiyonuna sahip farklı disiplinlerin çalışması bulunmaktadır. Wu ve diğ. [80] yaptıkları bir çalışmada havalandırılmalı bir odadaki termal etkilerin menteşeli kapılardaki akış özelliklerini incelemişlerdir. Sonlu elemanlar dinamik simülasyon analizi kullanarak bu akışın menteşeyi nasıl etkilediğini araştırmış, deney sonuçlarıyla örtüştüğünü ifade etmiştir. Akarçay ve diğ. [83] araştırmalarında otomotiv kapılarında menteşelerin farklı malzemedeki mevcut modeller üzerinden korozyon ve çekme davranışları açısından sonlu elemanlar ve deneysel sonuçları karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak optimize edilen menteşelerin yerine yeni bir menteşe adapte etmişlerdir. Ayrıca yazarlar bu durumun farklı disiplinlerde de menteşe ve kapak testlerine farklı yönlerden yaklaşılabileceğini ifade ederek, bu çalışmanın farklılığını da destekleyen bir ifade olmuştur. Kapak menteşelerine benzeyen bu çalışmalar yanında çekmece ray fonksiyonu ile aynı çalışan vinç rayları veya kaydırıcısı da literatürde çalışılan konulardandır. Yapılan bir çalışmada teleskopik rayların yapısı araştırma nesnesi olarak kullanılmıştır. FEA yazılımı ANSYS ve üst üste binen ve üst üste gelmeyen bölgelerdeki mukavemet hesaplama teorisi aracılığıyla sonuçları karşılaştırmalı olarak birleştirerek optimize etmeye çalışmışlardır. Modelin FEA sonuçlarının, sabit bağlantı yüzeylerinde eş düzlemli yol ile tüm analiz ve karşılaştırma boyunca ciddi distorsiyon fenomeni ortaya çıkardığı, distorsiyon derecesinin %354,5'e ulaştığı bildirilmiştir [132]. Ayrıca Shen ve diğ. [133] yaptıkları bir çalışmada teleskopik bom ile kaydırıcı arasındaki gerçek temas durumunun nasıl simüle edileceği, karmaşık doğrusal olmayan temas nedeniyle vinç endüstrisi için acilen çözülmesi gereken bir sorun olmuştur. Araştırma nesnesi olarak yeni büyük tonajlı demiryolu vinci alınmış, uluslararası gelişmiş

doğrusal olmayan sonlu elemanlar analiz yazılımı ABAQUS'un yardımıyla silindir modeli oluşturulmuş, kaplin kısıtlamaları ve konnektörleri, kayma sürtünmesi tanımlanarak silindir ve teleskopik bom arasındaki menteşeli ilişki oluşturulmuştur. Çalışmada seçilen numunelere benzer fonksiyonlarda kaynakların bulunduğu, anizotropik özellik gösteren ahşap malzemenin malzeme özelliklerin dolayı bu alanın sığ kaldığı düşünülmektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; mutfak mobilyalarında bulunan kabin tipi dolap kapaklarının ve yüklük olarak kullanılan çekmece altlıklarının ve çekmece birleştirmelerin (ön, sol-sağ yan ve arka parçaların birleşim noktaları) yük altındaki mekanik davranış özelliklerini ilgili standartlar ışığında incelemek, deneysel (gerçek) ve sonlu eleman yapısal analiz programları ile davranışlarının ne kadar yaklaşıklıkla temsil edilebileceği amaçlanmıştır.

Çalışmada kapak ve çekmece testleri standarda uygun şekilde 4 farklı bölümde test edilmiştir. Uygulanan laboratuvar testleri ve yapısal analizler hem tasarımcılara hem de üreticiler ve mühendisler mobilya daha üretilmeden sayısal veriler temin edecek olup mobilya testlerinin minimum düzeye indirilerek malzeme kullanımı ve süreçlerin planlanması konularında verimliliğin arttırılabileceği ortaya konmuştur.

Çalışmada kullanılan standartlar ışığında ilgili yöntemler sonucu elde edilen bulgulara göre, MDF malzemenin fiziksel, mekanik özelliklerde YL malzemeye göre gösterdiği üstünlük kapak ve çekmece deneylerinde de geçerli olduğu belirlenmiştir. Fiziksel mekanik özellikleri verilen levhaların sonlu elemanlar yönteminde malzeme tanımlaması ile oluşturulan modellerinde de yaklaşık sonuçlar alındığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca montajı yapılan mobilyaların vida torku biri düşük diğeri yüksek olarak seçilmiş ve aradaki farkı görmek için başkalaştırma yapılmadan aynı vida kullanılmıştır. Ulaşılan sonuçlardan bir tanesi de montajlama sırasındaki tork değerinin kapak ve çekmece sehimine etkisi olduğu yönünde olmuştur.

Laboratuvar sonuçlarına göre kullanılan menteşe ve bağlantı elemanları da düşünüldüğünde kapaklarda istenen sonuçlara ulaşılamadan testlerin tamamı sonlandırılmıştır. Özellikle testten ayrılan kapakların ortak özelliğinin üst menteşeden kırılarak kopması çalışmada önemli sonuçlardan bir tanesidir. Ürünlerin kalite değerlendirmesinin müşteri için dayanıklılığı veya ömrü olduğunu düşündüğümüzde yanlış bağlantı elemanı veya aksesuarın kullanılmasının bu değerlendirmeye cevap vermeyeceği ortaya çıkmıştır. Çekmecelerde kullanılan fonksiyonel rayların yükün direk bindiği çekmece altlığı dahil tüm çekmece kasasını koruduğu ve laboratuvar deneylerinde başarılı olduğu belirlenmiştir. Kapak testleriyle kıyaslandığında ise mühendislik tasarımının ürünün tasarım, üretim, test, analiz ve gerektiğinde optimizasyon

kısımında kullanıldığında tıpkı çekmece ray bağlantı elemanlarında olduğu gibi doğru ürünün seçilmesine olanak sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışma sonuçları kapsamında beklenen kazanımlar ve yaygın etkiler:

- Mühendislik tasarımlarının ürün, kalite, müşteri, performans gibi birçok alanda düşünülerek tasarlanması, modellenmesi ve geliştirilmesi,
- Mobilya montajlama aşamasında vida torku da göz önünde bulundurularak montajlamanın yapılması,
- Ürünlerin üretime başlamadan önce gerçek kullanım koşullarına uygun olacak şekilde bir prototipte deneysel (gerçek) testlerinin yapıldıktan sonra ya da sadece yapısal analiz programında da testlerinin yapılabilmesi,
- Ürün kalitesini ortaya koymaya yönelik deneysel laboratuvar testlerinin zaman, insan gücü maliyet ve en önemlisi üründe ciddi zayıflar sebep olduğu ve bunun önüne geçilebilmesinin teorik analizlerle olabileceği,
- Her bağlantı elemanının her üründe kullanılmaması gerektiği, önemli olanın müşteri gözünde uzun vadede deforme olmadan kullanılması ve bu amaçla bilgisayar destekli tasarım, analiz, modelleme ve optimizasyon yöntemlerinin laboratuvar testleriyle entegre çalışmasının sağlanması.

Kapak ve çekmece testleri BS EN 16122 standartlarına uygun şekilde yapılmıştır. Günlük yaşam koşullarında zaman içerisinde mobilyaya uygulanan kuvvet ve ağırlıkların bir özeti şeklinde yapılan bu testlerin bazı kısımlarında anlam zorluğu çekilmiş, üst üste yapılan testlerin fazladan deformasyona sebep olduğu düşünülerek testler arasındaki farkta hesaplanarak çalışma güvende tutulmaya çalışılmıştır. Ancak bu çalışma ile standartların dünya ve ulusal boyutta revize edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Gerçek veriler ile analiz verilerin birçok test türünde ortak çıkması yapılan tekrarların simülasyon ortamında daha hızlı ve kolay yapılabileceğini ortaya koymuştur. Toplamda 64 adet mutfak alt kabininden oluşan örneklerin deneysel verilerinin ortaya konması 18 ay sürmüş olup, ciddi bir maliyete sebep olmuştur. Bunun yanında simülasyonların modellenmesiyle birlikte 4 aylık bir zaman alması, maliyetlerden ve zamandan tasarruf sağlanabileceğini ortaya

koymuştur. Çalışma kapsamında kullanılan sonlu elemanlar yöntemi literatürdeki ifade ile nümerik analizler birçok disiplinde ve mühendislikte etkin ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak çalışma konusu mutfak mobilyaları hariç genel olarak mobilya sektöründe bu terimin kullanımı ve yapılan çalışmalar sınırlı miktardadır. Ürün henüz tasarım aşamasındayken Mobilyaların karşılaştacağı yükler karşısında elemanlarda oluşan gerilmeleri önceden hesaplayarak doğru ürün gruplarının seçimi, ürün noksanlıkları gibi yönlerden gerekli iyileştirmelerin yapılmasını sağlayarak firmalara malzeme ve zaman tasarrufuna, müşteriye ise memnuniyet konusunda büyük katkı sağlayacaktır.

FEM modelleri günümüzde birçok programda kullanılan bir sonlu elemanlar yöntemi haline gelmiştir. Programların ve yöntemin kullanılması ciddi bir alt yapı, birikim ve biraz da kabiliyet gerektirmektedir. Modeller oluşturulurken tasarım, kontak, malzeme, ağ örgüsü hatalarının olması hatalı çözümlere veya çözüme ulaşmaya neden olacaktır. Hatalı çözümlerin bile yanlış olduğunu anlamamanın bilgi birikimi gerektirdiği bu programlarda analiz hangi aşamada olursa olsun düzeltilebilir program tercihlerinde bulunmak gerekmektedir. Çalışmada hareketli parçaların yoğunlukta olması ve her test yönteminde on tekrara gidilmesi bazı testlerde mümkün olmadığından benzeri analiz yöntemleri kullanılarak çözüme ulaşılmıştır. Ayrıca birden çok yapısal analiz çeşidinin hareketli parçalarda birbirine bağlanma özelliğinin olmaması da programın hala geliştirilmekte olduğunun göstergesidir. Programda her malzemenin fiziksel mekanik özellikleri ve non-lineer özelliklerinin bulunmaması özellikle ahşap ve ahşap türündeki materyallerin kullanıldığı analizleri zorlamakta bu sebepten analize başlamadan kullanılacak malzeme özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Son olarak programın çalıştırıldığı bilgisayarın çözüm kapasitesinde olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ching, F., 2004, *İç Mekân Tasarımı: Resimli.* (Çev. B. Elçioğlu). İstanbul: Yapı Yayın. ISBN: 126-131-142-152.
2. Dilik, T. ve Kurtoğlu, K., 2019, *Mobilya ve Doğrama Konstrüksiyonları Ders Notu (Basılmamıştır).*
3. Efe, H., 1994, *Modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
4. Kasal, A., 2004, *Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların performans*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
5. Erdil, Y.Z., 2002, *Integrated product engineering and performance testing of furniture*, (Phd), Purdue University.
6. Lotake, A.A., Mulani, M.S., Meshram, R.D., Khedkar, M.Y., 2019, Comparative Stress Analysis of Connecting rod using ANSYS for Different Materials, *International Journal of New Technology and Research*, 5 (4), 79-81.
7. Sudarshan, B. ve Roy, S., 2019, Finite element analysis for engine cylinder head in ANSYS, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10 (6), 2229-5518.
8. Bhowmik, C., Chakraborti, P. ve Das, S.S., 2018, Dynamic analysis of typical composite electric power transmission tower structure by ANSYS, *International Journal of Computational Intelligence & IoT*, 1(1).
9. Eckelman, C., Hill, M. ve Cassens, D., 1991, Effective principles of product engineering and strength design for furniture manufacturing, Purdue University West Lafayette.
10. Smardzewski, J., 2015, *Furniture design*, Springer, Vol. 6.
11. Kaplinsky, R., Memedovic, O., Morris, M., Readman, J., 2003, The global wood furniture value chain: What prospects for upgrading by developing countries, *UNIDO Sectoral Studies Series Working Paper*, Vienna, 3-5.
12. Kirkham, P., 2006, Furniture history, in *Design History*, Routledge, p. 58-85.
13. Atmaca, M., 2016, Hide-a-bed sofa: The effects of transition from nomadic to settled life on Turkish furniture industry, *Mugla Journal of Science and Technology*, 2 (2), 135-138.
14. Scherer, G.W., 1990, *The Step-by-step Guide to Designing, Building, and Installing Home Custom Cabinets*, Prentice Hall.
15. Acord, T., 1999, Which is Better, Face Frame or Frameless, *Furniture and Design Manufacturing*, 58-62.
16. Janiga, J., 2000, Podstawy fizjologii pracy i ergonomii, *Towarzystwo Wolnej Wszechnicy Polskiej*, Oddział.
17. Dilik, T., Uçar, E., 2017, A research on the preferences of material and size in the Turkish kitchen furniture industry, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67 (2), 116-122.
18. Rıfat, K., 2019, Mobilya sektöründe e-ticaret'in GZFT analizi ile değerlendirilmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 616-627.

19. İmren, E., Karayılmazlar, S., Kurt, R., 2016, Selection of optimal establishment place using AHP (analytical hierarchy process): an application of furniture industry, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 48-54.
20. Bashimov, G., 2017, Mobilya endüstrisi: Türkiye'nin küresel piyasadaki karşılaştırmalı üstünlüğü, *İktisadi Yenilik Dergisi*, 4(2), 20-29.
21. Akbal, U., 2015, Dayanıklı Tüketim, Mobilya ve Orman Ürünleri Sektör Raporu 2014, *MÜSİAD*.
22. Sakarya, S., Doğan, Ö., 2016, Mobilya Sektör Raporu 2016, *Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği*, p. 36.
23. Mobilya Sektör Raporu, 2018, T.C., Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü, p. 14.
24. İstek, A., Özlüsoylu, İ., Kizilkaya, A., 2017, Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 132-138.
25. Erkinovna, K.D., 2022, Modern Materials for Furniture Design, *International Journal on Integrated Education*, 5 (3), 305-309.
26. Gonzalez-Garcia, S., Ferro, F.S., Silva, D., 2019, Cross-country comparison on environmental impacts of particleboard production in Brazil and Spain, *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104434.
27. Change, F.F.C., Emissions, E.T., Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. GT (accessed on 10 September 2022).
28. Gul, W., Khan, A., Shakoar, A., 2017, Impact of hot pressing temperature on medium density fiberboard (MDF) performance, *Advances in Materials Science and Engineering*.
29. Widsten, P., Tuominen, S., Leino, P., Laine, J.E., 2004, The influence of high defibration temperature on the properties of medium-density fiberboard (MDF) made from laccase-treated softwood fibers, *Wood Science and Technology*, 38, 521-528.
30. Mantanis, G.I., Athanassiadou, E.T., Barbu, M.C., Wijnendaele, K., 2018, Adhesive systems used in the European particleboard, MDF and OSB industries, *Wood material science & engineering*, 13(2), 104-116.
31. Association, C.P., 2002, ANSI 208.2 Medium Density Fiberboard (MDF) for Interior Applications, *Gaithersburg, MD*.
32. Taghiyari, H.R., Majidi, R., Arsalan, m.g., Moradiyan, A., Miltz, H., Ntalos, H., Papadopoulos, A.N., 2021, Penetration of different liquids in wood-based composites: The effect of adsorption energy, *Forests*, 12(1), 63.
33. Indrayani, Y., Setyawati, D., Yoshimura, T., 2014, Termite resistance of medium density fibreboard produced from renewable biomass of agricultural fibre, *Procedia Environmental Sciences*, 20, 767-771.
34. Abdellah, M.Y., Fahmy, H.S., Abdel-Jaber, G.T., 2017, Characteristic properties of glass fiber reinforced sugarcane bagasse medium density fiber board, *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, 29(3), 97-105.
35. Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., 2000, Yonga Levha Teknolojisi, *Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi*, (7), 120-126.
36. Bekhta, P., Noshchenko, G., Reh, R., Kristak, L., Sedliacik, J., Antav, P., 2021, Properties of eco-friendly particleboards bonded with lignosulfonate-urea-formaldehyde adhesives and PMDI as a crosslinker, *Materials*, 14 (17), 4875.
37. Bekhta, P., Korkut, S., Hiziroglu, D., 2013, Effect of pretreatment of raw material on properties of particleboard panels made from wheat straw, *BioResources*, 8(3), 4766-4774.
38. Örs, Y., Akyıldız, M.H., 2004, Türkiye Yongalevha Endüstrisinin Dış Ticaret Durumu, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 58-80.

39. Pritchard, J., Ansell, M.P., Thompson, R.J.H., 2001, Effect of two relative humidity environments on the performance properties of MDF, OSB and chipboard: Part 1. MOR, MOE and fatigue life performance, *Wood Science and Technology*, 35, 395-403.
40. Karaman, A., Güven, Ş., Yıldırım, M.N., 2017, Mutfak dolabı kapak modellerinde kullanıcı tercihleri: Banaz ilçesi örneği, *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 13 (1), 39-50.
41. Usta, İ., 2016, Ahşap: Mekanik Özellikler, *Yapı Dünyası*, 14 (31), 238-239.
42. Cassens, D.L., Bradtmueller, J.P., Picado, F., 1994, Variation in selected properties of industrial grade particleboard, *Forest Products Journal*, 44 (10), 50.
43. Pinchevska, O., Sedliacik, J., Zavorotnuk, O., Spirochkin, A., Hrabar, I., 2021, Durability of kitchen furniture made from medium-density fibreboard (MDF), *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen res Publica Slovaca*, 63 (1), 119-130.
44. Vassiliou, V., Barboutis, I., 2009, Bending strength of furniture corner joints constructed with insert fittings, *Annals of Warsaw University of Life Sciences–SGGW. Forestry and Wood Technology*, 67, 268-274.
45. Efe, H., İmirzi, H.O., 2007, Mechanical behaviour properties of various fasteners used in furniture production, *Journal of Polytechnic-Politeknik Dergisi*, 10 (1), 93-103.
46. Ho, C.L., Eckelman, C., 1994, The use of performance tests in evaluating joint and fastener strength in case furniture, *Forest Products Journal*, 44(9), 47.
47. Doğanay, S., 1995, *Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap malzemenin vida tutma direncinin belirlenmesi*, Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
48. Kłos, R., Langová, N., 2023, Determination of Reliability of Selected Case Furniture Constructions, *Applied Sciences*, 13 (7), 4587.
49. İmirzi, H., 2008, Farklı yapım teknikleri ve değişik kalınlıklardaki levhalar ile üretilmiş kutu tipi mobilyaların mukavemet özellikleri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.
50. Tora, S., 2004, *Strength and Construction Techniques for Kitchen Cabinet Back Panels*, Unpublished MS thesis., Purdue Univ., West Lafayette, IN.
51. Norvydas, V., Baltrušaitis, A., Juodeikienė, I., 2012, Investigation of miter corner joint strength of case furniture from particleboard, *Materials Science*, 18 (4), 352-357.
52. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011, *Mobilya ve İç Mekân Tasarımı: Çekmece Hazırlama*, Ankara, 3.
53. Wang, Y., Lee, S.H., 2014, Design and analysis on interference fit in the hardwood dowel-glued joint by finite element method, *Procedia Engineering*, 79, 166-172.
54. Kasal, A., Smardzewski, J., Kuşkun, T., Erdil, Y.Z., 2016, Numerical analyses of various sizes of mortise and tenon furniture joints, *Bioresources*, 11 (3), 1-18.
55. Haftkhani, A.R., Ebrahimi, G., Tajvidi, M., Layeghi, M., 2011, Lateral resistance of joints made with various screws in commercial wood plastic composites, *Materials & Design*, 32 (7), 4062-4068.
56. Maleki, S., Najafi, S.K., Ebrahimi, G., Ghofrani, M., 2017, Withdrawal resistance of screws in structural composite lumber made of poplar (*Populus deltoides*), *Construction and Building Materials*, 142, 499-505.
57. Smardzewski, J., 2005, The reliability of cabinet furniture, *Przemysł Drzewny*, 6, 24-27.
58. Smardzewski, J., 2009, The reliability of joints and cabinet furniture, *Wood Res*, 5(1), 67-76.
59. Smardzewski, J., 2004, Modeling of semi-rigid joints of the confirmat type, *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology*, 55.

60. Kasal, A., Erdil, Y.Z., Zhang, J., Efe, H., Avcı, 2008, Estimation equations for moment resistances of L-type screw corner joints in case goods furniture, *Forest Products Journal*, 58 (9).
61. Smardzewski, J., Ozarska, B., 2005, Rigidity of cabinet furniture with semi-rigid joints of the confirmat type, *Electronic journal of Polish Agricultural Universities*, 8(2).
62. Smardzewski, J., Klos, R., 2011, Modeling of joint substitutive rigidity of board elements, *Annals of Warsaw University of Life Science, Forestry and Wood Technology*, 73, 7-15.
63. Tankut, A.N., Tankut, N., Eckelman, C.A., 2007, Design and testing of wall cabinet frames constructed with round mortise-and-tenon joints, *Forest Products Journal*, 57 (3), 18.
64. Kowaluk, G., Fuczek, D., Beer, P., 2011, Influence of the raw materials and production parameters on chosen standard properties for furniture panels of biocomposites from fibrous chips, *BioResources*, 6 (3).
65. Zhou, J., Hu, C., Yun, H., Jiang, G., 2012, Optimization of hinge configuration of furniture doors using finite element analysis, *BioResources*, 7 (4), 5809-5816.
66. Vassiliou, V., Barboutis, I., 2005, Screw withdrawal capacity used in the eccentric joints of cabinet furniture connectors in particleboard and MDF, *Journal of Wood Science*, 51, 572-576.
67. Prekrat, S., Spanic, N., 2009, Scientific methods for determination of wooden corner joint designs/Znanstvene metode odredjivanja drvnih konstrukcija kutnih sastava, *Drvena Industrija*, 60 (4), 245-252.
68. Özkaya, K., Burdurlu, E., Ilce, A. C., Ciritoglu, H. H., 2010, Diagonal tensile strength of an oriented strand-board (OSB) frame with dovetail corner joint, *BioResources*, 5 (4).
69. Yuksel, M., Kasal, A., Erdil, Y.Z., Acar, M., Kuşgun, T., 2015, Effects of the panel and fastener type on bending moment capacity of L-type joints for furniture cases, *Pro Ligno*, 11 (4), 426-443.
70. Sert, A., 2018, *Mobilya Kapaklarında Levha Türü Ve Menteşe Konfigürasyonuna Göre Optimum En/Boy Oranının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
71. Erdinler, E.S., Seker, S., Hazir, E., Koc, K.H., 2023, Evaluation of the Factors Affecting Opening-Closing Performance of Wooden Cabinet Doors, *BioResources*, 18 (1).
72. Chen, F.C., 2004, Dynamics of Six-Bar Hinge Mechanism of a Furniture Cabinet, *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 28 (3-4), 551-566.
73. Smardzewski, J., Majewski, A., Łabęda, K., 2014, Effect of the hinge configuration on the dimensional behavior of furniture doors, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Wood Technology*, 17 (4).
74. Smardzewski, J., Majewski, A., 2013, Strength and durability of furniture drawers and doors, *Materials & Design*, 51, 61-66.
75. Zhang, X., He, J., Feng, W., Chen, X., 2019, Estimation Requiring Torque of Prosthetic Screw by Finite Element Analysis and Experiment, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 631 (3).
76. Toth, G., 2006, *Torque and angle controlled tightening of bolted joints*, Department of Mechanical Engineering, Institute of Engineering Design, University of Siegen, Germany
77. Marshall, M., Lewis, R., Dwyer-Joyce, R., 2006, Characterisation of contact pressure distribution in bolted joints, *Strain*, 42 (1), 31-43.
78. Olsson, J., Sandlund, P., 2008, *Form the design basis for screw joints*, Thesis (Msc), Lulea University of Technology.

79. Mukherji, S., 2008, *Exploring torque and deflection response characteristics to evaluate the ergonomics of DC torque tools via a tool test rig*, The Ohio State University.
80. Wu, Y., Feng, L., Liu, M., Wu, Z., Gao, N., 2022, Numerical study on transient airflows and air exchange induced by door motion in thermally stratified environment, *Building and Environment*, 223, 109498.
81. Schroth, J.G., Brueggeman, H.M., Grewal, N.P., 2007, Quick plastically formed aluminum doors: design and performance, *Journal of materials engineering and performance*, 16, 339-348.
82. Wang, S.B., Wu, C.F., 2015, Design of the force measuring system for the hinged door: Analysis of the required operating torque, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 49, 1-10.
83. Akarçay, E., Aydın, I., Kara, F., 2018, Alüminyum Alaşımından Üretilmiş Ticari Araç Menteşelerin Deneysel Veriler İle Numerik Analizlerinin Karşılaştırılması, 9th International Automotive Technologies Congress, Bursa, Türkiye.
84. Zhou, X., Xie, S., He, M., Fu, T., Yu, Q., 2023, Research and development of honeycomb door of full-side open boxcar and its simulation and vibration test, *International Journal of Structural Integrity*, 14 (3), 416-434.
85. Eckelman, C.A., 2003, Textbook of product engineering and strength design of furniture, *Purdue University*, West Lafayette, Indiana, 65-67.
86. Vassiljivkov, Y.Y., Marinova, A., 2010, Improving by reinforcement the deflection of shelves made of Particleboard and MDF, *Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries: PTF BPI*, Salzburg University of Applied Sciences, Kuchl, Austria, 1, 205.
87. Denizli-Tankut, N., Tankut, A., Eckelman, C., Gibson, H., 2003, Improving the deflection characteristics of shelves and side walls in panel-based cabinet furniture, *Forest Products Journal*, 53 (10).
88. Ozarska, B., Harris, G., 2007, Effect of cyclic humidity on creep behaviour of wood-based furniture panels, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Wood Technology*, 10 (3).
89. Göktaş, O., Ozan, E., Colak, A.M., Gunsul, U., 2004, Ağaç Levhalardan Yapılan Vidali Birleştirmeli Rafların Yüzeye Dik (Lateral) Yük Taşıma Performansları, *Teknoloji*, 7 (3).
90. Dalvand, M., Moradpour, P., 2017, Analysis of stress-strain distribution of dowel and glue line in L-type furniture joint by means of finite element method, *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 8 (2), 297-307.
91. Cai, L., Wang, F., 1993, Influence of the stiffness of corner joint on case furniture deflection, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 5 (6), 406-408.
92. Branowski, B., Zabłocki, M., Sydor, M., 2018, Experimental analysis of new furniture joints, *BioResources*, 13 (1), 370-382.
93. Podskarbi, M., Smardzewski, J., 2019, Numerical modelling of new demountable fasteners for frame furniture, *Engineering Structures*, 185, 221-229.
94. Özgür, A., Belgin, M.C., 2007, *Monotonik Yükleme Etkisi Altındaki Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kirişlerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Doğrusal Olmayan Analizi*, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22 (1).
95. Smardzewski, J., Lewandowski, W., Imirzi, H.O., 2014, Elasticity modulus of cabinet furniture joints, *Materials & Design*, 60, 260-266.

96. Oflazoglu, C., 2006, *Mobilyada Mühendislik Tasarımına Yönelik Bilgisayar Yazılımlarının Geliştirilmesi*, Makine Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 23-27.
97. Demirel, S., 2012, *Static and fatigue performance of oriented strandboard as upholstered furniture frame stock*, Thesis (MSc), Mississippi State University.
98. Eckelman, C.A., Erdil, Y.Z., 2000, *General Services Administration Upholstered Furniture Test Method-FNAE 80-214: A Description of the Method with Drawings*, General Services Administration (GSA). Wash., DC.
99. Demirel, S., Ergün, B., 2015, Mobilya Test Tekniklerinin Ülkemizdeki Durumu ve Uygulanmasının Önemi, *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 14 (2), 324-332.
100. Turner, M.J., Aero, J., 1956, Stiffness and deflection analysis of complex structures, *Journal of the Aeronautical Sciences*, 23 (9), 805-823.
101. Madenci, E., Guven, I., 2015, The finite element method and applications in engineering using ANSYS, *Springer*, 25-28.
102. Pěnčík, J., 2015, Modelling of Experimental Tests of Wooden Specimens from Scots Pine (*Pinus sylvestris*) with the Help of Anisotropic Plasticity Material Model, *Wood Industry/Drvna Industrija*, 66 (1).
103. Kasal, A., 2006, Determination of the strength of various sofa frames with finite element analysis, *Gazi University Journal of Science*, 19 (4), 191-203.
104. Grič, M., Joscak, P., Tarvainen, I., Ryonankoski, H., Lagana, R., Langova, N., Andor, T., 2017, Mechanical properties of furniture self-locking frame joints, *BioResources*, 12 (3), 5525-5538.
105. Smardzewski, J., Dzicegielewski, S., 1993, Stability of cabinet furniture backing boards, *Wood science and technology*, 28 (1), 35-44.
106. Ganowicz, R., Kwiatkowski, K., 1978, Experimentelle Prufung der Theorie der Verformungen von Schrankkonstruktionen, *Holztechnologie*.
107. Kotaś, T., 1958, *Sztywność mebli skrzyniowych*. Przemysł drzewny, 10, 10-14.
108. Eckelman, C., Rabiej, R., 1985, A comprehensive method of analysis of case furniture, *Forest Products Journal*, 35 (4), 62-68.
109. Smardzewski, J., 1996, *Sztywnosc mebli skrzyniowych*. Przemysł Drzewny, 47 (11), 7-11.
110. Yerlikaya, N.Ç., 2012, Effects of glass–fiber composite, dowel, and minifix fasteners on the failure load of corner joints in particleboard case-type furniture, *Materials & Design*, 39, 63-71.
111. Kureli, I., Altinok, M., 2011, Determination of mechanical performances of the portable fasteners used on case furniture joints, *African Journal of Agricultural Research*, 6 (21), 4893-4901.
112. Tankut, A.N., Tankut, N., 2009, Investigations the effects of fastener, glue, and composite material types on the strength of corner joints in case-type furniture construction, *Materials & Design*, 30 (10), 4175-4182.
113. Yerlikaya, N.Ç., Aktaş, A., 2012, Enhancement of load-carrying capacity of corner joints in case-type furniture, *Materials & Design*, 37, 393-401.
114. Nicholls, T., Crisan, R., 2002, Study of the stress-strain state in corner joints and box-type furniture using Finite Element Analysis (FEA), *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60 (1), 66-71.
115. Eckelman, C.A., 1970, *Codoff: Computer Design of Furniture Frames: User's Manual*, Purdue University, Agricultural Experiment Station.

116. Chevalier, L., Makhoulouf, H., Jacquet-Faucillion, B., Launay, E., 2018, Modeling the influence of connecting elements in wood products behavior: a numerical multi-scale approach, *Mechanics & Industry*, 19 (3), 301.
117. Simek, M., Sebera, V., 2010, Traditional furniture joinery from the point of view of advanced technologies, *Proceedings of the international convention of society of wood science and technology and United Nations economic commission for Europe—Timber Committee*, Geneva, Switzerland.
118. Krzyżaniak, Ł., Smardzewski, J., Prekrat, S., 2020, Numerical modelling of stiffness of rta furniture with new externally invisible and dismountable joints, *Drvna industrija*, 71 (2), 209-214.
119. Tankut, N., Tankut, A.N., Zor, M., 2014, Finite element analysis of wood materials, *Drvna industrija*, 65 (2), 159-171.
120. Ke, Q., Lin, L., Chen, S., Zhang, F., Zhang, Y., 2016, Optimization of l-shaped corner dowel joint in pine using finite element analysis with taguchi method, *Wood Research*, 61 (2), 243-254.
121. Diler, H., Efe, H., Erdil, Y.Z., Kuşkun, T., Kasal, A., 2017, Determination of allowable design loads for wood chairs, *Proceedings of the XXVIII International Conference Research for Furniture Industry*, Poznan, Poland.
122. Laemlaksakul, V., 2008, Innovative design of laminated bamboo furniture using finite element method, *Int. J. Math. Comput. Simul*, 2, 274-284.
123. Hu, W., Liu, N., Guan, H., 2019, Optimal design of a furniture frame by reducing the volume of wood, *Drewno: prace naukowe, doniesienia, komunikaty*, 62.
124. Çolakoğlu, M.H., Apay, A.C., 2012, Finite element analysis of wooden chair strength in free drop, *International Journal of the Physical Sciences*, 7(7), 1105 - 1114.
125. Koolivand, M., Ardakani, R.R., Mahdavian, A., Saffari, H., 2023, Simulation of the 2016 Kumamoto Earthquakes Using the Finite Element Method with Concentrated Friction, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 1-12.
126. Høghøj, L.C., Conlan-Smith, C., Sigmund, O., Andreasen, C.S., 2023, Simultaneous shape and topology optimization of wings, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 66 (5), 116.
127. Porkolab, L., Lakatos, I., 2023, A Simulation System for Testing Side Crashes, in Non-Traditional Seating Positions, Self-Driving Cars, *Acta Polytechnica Hungarica*, 20 (7).
128. Moon, H., Kim, H., Kim, S.B., Kim, D.H., Kim, H.Y., 2011, Predicted minimum door-closing velocity based on a three-dimensional door-closing simulation, *Finite Elements in Analysis and Design*, 47 (3), 296-306.
129. Hu, X., Shi, K., Mao, J., Yu, Y., Wang, J., 2023, Optimization study on the influence of rearview mirror and side window glass on interior noise, *Journal of Vibration and Control*, <https://doi.org/10.1177/10775463231172070>.
130. Uğur, L., Duzcukoglu, H., Sahin, O.S., Akkus, H., 2020, Investigation of impact force on aluminium honeycomb structures by finite element analysis, *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 22 (1), 87-103.
131. Ganorkar, K., Goel, M., Chakraborty, T., 2023, Numerical Analysis of Double-Leaf Composite Stiffened Door Subjected to Blast Loading, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 37 (1), 04022067.
132. Xu, G., Han, X., Zuo, B., Yang, M., Dong, Q., 2015, Study on different treatment ways of slider joint for solid-webbed telescopic jib, *2015 7th International Conference on Mechanical and Electronics Engineering*, 6-17.

133. Shen, S., Zhang, Z., Gu. B., 2015, Research about Slider Nonlinear Contact Analysis of the Telescopic Boom with Cylinder Supporting, Proceedings of China Modern Logistics Engineering: Inheritance, Wisdom, Innovation and Cooperation, *Springer*, 441-453.
134. Türk Standartları Enstitüsü, 2012, *TS EN 312-Yonga levhalar - Özellikler*, Orman ve Orman Ürünleri İhtisas Grubu, Türkiye.
135. Türk Standartları Enstitüsü, 2005, *TS 64-3 EN 622-3 Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 3: Orta sert levhaların özellikleri*, in Orman ve Orman Ürünleri İhtisas Grubu.
136. İngiliz Standartları, 1994, *BS EN 326-1 Wood-based panels — Sampling, cutting and inspection — Part 1: Sampling and cutting of test pieces and expression of test results*.
137. Türk Standartları Enstitüsü, 1999, *TS EN 323 Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini*, Türkiye.
138. Türk Standartları Enstitüsü, 1999, *TS EN 322 Ahşap esaslı levhalar-Rutubet miktarının tayini*, Türkiye.
139. Türk Standartları Enstitüsü, 1999, *TS EN 317 Yonga levhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini*, Türkiye.
140. Türk Standartları Enstitüsü, 1999, *TS EN 310 Ahşap esaslı levhalar-Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini*, Türkiye.
141. Türk Standartları Enstitüsü, 1999, *TS EN 319 Yonga levhalar ve lif levhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini*, Türkiye.
142. Türk Standartları Enstitüsü, 2011, *TS EN 320 Yonga levhalar ve lif levhalar-Vida tutma mukavemetinin tayini*, Türkiye.
143. İngiliz Standartları, 2012, *BS EN 16122 Eysel ve evsel olmayan depolama mobilyaları - Mukavemet, dayanıklılık ve stabilitenin belirlenmesi için deney yöntemleri*, İngiltere.
144. İngiliz Standartları, 2006, *BS 4875-7 Mobilyaların sağlamlığı ve stabilitesi - Bölüm 7: Eysel ve sözleşmeli depolama mobilyaları - Performans gereksinimleri*, İngiltere.
145. George, D., 2011, *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference, 17.0 update, 10/e*. 2011: Pearson Education India.
146. Büyüköztürk, Ş., 2011, *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı (17. bs.)*. Ankara, Pegem Akademi, 42.
147. Belytschko, J.F.T., 2007, *A first course in finite elements*.
148. Çayıroğlu, İ., 2015, *Bilgisayar destekli tasarım ve analiz (ansys)*.
149. Bozkurt, A., Göker, Y., 1985, Fiziksel ve mekanik ağaç malzeme teknolojisi, *IU Orman Fak. Yay*, 230-231.

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

Mühendislik Tasarımı Yöntemiyle Mutfak Mobilyalarının Performans Parametrelerinin Analizi

ORJİNALLİK RAPORU

%11

BENZERLİK ENDEKSİ

%11

İNTERNET KAYNAKLARI

%2

YAYINLAR

%2

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

acikbilim.yok.gov.tr

İnternet Kaynağı

%6

2

dergipark.org.tr

İnternet Kaynağı

%1

3

docplayer.biz.tr

İnternet Kaynağı

%1

4

avesis.iuc.edu.tr

İnternet Kaynağı

%1

5

Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)

Öğrenci Ödevi

%1

6

nek.istanbul.edu.tr:4444

İnternet Kaynağı

<%1

7

www.researchgate.net

İnternet Kaynağı

<%1

8

ifc2018congress.com

İnternet Kaynağı

<%1

megep.meb.gov.tr