

**T.C.**

**MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**KAUÇUK AĞACI ÖZ SIVISINDAN ELDE EDİLEN**

**TUTKALIN ÖZELLİKLERİ VE AĞAÇ**

**MALZEMELERDE YAPIŞMA PERFORMANSININ**

**İNCELENMESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEHMET KELEŞ**

**EKİM 2018**

**MUĞLA**

**T.C.**

**MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**KAUÇUK AĞACI ÖZ SIVISINDAN ELDE EDİLEN**

**TUTKALIN ÖZELLİKLERİ VE AĞAÇ**

**MALZEMELERDE YAPIŞMA PERFORMANSININ**

**İNCELENMESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEHMET KELEŞ**

**EKİM 2018**

**MUĞLA**

# MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

## Fen Bilimleri Enstitüsü

### TEZ ONAYI

**MEHMET KELEŞ** tarafından hazırlanan **KAUÇUK AĞACI ÖZ SIVISINDAN ELDE EDİLEN TUTKALIN ÖZELLİKLERİ VE AĞAÇ MALZEMELERDE YAPIŞMA PERFORMANSININ İNCELENMESİ** başlıklı tezinin, 19/10/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

#### TEZ SINAV JURİSİ

Dr. Öğr. Üyesi. Selçuk DEMİRCİ (Üye)

Mobilya ve Dekorasyon Programı,  
Ege Üniversitesi, İzmir

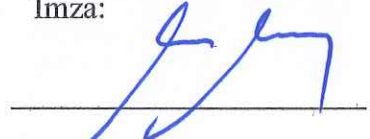
İmza:



Doç. Dr. Ertan ÖZEN (Danışman, Jüri Başkanı)

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Dr. Öğr. Üyesi. Mehmet YENİOCAK (Üye)

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



#### ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Mehmet ÇOLAK

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Doç. Dr. Ertan ÖZEN

I. Danışman, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

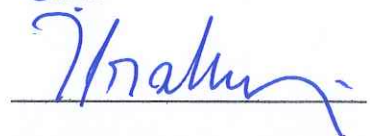
İmza:



Doç. Dr. İbrahim KIVRAK

II. Danışman, Kimya Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Savunma Tarihi: 19/10/2018

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

MEHMET KELEş

19/10/2018

**ÖZET**  
**KAUÇUK AĞACI ÖZ SIVISINDAN ELDE EDİLEN TUTKALIN**  
**ÖZELLİKLERİ VE AĞAÇ MALZEMELERDE YAPIŞTIRMA**  
**PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

Mehmet Keleş

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ağaçlı Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ertan Özen

Ekim 2018, 54 sayfa

Bu çalışmanın amacı kauçuk (*Hevea brasiliensis*) öz sıvısı içinde bulunan lateks maddesini yapıştırıcı takviye malzemeler (alifatik izosiyonatlar) ile reaksiyona sokarak elde edilecek karışımdan ağaç işleri endüstrisinde kullanılabilecek dayanıklı doğal tutkal üretmektir. Çalışma kapsamında tutkal ana maddesi olarak doğal sıvı lateks kullanılarak elde edilen tutkalın ağaç malzeme yapıştırmasındaki uyumu incelenmiş ve ağaç malzemeler bir ağaç sıvısı olan lateksten üretilen tutkal ile yapıştırılmıştır. Çalışmanın en önemli özgün değeri kullanılan ham maddenin doğal olmasıyla birlikte ağaç işleri endüstrisinde kullanılan fosil kaynaklı, fenol, üre, melamin ve formaldehit tutkallarının yerine alternatif olarak kullanılabilecek bir ürün olmasıdır. Çalışma kapsamında geliştirilen tutkalın özellikleri deneysel çalışmalar ile belirlenmiş olup, hazırlanan lateks tutkal, ağaç malzeme ve kompozit malzemedan hazırlanan deney örnekleri üzerine uygulanmıştır. Geliştirilen lateks tutkalı ve piyasada kullanılan Polivinil Asetat (PVA), Üre Formaldehit (ÜF) tutkallarının Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus orientalis*) ve kontrplak deney örnekleri üzerinde, yapışma testleri (fiziksel ve mekanik testler) incelenmiştir. Tutkal numunesinin viskozitesi, TS EN ISO 9665'e göre, tutkal numunesinin pH, değeri TS EN ISO 9665'e göre, tutkal numunesinin sınıflandırma tayini, TS EN 12765'e göre ve çekme deney örnekleri, BSEN302 ve TS 3969'a göre yapılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre, lateks/lateks + sertleştirici tutkalının yapışma direncinin, PVA tutkalının yapışma direncine göre düşük olduğu, ÜF tutkalına göre ise daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak, ÜF ve PVA tutkalların aksine ortam şartları zorlaştığında (su, sıcaklık miktarı artışı) lateks tutkalının yapışma direncin arttığı görülmektedir. Deneysel sonuçlar yapıştırılan sarıçam, kayın ve kontrplak malzemelerde yeterli çekim direncine sahip olduğunu ve hava koşullarından aşırı derecede etkilenmediğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kauçuk, *Hevea Brasiliensis*, Hekzametilen Di-isosiyonat Oligomerler, Tutkal, Yapışma.

## ABSTRACT

### THE PROPERTIES OF GLUE OBTAINED FROM RUBBER TREE SAP AND INVESTIGATION OF THE BONDING PERFORMANCE IN WOOD MATERIALS

Mehmet Keleş

Master of Science (M Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Woodworking Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Ertan Özen

October 2018, 54 pages

The aim of this work is to get stable natural glue, which can be used in woodworking industry, from a mixture deriving from a reaction between latex, present in rubber (*Hevea brasiliensis*) serum, and adhesive modifier elements (aliphatic isocyanates). In this work, natural liquid latex has been used as glue initial material. The adaptation of glue, gained from natural elements, at wooden material bonding has been examined and wooden materials have been bonded with glue produced from a tree. The most important authentic value of this work is being natural and being a technologic product which can be used -as an alternative- instead of fossil based, phenol, urea, melamine, formaldehyde glues which are used in woodworking industry. The features of latex glue, polyvinyl acetate glue (PVA) and urea formaldehyde glue were determined with experimental studies and latex glue was implemented on test samples prepared from wooden material and composite material. Adhesion tests (physical and mechanical tests) have been analyzed on the test samples of scotch pine, (*Pinus sylvestris L.*), beech (*Fagus orientalis*) and plywood. The viscosity of glue sample has been made according to TS EN ISO 9665, the pH to TS EN ISO 9665, the classification to TS EN 12765, and the tensile test samples have been made according to BSEN302, TS 3969. According to the results of the study, the adhesion resistance of the developed glue was determined lower when compared to PVA glue. Besides, the adhesion resistance of the developed glue was determined higher when compared to urea formaldehyde glue. Unlike PVA and urea formaldehyde glue, it was observed that the adhesion resistance of latex glue increases when the ambient conditions are hardened (high water and temperature). It was observed that the bonded pine, beech and plywood materials have sufficient tensile strength and are not severely affected by weather conditions.

**Keywords:** Rubber, *Hevea Brasiliensis*, Hexamethylene Diisocyanate, Oligomerler, Adhesive, Adhesion

## ÖNSÖZ

“Kauçuk Ağacı Öz Sıvısından Elde Edilen Tutkalın Özellikleri Ve Ağaç Malzemelerde Yapıştırma Performansının İncelenmesi” adlı bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ağaçışleri Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, desteğini ve ilgisini esirgemeyen Saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Ertan ÖZEN’e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında her zaman yol gösteren değerli bilgilerinden yararlandığım, Saygıdeğer Hocam ve 2. Tez Danışmanım Doç. Dr. İbrahim KIVRAK’a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında ahşap deney örneklerinin BS EN 302 standartlarına göre çekme testlerinin yapılmasında yardımını esirgemeyen Ankara Gazi Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ’ye çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında her zaman yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Mehmet ÇOLAK’a teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında değerli bilgilerini, idari desteğini ve anlayışını hiçbir zaman esirgemeyen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Dekanı değerli hocam Prof. Dr. Osman GÖKTAŞ’a teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında, çok değerli katkılarını gördüğüm Dr. Öğr. Üys. Mehmet YENİOCAK’a gönülden teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında, çok değerli katkılarını gördüğüm Dr. Öğr. Üys. Erkan AVCI’ya gönülden teşekkür ederim.

İşlemlerin yapılması sırasında, cihaz, makine, atölye ve sarf malzemesi sağlayan, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçışleri Endüstri Mühendisliğı Bölüm Başkanlığına teşekkür ederim.

Bu projenin yapılmasında maddi destek sağlayan Muğla Sıtkı Koçman üniversitesi 17/153 nolu BAP projeye teşekkür ederim

Tüm Yaşamım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli ailem; Annem, Babam, Eşim ve Kardeşlerime saygı ve şükranlarımı sunuyorum.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                 |          |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ÖNSÖZ.....                                                                      | vi       |
| İÇİNDEKİLER .....                                                               | vii      |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                         | x        |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                           | xii      |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                           | xiii     |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                           | <b>1</b> |
| 1.1. Problemin Tanımı .....                                                     | 2        |
| 1.2. Hipotez .....                                                              | 2        |
| 1.3. Amaçlar .....                                                              | 2        |
| 1.4. Kapsam ve Yöntem .....                                                     | 3        |
| 1.5. Literatür Araştırması .....                                                | 4        |
| <b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>                                                   | <b>9</b> |
| 2.1. Ağaç Malzemenin Genel Özellikleri .....                                    | 9        |
| 2.2. Kauçuk Ağacı.....                                                          | 9        |
| 2.2.1.Kauçuğun kullanım alanları.....                                           | 10       |
| 2.3. Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanılan Tutkalların Yeri ve Tarihsel Gelişimi | 11       |
| 2.4. Ağaç işleri Endüstrisinde Kullanılan Tutkallar.....                        | 13       |
| 2.4.1.Üre formaldehit tutkalı (ÜF).....                                         | 13       |
| 2.4.2.Fenol formaldehit tutkalı (FF) .....                                      | 14       |
| 2.4.3.Melamin-üre formaldehit tutkalı (MÜF) .....                               | 14       |
| 2.4.4.Çapraz bağlı polivinil asetat tutkalı (PVA) .....                         | 14       |
| 2.4.5.Elastomerik tutkallar.....                                                | 15       |
| 2.4.6.Termoplastik tutkallar.....                                               | 15       |
| 2.5. Tutkalların Özellikleri.....                                               | 15       |
| 2.6. Yapışmayı etkileyen faktörler .....                                        | 16       |
| 2.6.1.Ahşap malzemeye yönelik faktörler .....                                   | 16       |
| 2.6.1.1.Odunun yapısı.....                                                      | 16       |
| 2.6.1.2.Yüzey yapısı ve pürüzlülüğü .....                                       | 16       |
| 2.6.2.Prese yönelik faktörler .....                                             | 16       |
| 2.6.3.Tutkala yönelik faktörler .....                                           | 17       |

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.6.3.1. Tutkalın akıcılığı (Vizkozite).....                                                | 18        |
| 2.6.3.2. Tutkalın pH değeri.....                                                            | 19        |
| 2.6.3.3. Tutkalın dinlendirilme süresi.....                                                 | 20        |
| 2.6.3.4. Tutkalın tüketilme süresi.....                                                     | 20        |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>                                                           | <b>21</b> |
| 3.1. Materyal .....                                                                         | 21        |
| 3.1.1. Ağaç malzemeler .....                                                                | 21        |
| 3.1.1.1. Rus çamı ( <i>Pinus Elliottis</i> ).....                                           | 21        |
| 3.1.1.2. Kayın( <i>Fagus orientalis Lipsky</i> ) .....                                      | 21        |
| 3.1.1.3. Kontrplak.....                                                                     | 22        |
| 3.1.2. Yapıştırıcı malzemeler ve katkı maddeleri .....                                      | 22        |
| 3.1.2.1. Lateks.....                                                                        | 22        |
| 3.1.2.2. Haxamethylene diisocyanate (HDI) .....                                             | 22        |
| 3.1.2.3. Nonylphenol phosphate ester .....                                                  | 23        |
| 3.1.2.4. Cyclohexyldimethylamine.....                                                       | 23        |
| 3.2. Yöntem.....                                                                            | 23        |
| 3.2.1. Ahşap deney örneklerinin hazırlanması .....                                          | 23        |
| 3.2.1.1. Ahşap deney örneklerinin yoğunluk değerlerinin belirlenmesi.....                   | 24        |
| 3.2.1.2. Ahşap deney örneklerinin rutubet değerlerinin belirlenmesi.....                    | 25        |
| 3.2.2. Lateks tutkalının hazırlanması.....                                                  | 25        |
| 3.2.2.1. Elde edilen tutkalın vizkozite tayini.....                                         | 26        |
| 3.2.2.2. Elde edilen tutkalın pH tayini.....                                                | 26        |
| 3.2.2.3. Elde edilen tutkalın sınıflandırılması .....                                       | 27        |
| 3.2.3. Yapışma performans özelliklerinin belirlenmesi.....                                  | 28        |
| 3.2.4. İstatistiksel analiz .....                                                           | 30        |
| <b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>                                                         | <b>32</b> |
| 4.1. Tutkala Yönelik Bulgular.....                                                          | 32        |
| 4.1.1. Vizkozite değerleri .....                                                            | 32        |
| 4.1.2. pH değerleri .....                                                                   | 32        |
| 4.2. Ahşap malzemelere yönelik bulgular.....                                                | 33        |
| 4.3. Çekme Direnci Bulguları .....                                                          | 33        |
| 4.3.1. 7 gün standart atmosfer koşullarında bekleyen deney örneklerinin test edilmesi ..... | 33        |

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.2.7 gün standart atmosfer, 1 gün (20+5) °C'daki suda.....                              | 35        |
| 4.3.3.7 gün standart atmosfer, 3 saat 67 °c su, 2 saat 20 ± 5 24 °C'deki suda ...          | 37        |
| 4.3.4.7 gün standart atmosfer, 3 saat kaynayan su, 2 saat 20 ± 5 24 °C' deki suda<br>..... | 39        |
| <b>5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>                                                       | <b>43</b> |
| 5.1. Tutkalın Fiziksel Özelliklerine Yönelik Sonuçlar .....                                | 43        |
| 5.1.1.Viskozite testi sonuçları .....                                                      | 43        |
| 5.1.2.pH testi sonuçları .....                                                             | 43        |
| 5.2. Tutkalın Yapışma Performansına Yönelik Sonuçlar .....                                 | 43        |
| 5.2.1.Çekme testi sonuçları .....                                                          | 43        |
| 5.3. Tartışma .....                                                                        | 47        |
| <b>6. KAYNAKLAR .....</b>                                                                  | <b>50</b> |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1. Odunun organik birleşenleri .....                                                                                                                                               | 9  |
| Çizelge 3.2. Dayanıklılık sınıflarının tanımı .....                                                                                                                                          | 27 |
| Çizelge 3.3. İnce bağlanma hatları için yapıştırıcı mukavemetinin asgari değerleri .                                                                                                         | 28 |
| Çizelge 3.4. Deneme deseni .....                                                                                                                                                             | 28 |
| Çizelge 4.1. Vizkozite tayini değerleri .....                                                                                                                                                | 32 |
| Çizelge 4.2. pH tayini değerleri .....                                                                                                                                                       | 32 |
| Çizelge 4.3. Ahşap malzemelerin rutubet ve yoğunluk değerleri .....                                                                                                                          | 33 |
| Çizelge 4.4. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri.....                                                   | 34 |
| Çizelge 4.5. Çoklu varyans analizi sonuçları .....                                                                                                                                           | 34 |
| Çizelge 4.6. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları .....                         | 35 |
| Çizelge 4.7. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları .....  | 35 |
| Çizelge 4.8. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri.....                                                    | 36 |
| Çizelge 4.9. Çoklu varyans analizi sonuçları .....                                                                                                                                           | 36 |
| Çizelge 4.10. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları .....                        | 37 |
| Çizelge 4.11. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları ..... | 37 |
| Çizelge 4.12. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri.....                                                   | 38 |
| Çizelge 4.13. Çoklu varyans analizi sonuçları .....                                                                                                                                          | 38 |
| Çizelge 4.14. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları .....                        | 39 |
| Çizelge 4.15. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları ..... | 39 |
| Çizelge 4.16. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri.....                                                   | 40 |

|                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.17. Çoklu varyans analizi sonuçları .....                                                                                                                                          | 40 |
| Çizelge 4.18. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları .....                        | 41 |
| Çizelge 4.19. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları ..... | 41 |
| Çizelge 5.1. Tutkalların çekme dirençleri ve standart ile karşılaştırılması .....                                                                                                            | 44 |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. <i>Hevea Brasiliensis</i> ağacından elde edilen kauçuk .....                              | 10 |
| Şekil 2.2. İki ağaç malzemenin yapıştırılmasında yapıştırıcı katmanının yapısı (Burdurlu, 1994)..... | 11 |
| Şekil 3.3. Ahşap deney örnekleri .....                                                               | 24 |
| Şekil 3.4. Yoğunluk ve rutubet testleri için deney örneklerinin iklendirilmesi .....                 | 25 |
| Şekil 3.5. Viskozimetre .....                                                                        | 26 |
| Şekil 3.6. pH ölçer.....                                                                             | 26 |
| Şekil 3.7. Çekme deneylerinde kullanılacak sarıçam ve kayın malzemelerin teknik resmi .....          | 29 |
| Şekil 3.8. Çekme deneylerinde kullanılacak kontrplak malzemenin teknik resmi ....                    | 29 |
| Şekil 3.9. Universal test cihazı ve test yöntemi .....                                               | 30 |
| Şekil 5.10. 7 gün standart atmosfer koşullarında .....                                               | 44 |
| Şekil 5.11. 7 gün standart atmosfer, 1 gün (20+5) °C'deki suda .....                                 | 45 |
| Şekil 5.12. 7 gün standart atmosfer, 3 saat 67 °c su, 2 saat 20 ± 5 24 °C'deki suda .                | 46 |
| Şekil 5.13. 7 gün standart atmosfer, 3 saat kaynayan su, 2 saat 20 ± 5 24°C'deki suda .....          | 47 |

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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

| Semboller | Açıklama              |
|-----------|-----------------------|
| cm        | Santimetre            |
| Cp        | Centipose             |
| F         | Kopma anındaki kuvvet |
| G         | Gram                  |
| m         | Metre                 |
| mm        | Milimetre             |
| mo        | Kuru haldeki ağırlık  |
| mr        | Rutubetli ağırlık     |
| N         | Newton                |
| R         | Rutubet               |
| S         | Standart Sapma        |
| V         | Hacim                 |

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>                                                                         |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| HDI                | Haxamethylene diisocyanate                                                              |
| mPa.S              | Millipascal                                                                             |
| MUF                | Melamin Üre Formaldehit tutkalı                                                         |
| PF                 | Fenol Formaldehit tutkalı                                                               |
| PVA                | Polivinil Asetat tutkalı                                                                |
| TSE                | Türk Standartları Enstitüsü                                                             |
| ÜF                 | Üre Formaldehit tutkalı                                                                 |
| TS                 | Türk Standartları Enstitüsü                                                             |
| EN                 | Europeane Norm (Avrupa Standartlarının kısaltmasıdır)                                   |
| ISO                | International Organization for standardization (Uluslararası standart Organizasyonudur) |

## 1. GİRİŞ

Mobilya, birden fazla elemanın pek çok yapım teknikleri ile birleştirilmesiyle meydana gelmiş bir sistemdir. Özellikle ahşap mobilyada bu birleşmelerin direnç kaynağı tutkaldır. Tutkalların avantajlarının yanında zor koşullarda özelliklerini koruyamaması ve tutkallarda zehirli uçucu maddelerin olması gibi dezavantajları vardır. Bu dezavantajların giderilmesi için çeşitli tutkal türleri geliştirilmiştir. Kazein, nişasta ve hayvansal atıklardan elde edilen tutkallar zor koşullarda tutkal özelliklerini koruyamamaktadır. Bu yüzden bu tutkalların yerini yapay reçineler almıştır. Ancak, sentetik reçineler gibi tutkal türleri günümüzde odun panelleri yapımında kullanılan çok pahalı kimyasal bileşikler olduğu belirtilmiştir (Çetin ve Özmen, 2002; Alma, 1997). Ayrıca, bitki kaynaklı tanenlerin sulu ekstraktları odunu yapıştırmak için uygun hammaddelerdir. Bu nedenle, birçok ülkede bunların yerine atık sülfite çözeltilerinden ve tanenlerden tutkal üretilmeye başlanmıştır (Pizzi, 1994).

Günümüzde doğal tutkallara olan ilgi artmış ve bu alanda bir talep oluşmaya başlamıştır. Bu nedenle, orman ürünleri endüstrisinde ticari olarak kullanılan fosil kaynaklı fenol, üre ve melamin formaldehit tutkallarının yerine alternatif olarak kullanılabilecek geri dönüşümü olan, insan ve çevreye zararı olmayan doğal tutkallar üretilmektedir. Bu çalışmada, kauçuk (*Hevea brasiliensis*) öz sıvısı içinde bulunan lateks maddesinin, yapıştırıcı malzemeler olan Hexamethylene diisocyanate oligomerleri, Nonylphenol phosphate esterleri ve Cyclohexyldimethylamine ile reaksiyona sokularak dayanıklı doğal tutkal elde edilmiştir. Ana maddesi kauçuk ağacı olan bu tutkal, ağaç işleri endüstrisinde kullanılabilecek, hem özgün hem de bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışma ile sentetik tutkalların çevreye verdiği zararın en aza indirilmesi hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın en önemli özgün değeri kullanılan ham maddenin doğal olmasıyla birlikte ağaç işleri endüstrisinde kullanılan fosil kaynaklı, fenol, üre, melamin ve formaldehit tutkallarının yerine alternatif olarak kullanılabilecek teknolojik bir ürün olmasıdır.

### 1.1. Problemin Tanımı

Günümüzde ağaç işleri endüstrisinde kullanılan sentetik tutkallar petrol esaslı maddelerden üretilmektedir. Bu sentetik tutkallar, insan sağlığına ve çevreye oldukça zararlıdır. Örneğin; yüksek derecede eriyen tutkallar (termoplastik) kullanımı sırasında açığa çıkan gazlar bulunduğu zaman insan sağlığını tehdit etmektedir. Ayrıca, lif levha, yonga levha üretiminde ve kenar bantlama işlemlerinde kullanılan tutkallar ağaç malzemenin ekolojik değerini düşürmektedir.

### 1.2. Hipotez

Ağaç işleri ve orman ürünleri endüstrisinde ticari olarak kullanılan sentetik fenol, üre, melamin ve formaldehit gibi tutkallarının yerine alternatif olarak kullanılabilecek geri dönüşümü olan, insan ve çevreye duyarlı, ısı ve su gibi etmenlerden etkilenmeyen bir tutkal üretilir. Ayrıca, çevre kirliliğine neden olan fosil kaynaklı hammaddeler yerine yenilenebilir doğal hammaddelerin kullanımı sağlanabilir.

### 1.3. Amaçlar

Bu çalışmanın ilk amacı, kauçuk (*Hevea brasiliensis*) öz sıvısı içinde bulunan lateks maddesinin, yapıştırıcı malzemeler olan Hexamethylene diisocyanate oligomerleri, Nonylphenol phosphate esterleri ve Cyclohexyldimethylamine ile reaksiyona sokularak, petrol esaslı tutkallara alternatif dayanıklı doğal, çevre ve insan sağlığına duyarlı özellikle yaşam alanlarında güvenle kullanılabilecek tutkal elde etmektedir. Elde edilen tutkalın özellikleri deneysel çalışmalar ile belirlenecek olup, hazırlanan lateks tutkal, ağaç malzeme ve kompozit malzemedan hazırlanan deney örnekleri üzerine uygulanacaktır. Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), kayın (*Fagus orientalis*) ve kontrplak deney örnekleri üzerinde, yapışma testleri (fiziksel ve mekanik testler) incelenecektir. Bunun yanında çalışmanın alt amaçları aşağıda verilmiştir;

- 1) Orman ürünleri endüstrisinde ticari olarak kullanılan fosil kaynaklı, fenol, üre, melamin ve formaldehit tutkallarının yerine alternatif olarak kullanılabilecek geri dönüşümü olan, insan ve çevreye zararı olmayan doğal tutkallar üretilmesi.
- 2) Ahşap malzemelerde zamanla oluşabilecek dezavantajları (higroskopik ve deformasyon) önleyebilecek özelliklere sahip yeni alternatif tutkalların geliştirilmesi.
- 3) Doğal ham maddelerin tutkal malzemesi olarak ağaç ürünleri endüstrisi ekonomisine kazandırılması.
- 4) Ahşap malzemenin yüzeyine kolayca sürülebilecek ve ahşap malzemenin kolay absorbe edebileceği bir tutkal yapmak.
- 5) Her türlü ahşap yüzeylerin birbirine birleşimini sağlayacak (birleştirme yapmadan önce yapılması gereken perdah işlemlerini en aza indirmek) yeni bir tutkal malzemesi üretmek.
- 6) Direnci yüksek ve ahşap malzemeye sürüldükten sonra kolay kuruyan bir tutkal yapmak.
- 7) Doğal ve kullanımı kolay bir tutkal üretmek.
- 8) Kendi kaynaklarımızı kullanarak milli özellik taşıyan bir tutkal üretmek.
- 9) Isı ve su gibi etmenlerden etkilenmeyen bir tutkal üretmek.

#### **1.4. Kapsam ve Yöntem**

Çalışma kapsamında, kauçuk (*Hevea brasiliensis*) öz sıvısı içinde bulunan lateks maddesi ile yapıştırıcı malzemeler olan Hexamethylene diisocyanate oligomerleri, Nonylphenol phosphate esterleri ve Cyclohexyldimethylamine ile reaksiyona sokularak doğal bir tutkal üretimi planlanmıştır. Elde edilen tutkal, ağaç malzeme ve kompozit malzemeden hazırlanan deney örnekleri üzerine uygulanmıştır. Bu çalışma, literatürde ilk çalışma olma niteliği olmasından dolayı belirtilen etkenlere tepkileri belirlenmiş olacaktır.

Bu çalışmada belirtilen amaçlara ulaşabilmek için izlenen yöntemler sistematik olarak şu şekilde ifade edilebilir;

Literatür araştırmasının yapılması

- Kauçuk (Lateks) temini

- Ekstrakt elde edilmesi
- Haxamethylene diisocyanate (HDI), Nonylphenol phosphate ester ve Cyclohexyldimethylamine'nin elde edilmesi
- Ekstraktın Haxamethylene diisocyanate (HDI), Nonylphenol phosphate ester ve Cyclohexyldimethylamine ile karıştırılması
- Lateks tutkalın hazırlanması
- Elde edilen tutkalın bazı özelliklerinin test edilmesi (Vizkozite Tayini, pH Tayini, Rutubet Tayini, Tutkal Sınıflandırma Tayini)
- Ahşap deney örneklerinin hazırlanması
- Hazırlanan lateks tutkalın ahşap deney örnek örneklerinde uygulanması
- Lateks tutkalla yapıştırılan deney örneklerine Kayma ve çekme – makaslama deneylerinin yapılması
- Lateks tutkalın PVA ve Üre Formaldehit tutkalları ile karşılaştırılması
- Deney sonuçlarının ilgili literatürle karşılaştırılması
- Sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi

### 1.5. Literatür Araştırması

Son zamanlarda, formaldehit esaslı reçineler ve sentetik tutkallar, üstün yapışma ve daha az su geçirmezlik gibi özelliklerinden dolayı doğal yapıştırıcıların yerini almıştır. Sentetik esaslı tutkallara alternatif olarak nişasta, protein ve tanen gibi doğal hammaddelerden pek çok doğal tutkal üretimi gerçekleştirilmiştir. Fakat bu tür doğal tutkallar, zayıf yapışma kalitesi nedeniyle yeterli kullanım alanına sahip olmamıştır. Örneğin; Sulaiman vd., (2018) üre formaldehitin yanı sıra, yonga levha imalatında üre formaldehit yapıştırıcı kullanımını en aza indirmek için epiklorohidrin ile modifiye edilmiş yağ palm nişastasının üre formaldehite alternatif bir yapıştırıcı olarak kullanımını araştırmıştır.

Panel üretiminde kullanılmak üzere üretilen düşük viskozitede mısır nişastası ve tanen esaslı tutkalların yapışma özelliklerini incelemiştir. Mısır nişastası ve tanen esaslı tutkal ilave edilen panellerin üre formaldehit tutkalı ilave edilerek üretilen panellere yakın mekanik özelliklere sahip olduğunu bildirmiştir (Moubarik vd., 2010).

PVAc tutkalında viskozite değişiminin bazı ağaç malzemelerde yapışma direncine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 5 değişik çözelti ve ambalaj viskozitesindeki tutkal ile yapıştırılan örneklerde yapışma direncinin ağaç türü olarak en yüksek Doğu kayını örneklerde elde edildiği, viskozite olarak en yüksek ambalaj viskozitesinde elde edildiği ve viskozite düştükçe yapışma direncinin azaldığı bildirilmiştir (Atar, M., (2007).

Yapıştırma işlemini etkileyen bir başka faktörde ahşap pH değeridir. Isıl işlem sonucu asetik ve formik asidin oluşması sebebiyle ağaç malzemenin pH değeri azalmıştır (Boonstra vd., 2007).

Ayrıca ağaç malzemenin anatomik yapısı dahil hemen hemen tüm özellikleri yapışma direncinde önemli rol oynadığı ve yoğunluk artışının yapışma direncini artırdığı bildirilmiştir (Söğütlü, C., Döngel, N. (2007).

Yaptıkları çalışmada soya ununa kimyasal takviye ederek tutkal geliştirmiş ve bu tutkalı ile buğday samanlarını presleyerek bir panel üretmiştir. Soya unu üre ve N-(n-butyl) thiophosphoric triamide ile modifiye edilen tutkal kullanılarak preslenen panellerin mekanik özelliklerinin, soya unu ve borik asit ile modifiye edilen tutkal kullanılarak preslenen panellerin su dayanımının daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Cheng vd., 2004).

Isıl işlem süresince odunun hidroksil gruplarının kademeli kaybına bağlanmıştır. Bu termal olarak inaktivite edilen odunun zayıf yapışmasından sorumlu olacağını tespit etmişlerdir (Sernek, 2002).

Doğal kaynaklı tanenden (özellikle kondense tipi tanen) elde edilen tutkallar özellikle Avustralya, Finlandiya, Brezilya, Hindistan, Rusya, İngiltere, Güney Afrika ve Arjantin gibi ülkelerde kullanılmaktadır. Tanene protein ilavesiyle tanen ve protein arasındaki reaksiyondan dolayı yüksek direnç sağlanan tutkallar elde edilmiştir (Çetin ve Özmen, 2002).

Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehitin yaptığı bir kondenzasyon ürünüdür. Hem

kuru hem de sıvı halde elde edilebilmektedir. Elde edilecek tutkalın özelliklerini; sıcaklık, reaksiyon süresi, pH değeri, katalizör konsantrasyonu ve üre formaldehitin molar oranı etkilemektedir (Çolakoglu, 2001).

Tanenleri tutkal üretiminde kullanarak odun panelleri endüstrisinde gelişme sağlamasını amaçlamışlardır. AITC-107 ve AITC-110 standartlarını kullanarak duglas göknarı ve güney çam ağaçları kontrplakları kullanarak çekme direnci deneyi yapmışlardır. Tanenlerin fenol kimyasalı kadar başarı sağladığını tespit etmişlerdir (Gornik ve ark., 2000).

Üre-formaldehit reçinesinin, % 1-2 polivinil alkol (PVA) ve % 10-15 amylum ile modifiye edilen tutkal ile hazırlanan deney örneklerine uygulanan çekme deneyi sonuçlarına göre, modifiye edilmiş tutkalla yapıştırılan deney örneklerinde yapışma direncinin arttığı belirlenmiştir (Liu, J. (1997).

Tanen ekstraksiyonlu bileşikler yüksek pH'da modifiye edilmiş veya edilmemiş tanen ekstraksiyonları, %5 paraformaldehit ile %5 üre ilave edilerek son zamanlarda tanenlerde daha hızlı reaksiyon olduğu görüldü. Bu bileşiklerin kuvvetli olması için daha düşük yüzdeli formaldehit kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Alma, 1997).

Üre-formaldehit tutkalının dayanıklılığını artırmak için melamin reçinesi ile modifiye edilmiştir. Sertleştiricisi genellikle amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl)'dür. Oda sıcaklığında yoğunluğunun 1,220 - 1,240 g/cm<sup>3</sup>, viskozitesi 150 - 200 cps, pH derecesi 7.5 – 8.5 olması önerilmektedir(Liu, J., China, 1997).

Resol reçinesi ile tanenli fenol maddelerinin tutkal üretiminde kullanılmasını amaçlamışlardır. Bu gibi tutkallar odun panelleri endüstrisinde çok yaygın kullanılarak gelişme sağladığını bildirmişlerdir. Bu nedenle tanenlerin fenollerin yerine en iyi kullanılacak madde olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla kontrplak tutkallarında resol türlerinin hazırlanmasında %33 fenol yerine tanen maddesi koyarak direnç özelliklerinde fenol kadar başarı sağlandığını tespit etmişlerdir (Santana ve ark., 1995).

Bitki kaynaklı tanenlerin sulu ekstraktları odunu yapıştırmak için uygun hammaddelerdir. 1950'den beri odun tutkallarının üretimi için tanenlerin kullanımında birçok araştırma yapılmıştır. Tutkalların maliyetindeki sürekli artış ve Yeni Zelanda, Avustralya, Güney Afrika ve Fas'ta yetişen okaliptus ve mimoza (*Acacia mollissima* L.)'nın kabuklarının tutkal endüstrisinde yaygın olarak kullanılabilirliği araştırmaları

cesaretlendirmiştir (Pizzi, 1994).

Üre basınç altında katalizörün varlığında amonyak ve karbondioksitten elde edilir. Formaldehit ise buhar şeklinde metanol'ün havanın oksijeni ile okside edilmesinden elde edilir. Bunun için pH değeri 5 olan sulu bir çözeltide üre ve formaldehit 1/1, 1/2 mol oranında karıştırılmasıyla elde edilir (Bozkurt, 1990).

Tanenler odun ve kabuklardan elde edilmektedir. Bunlardan Mimoza (*Acacia mollissima* L.) ve Quebrako (*Schinopsis lorenzii*) en önemli kaynaklardır. Tanen; mirobalan, divi divi meyveleri, Ouebrako odunu ve ladin, akasya, kızılçam kabuklarından sıcak su ekstraksiyonu ile elde edilir. Bu madde formaldehit ile işleme sokulduğunda suya dayanıklı ve suda çözünmeyen reçineleri teşkil etmektedir. Yüksek molekül ağırlığa sahip olması nedeniyle sentetik reçinelerden daha az kullanılarak tutkal üretilir (Bozkurt ve Göker, 1990). Ayrıca, çeşitli çam kabuklarından (*Pinus radiata*, *P. patula*, *P. elliotti*, *P. taeda*, *P. pinaster*, *P. halepensis* vs.), tsuga (*Tsuga heterophylla*), duglas (*Pseudotsuga menziessi*) ve ladin türleri kabuklarında da tanenin büyük potansiyeli mevcuttur (SBP, 1990; Ayla, 1984).

Fenol reçinesi katkısız halde ve cam, odun, porselen tozları ve selüloz ve lignin ile modifiye edildikten sonra ahşap - ahşaba ve ahşap - yonga levhaya yapıştırılmıştır. Katkısız fenol reçine tutkallı örneklerde modifiye edilmiş tutkallı örneklerle göre daha yüksek yapışma direnci elde edildiği bildirilmiştir (Goetze, H., Russion, 1987).

Polivinilasetat emülsiyon tutkallı ahşap birleşmenin sıcaklığı 60-80°C'ye kadar artırıldığında birleşme yerindeki sertleşmiş tutkal katmanının çözüldüğü bildirilmiştir (Corey, A.E. Massachusetts, 1977).

Fenol reçinesi ile modifiye edilmiş polivinilasetat tutkallı alüminyum deney örneklerinde 190°C (350 F) sıcaklıkta bir saat bekletildikten sonra uygulanan çekme testinde, fenol reçinesi arttıkça (3/10 - 5/10 - 7/10) yapışma performansının arttığı, düşük oranlı fenol reçinesi ile modifiye edilmiş tutkallı alüminyum örnekler oda sıcaklığında en yüksek yapışma performansı gösterirken, sıcaklık 140°C (250 F)' ye yükseltildiğinde yapışma derzinin tamamen çözüldüğü, bu durumun fenol reçinesi oranı yüksek olanlarda daha yüksek sıcaklık derecelerinde meydana geldiği bildirilmiştir (Edward, L., Massachusetts, 1977)

Yonga levhalarda yapıştırıcı olarak üre formaldehit kullanıldığında katalizör olarak

Amonyum Sulfat veya Amonyum Klorür kullanılarak sertleşme süresi kısaltılır. Ayrıca sertleşme süresini kısaltmak için ısıya ihtiyaç vardır. Son sertleşme için yonga levhanın orta kısmındaki sıcaklık 100°C, alt ve üst kısımlarda ise pres sıcaklığına bağlı olarak 150-180°C arasında değişmektedir (Huş, 1977).

Kontakt tukallar gerek arabik zambak, kauçuk gibi doğal kökenli maddelerin, gerekse polimerize olmuş buna isopren yani (methylbutadien) ile yine polimerize olmuş Chloropren diğer adıyla (Chlorbutadien) in özellikle benzol içerisinde çözeltimesi suretiyle elde edilmektedir (Huş, 1962).

Sentetik yapıştırıcılar 1902-1909 yılları arasında Belçikalı L.H. Baekeland tarafından " Fenol " bileşimli " Bakalite " ile ortaya koymuştur. Bu başlangıç, bugün büyük bir gelişim göstermiş ve halende göstermekte olan plastik yapıştırıcıların piyasaya girmesini sağlamıştır (Huş, 1962).

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Ağaç Malzemenin Genel Özellikleri

Odun çeşitli kimyasal bileşiklerden oluşan karmaşık bir maddedir. Hücre çeperi bileşikleri, karbon (C), oksijen (O), hidrojen (H) ve azot (N) maddelerinden oluşmaktadır. Bu elementlerin oranı tüm ağaçlar için hemen hemen aynı olup, aşağıda verilmiştir (Bozkurt vd., 1995; Özen, 2005).

% 50 Karbon - % 43 Oksijen - % 6 Hidrojen- % 1 Azot

Hücre çeperini oluşturan kimyasal bileşikler ise selüloz, hemiselüloz ve ligninden ibarettir. Yerli ağaçlarda bunların hepsinin oranı % 97-99 civarındadır. Geri kalan kısmını da ekstraktif maddeler ve kül oluşturmaktadır (Bozkurt vd., 1995; Özen, 2005).

Odunsu hücre çeperi C, H ve O' in çeşitli karışımlarda birleşmesi ile oluşan ligninden selüloz ve hemiselüloz meydana gelmekte ve az miktarda pektin bulunmaktadır (Çizelge 2.1) (Bozkurt vd., 1997; Özen, 2005).

Çizelge 2.1. Odunun organik birleşenleri

| Ağaç Türü             | Selüloz | Hemiselüloz | Lignin  |
|-----------------------|---------|-------------|---------|
| Yapraklı Ağaçlar      | 40 – 44 | 15 – 35     | 18 – 25 |
| İğne Yapraklı Ağaçlar | 40 – 44 | 20 – 32     | 25 – 35 |

### 2.2. Kauçuk Ağacı

*Hevea brasiliensis*, Anavatanı Brezilya olup, gövdesinde sahip olduğu lateks kanalları sayesinde gövdesinin kesilmesi ya da yaralanmasıyla kauçuk elde edilen önemli bitkilerden olup şekil 2.1. de verilmiştir. Gövdesinden elde edilen bu lateks endüstride kullanılmaktadır. Kauçuk ağacı adını Kızılderililerin dilinde ağlayan ağaç anlamına gelen 'kauçi' den alır. Ağacın içinden beyaz, yapışkan ve süte benzer bir sıvının aktığını gören yerliler bunu zamanla kurutarak oyuncak toplar yapmaya başladılar. Aradan uzun yıllar geçtikten sonra kauçuk Avrupa'da da kullanılmaya başlanı.

Yüksek bir elastikiyete sahip olması kauçuğun en önemli özelliklerinden biridir (Polhamus, 1961).



**Şekil 2.1. *Hevea Brasiliensis* ağacından elde edilen kauçuk**

Kauçuk üretimi için kültürü yapılan bu ağaçların büyüme, gelişme ve kaliteli kauçuk lateksi üretebilmesi için belirli iklim koşullarına gereksinim duyar. Örneğin, kesinlikle don olayı gerçekleşmeyen, en az yıllık ortalama 1,200 kg/m<sup>2</sup> yağış alan tropikal veya subtropikal bölgelerde yetişebilirler. Eğer don olayı yaşanırsa, bitkide kauçuk üretimini ortadan kaldıracak hasarlar olabilir (Polhamus, 1961).

Dünyada 2000 yılı göz önüne alındığında yaklaşık 7 milyon ton tabii kauçuk tüketilmektedir. Türkiye’de tüketilen tabii kauçuk miktarı yaklaşık 80.000 ton civarındadır. Kauçuk ısıtılınca yumuşar ve 220 ° C de erir. Daha sonra damıtılma işlemiyle birlikte, kauçuk yağı elde edilir ve bu yağ kauçuğun çözücüsü olarak kullanılır. Kauçuk bir diğer adıyla saf lastik olarak da bilinir bunun sebebi kauçuk ağacından elde edilen lastiğin %90 oranında saf olmasından gelir. Aynı zamanda kauçuk elektrik akımı için bir iletken değildir ve bundan dolayı izolasyon gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır (Web-1).

### **2.2.1. Kauçuğun kullanım alanları**

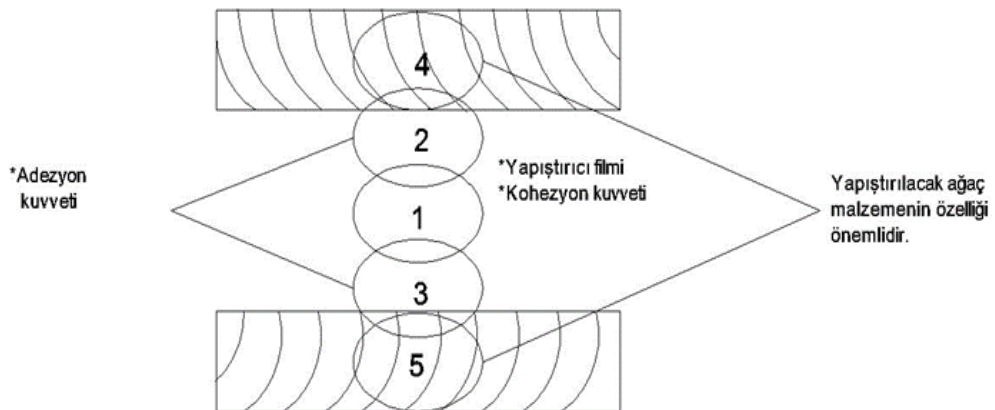
Kauçuğun çok geniş bir kullanım alanı vardır. Ev yaşantısından, endüstrinin çeşitli alanlarına kadar çeşitlilik gösterir, yarı mamulden nihai ürüne kadar. Araç lastiği

sektörü en çok kauçuk tüketen sektördür. 2005 yılı kauçuk tüketiminin %56'ı lastik sektörü tarafından gerçekleştirilmiştir. Kauçuğun yoğun biçimde kullanıldığı diğer ürünlerden bazıları şöyledir: konveyör bant, kayışlar, hortum, conta, ayakkabı tabanı ve körük. Tıbbi ve endüstriyel eldivenler de kauçuk ürünleridir (Web-2).

### 2.3. Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanılan Tutkalların Yeri ve Tarihsel Gelişimi

Yapıştırıcılar kontrplak, yonga levha, lif levha gibi levha ürünlerinin üretiminde ve çeşitli konstrüksiyonların birleşmesinde anahtar bir role sahiptir. Orman ürünleri endüstrisinin tarihsel gelişiminin hızlanması da bu endüstride kullanılan yapıştırıcıların önemli bir etkisi olmuştur. Toplumlarda ahşaba ve ahşap ürünlerine olan talebin artmasıyla mobilya sektörü büyük bir gelişim kaydetmiş bunun sonucunda insanlar çeşitli tutkal ve tutkal ürünleri üretmeye yönelmiştir (Şanıvar ve Zorlu, 1980).

Bütün maddeler gibi; yapıştırıcılar hangi durumda bulunurlarsa bulunsun (katı-sıvı) , kendi molekülleri arasında elektromanyetik ve elektrastatik kurallara bağlı olarak bir çekim kuvvetine sahiptir. Katı ve sıvı maddelerin kendi molekülleri arasındaki bu çekim kuvvetine kohezyon kuvveti denir (Burdurlu, 1994). Bir numaralı alan, yapıştırılacak ağaç malzemelerden ayrı olup yapıştırıcı filmini gösterir. Bu alanın dayanımı kohezyon kuvveti dayanımı ile açıklanır. Bu tamamen yapıştırıcının yapısal özelliklerine bağlı olup şekil 2.2. de verilmiştir.



Şekil 2.2. İki ağaç malzemenin yapıştırılmasında yapıştırıcı katmanının yapısı (Burdurlu, 1994).

Kohezyon kuvveti, bir anlamda malzemenin mekanik özelliklerini belirler. Kohezyon kuvvetinin büyüklüğü ise yapıştırıcının kimyasal yapısına bağlı olup, ortalama %30'dan fazla dolgu maddesi kullanılması yapışmada kohezyon kuvvetini olumsuz yönde etkiler (Şekil 2.2). Tutkal katmanında hapsedilen hava veya buhar miktarı da buhalkanın mukavemetini önemli miktarda etkilemektedir (Senay, 1996). Kohezyon kuvveti, tutkal sıvı halde iken moleküller arasında hareket etmektedir. Fakat yapıştırıcının kuruyup sertleşmesinden sonra bu moleküller arası hareket durur ve sabitleşir. İyi bir yapıştırıcıda kohezyon kuvveti adezyon kuvvetinden daha büyük olmalıdır. Bir başka deyişle, birleşim yerine bir darbe uygulandığı zaman deformasyon tutkal katmanından değil malzemeden olması beklenir.

İyi bir yapışmanın olması için yeterli miktarda yapıştırıcı sürülmelidir. Yeterli miktarda yapıştırıcı sürülmediği takdirde birinci alan kısmen veya tümüyle oluşmaz. İkinci ve üçüncü halkalar; yapıştırıcı ile birleşimi yapılacak malzemenin yüzeyleri arasında oluşturulması gereken bağı göstermektedir. Bu bağlamda, iki farklı maddenin yüzey molekülleri arasındaki moleküler veya atomik çekim kuvvetine 'adezyon kuvveti' denmektedir.

Yapıştırma işleminde "mekanik adezyon kuvvet" ve "özgül adezyon kuvvet" olmak üzere iki adezyon kuvvetiyle karşılaşır. Akışkanlığa (vizkozite) bağlı olarak yapıştırıcının ağaç içerisine nüfuz edip sertleşmesiyle bir bağ oluşturması "mekanik adezyon kuvvet" bu nüfuz olayında etkili olan ve elektrostatik kurallara bağlı olarak ortaya çıkan moleküler ve atomik çekme kuvvetine de "özgül adezyon kuvvet" denmektedir. Ancak, her ikisi birbirinden bağımsız olmayıp, birbirini tamamlar.

Ağaç malzemenin yüzey liflerini tahrip etmeden işlemek mümkün değildir. Dördüncü ve beşinci halkalar yapıştırılacak malzemenin özelliklerine bağlı olarak gelişir. Tutkallanan ağaç malzemede, ağacın yüzey tabakasının zayıflama miktarı, tatmin edici dayanım özelliklerine sahip bir bağ oluşumunu belirleyici bir faktördür.

Ağaç üzerine aktarılıp yüzeylerle temas ettikten sonra, yapıştırıcı, adezyon kuvvetine bağlı olarak bazı aşamalardan geçerek bir bağ oluşturur. Bu aşamalar şu şekilde gelişir.

- Sürüldüğü ağaç yüzeyinde yayılmamış yöne doğru akma özelliğinde olmalıdır.
- Bu yayılma sırasında sürekli bir film özelliğinde olmalıdır.
- Birleşimdeki her iki ağaç yüzeyine de nüfuz etmelidir.

- Ağacı ıslatmalıdır.
- Güçlü bir madde haline katılmalıdır.
- İyi bir tutkallama için ise yapıştırıcı maddelerin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir;
- Yapıştırıcı madde yeterli derecede çekim ve makaslama direncine sahip olmalıdır.
- Yapıştırıcı madde hava koşullarına ve kimyasal maddelere karşı dayanıklı olması gerekir.
- Yapıştırıcı madde malzeme üzerine kolaylıkla sürülebilmelidir.
- Yapıştırıcı madde yapıştırılacak olan yüzeye süratli bir şekilde yayılabilmelidir.
- Yapıştırıcı maddenin viskozitesi düşük olmalıdır.
- Yapıştırıcı maddenin kuruması halinde viskozitesi yüksek olmalıdır.
- Yapıştırıcı madde, mümkün olduğu kadar suya ve tahrip edici maddelere karşı dayanıklı olmalıdır.
- Yapıştırıcı maddenin sürülen yüzeyin iç kısımlarına geçerek esas yapıştırma yüzeyindeki miktarı azalmamalıdır.

## 2.4. Ağaç işleri Endüstrisinde Kullanılan Tutkallar

Bir yapıştırıcının veya tutkalın tanımlanmasında fiziksel ve mekanik özellikleri, kimyasal özellikleri ve yapıştırabilme performans özellikleri önem taşır. Geçmişte bağlayıcı madde olarak hayvansal tutkallar, kazein ve nişasta gibi maddeler kullanılmıştır. Daha sonra bu tutkalların yerini yapay reçineler almıştır. Ağaç işleri endüstrisinde kullanılan tutkallarını şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

### 2.4.1. Üre formaldehit tutkalı (ÜF)

Üre formaldehit (ÜF) reçineleri farklı tipte levhalar ve özellikle yonga levha, kontrplak ve masif odunun yapıştırılmasında dünyada geniş çapta uygulama alanı bulmuştur. Üre formaldehit reçinesi aşağı yukarı yonga levha üretiminin tamamında kullanılmaktadır.

ÜF tutkalının en önemli dezavantajı nemli ortamlarda ve/veya asidik koşullarda kolay parçalanmasıdır. Özellikle sıcaklığın artması bu durumu hızlandırmaktadır.

#### **2.4.2. Fenol formaldehit tutkalı (FF)**

Günümüzde Fenol-formaldehit (FF) reçineleri kontrplak, tabakalı ağaç malzeme, glulam ve ahşap tekne yapımında kullanılmaktadır. PF tutkalının bağ direnci yüksektir ve yüksek sıcaklıklarda rutubet karşısındaki bozulma oranı UF tutkalı ile karşılaştırıldığında çok azdır. Reçine maliyeti yüksektir ve mevcut fiyatlar % 100 katı reçine miktarı esasında ÜF reçinelerinden yaklaşık 2,8 kat daha yüksektir.

#### **2.4.3. Melamin-üre formaldehit tutkalı (MÜF)**

Melaminin formaldehit ile reaksiyonundan da aynı üreyle olduğu gibi tutkal üretmek mümkündür. MÜF özellikle sertleştikten sonra neme karşı dirençli olması ve fenol-formaldehit reçineleri için gerekli pres süresinden daha kısa süreye sahip olması ile tercih edilmektedir.

#### **2.4.4. Çapraz bağlı polivinil asetat tutkalı (PVA)**

PVA tutkalı yüksek bir çapraz bağlanma gösterir. Kurduğunda önemli bir su direnci gösterir. PVA'nın en önemli dezavantajı maksimum direnç özelliklerine ve suya karşı dayanıklı olması için 2 hafta gibi bir sürenin geçmesi gerekmektedir. Diğer bir dezavantajı ise ortam sıcaklığında bile yük altında kaldığında tutkal bölgesinde çatlama olmaktadır. Bu sebeple fazla yük olmayacak kullanımlar (dış bağlantılar vb.) için uygundur. Piyasada çapraz bağlı PVA tutkalları iki kutulu sistemler halinde satılmaktadır. İki kutu karıştırılarak tutkal elde edilir. Son yıllarda tek kutu halindeki kullanımları da piyasalarda bulunmaktadır. PVA tutkalının en önemli sayılabilecek avantajı, pürüz veya yüzeylerdeki boşlukları ve delikleri çok iyi bir şekilde doldurabilmesidir (Pizzi, 1983).

#### **2.4.5. Elastomerik tutkallar**

Doğal veya sentetik kauçuk türlerinin dolgu maddesi ve organik çözücüler ile çözünmesi ile hazırlanmaktadır. Bir miktar fenol katılarak güçlendirilebilirler. Bunların kullanımındaki en büyük dezavantaj ise kullanımdan sonra iki haftalık bekleme süresini gerektirmesidir. Geleceğe yönelik bir tutkal türüdür (Pizzi, 1983).

#### **2.4.6. Termoplastik tutkallar**

Termoplastik tutkallar polivinilasetat emülsiyonlarıdır. 1950'lerin başlarında gelişmeye başlamıştır. Mobilya, iç bağlantı elemanları ve kaplamaların yapıştırılmasında kullanılmaktadır. En önemli dezavantajı rutubete karşı çok zayıf olmasıdır (Pizzi, 1983).

### **2.5. Tutkalların Özellikleri**

Yapıştırıcı maddelerin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir (Huş, 1977);

- Yapıştırılan malzemenin yeteri derecede çekim ve makaslama direncine sahip, aynı zamanda hava koşullarına ve kimyasal maddelere karşı dayanıklı bulunması gerekir.
- Yapıştırıcı madde, malzeme üzerine kolaylıkla sürülebilmeli ve yapıştırılacak olan yüzeye süratli bir şekilde yayılabilmelidir.
- Yapıştırıcı maddenin sürülmesi sırasında viskozitesi düşük fakat sertleşmesi halinde yüksek olmalıdır.
- Yapıştırıcı madde, mümkün olduğu kadar suya ve asit gibi tahrip edici maddelere karşı dayanıklı olmalıdır.
- Yapıştırıcı maddenin sürülen yüzeyin iç kısımlarına geçerek esas yapıştırma yüzeyindeki miktarı azalmamalıdır.

## **2.6. Yapışmayı etkileyen faktörler**

Ağaç malzemede yapışma direncini; odun yapısı, yüzey düzgünlüğü ve yapısı, pres basıncı, pres süresi ve kullanılan tutkal özellikleri etkilemektedir.

### **2.6.1. Ahşap malzemeye yönelik faktörler**

#### *2.6.1.1. Odunun yapısı*

Dağınık traheli ağaç odunları, halkalı traheli ağaç odunlarından farklı yapışma özellikleri göstermektedir. İlkbahar ve yaz odunlarının yıllık halka içindeki katılım oranı (tekstür) ile diri ve öz odun miktarı tutkal hattı dayanımında etkilidir. Diğer taraftan tutkallama diri odun ve ilkbahar odununda genellikle daha kolay, odun yoğunluğu arttıkça daha zor olmaktadır (Chung, 1968).

#### *2.6.1.2. Yüzey yapısı ve pürüzlülüğü*

Tutkal sürülecek yüzeylerde makine izleri, ezilme, yanma, dalgalı yüzey vb. işleme kusurları olmamalıdır. Ayrıca tutkallama yüzeyinde bulunan yan bileşiklerin çeşidi ve miktarı ile toz ve yağ gibi artıklar yapışmayı olumsuz etkiler (Duran, 2005).

Kuvvetli bir yapışma için; ahşap yüzeyinin keskin kesicilerle düzgün bir şekilde işlenmesi, yapıştırıcının bütün yüzeye eşit miktarda sürülmesi ve birbirlerine kapatılan ahşap elemanların üzerine düzgün dağılımlı bir kuvvet uygulanması gerekir. İlk bilgilere göre yüzeylerin pürüzlü olması ve çizilmesi iyi bir yapışma için gerekli sanılıyordu. Ancak, yapılan laboratuvar çalışmaları sonucu düz ve pürüzsüz yüzeylerin yapışmasının daha iyi olduğu ortaya çıkmıştır (Selbo, 1975).

### **2.6.2. Prese yönelik faktörler**

Yapıştırılacak ağaç malzemede iyi adezyon sağlanması için basınç gereklidir. Basınç, tutkalın yapıştırılan yüzeye tam temasını sağlarken, ince bir kat oluşmasına yardımcı

olur. Ayrıca tutkalın açık hücre boşluklarına girmesini ve en önemlisi tutkal sertleşene kadar birleştirilecek iki ağaç malzemenin aynı pozisyonda tutulmasını sağlar. Uygulanan basınç, sıkılacak parçanın her noktasında uniform olmalı ve tutkal hattında eşit kalınlıkta ince bir film katmanını oluşturacak şekilde ayarlanmalıdır. Pres basıncı, ağaç cinsine yüzey özelliklerine göre değişir. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenir. Ağaç türüne göre pres basınçları yumuşak ağaçlarda  $0,8-1 \text{ N/mm}^2$ , sert ağaçlarda ise  $0,2 - 1,6 \text{ N/mm}^2$  arasında olmalıdır (Göker ve Bozkurt, 1986).

Soğuk preslemede uygulanan pres süresi, tutkal çeşidine ve ortamın sıcaklığına göre değişmektedir. Sıcak preslemede ise tutkalın çeşidinden başka, uygulanan sıcaklık ve preslenecek parça kalınlığı da presleme süresini etkilemektedir. Sıcak presleme süresinin hesaplanmasında, tutkalın sertleşme süresine orta tabakaya kadar her 1 mm kalınlık için 1 dakika ilave edilmektedir. Pres süresinin bu şekilde hesaplanması 12 mm kalınlığındaki levhalarda iyi sonuç vermektedir (Göker ve Bozkurt, 1986).

Presleme süresinin kısa tutulması durumunda iç tabakadaki tutkal hatları tam olarak sertleşemeyeceğinden birleştirme zayıf olacak ya da hiç gerçekleşmeyecektir. Tutkal yüzeye sürüldükten sonra birleştirilecek ağaç malzemeler fazla bekletilmeden (en geç açık süre sonuna kadar) preslenmiş olmalıdır. Ancak, isin büyüklüğü, tutkal sürülen parça sayısı ve ek yerlerinin biçimi bir süre beklemeyi zorunlu kılar. Bu gibi zorunlu hallerde tutkalın yapışma özelliğini olumsuz etkilemeyecek şekilde, katkı maddesi kullanarak açık süreyi uzatmak mümkündür. Tutkallamada kaçınılmaz olan bu süre gelişi güzel uzatılmamalıdır.

Aksi takdirde ahşap yüzeyine sürülen tutkalın yapısal özelliklerinde değişim baslar ve tutkal sıvısının yüzeyinde çok ince bir kabuk oluşur. Bu kabuklaşma, tutkalın kendi molekülleri arasında çekim kuvvetini (kohezyon kuvvetini) olumsuz etkiler ve yapıştırma işleminden istenilen başarı sağlanamaz (Özçifçi, 2005).

### **2.6.3. Tutkala yönelik faktörler**

Ağaç malzeme yapışma direncini etkileyen faktörlerden birisi de tutkal ile ilgili faktörlerdir. Bunlar, yapıştırıcı türü ve karakteristikleri, tutkal karışım formülü

(Viskozite, dolgu ve katkı maddesinin miktarları) ve yüzeye sürülen tutkal miktarı ve uygulama seklidir. Bunun uygun değer miktarı tutkal-odun ve dolgu maddesi cinsine ve pres teknolojisine bağlı olup denemelerle belirlenmiştir (Çolakoğlu, 1998).

Yapıştırma da kullanılan tutkalın fiziksel veya kimyasal özellikte olması, yapım sa dayanımında etkili olmaktadır. Kimyasal özellikteki tutkalların mekanik dayanımları fiziksel esaslı tutkallara göre daha yüksektir. Yüzeyi düzgün olmayan ağaç malzemelerin birleştirilmesinde, kimyasal esaslı tutkallarda daha güçlü yapıştırma yapılabilmektedir.

Kimyasal esaslı tutkallar, fiziksel esaslı tutkallara göre rutubete ve suya karşı daha dayanıklıdır. Tutkal seçimi yapılırken, nerede ve nasıl kullanılacağı belirlendikten sonra uygun tutkal seçimi yapılmalıdır (Senay, 1996).

#### 2.6.3.1. Tutkalın akıcılığı (Vizkozite)

Vizkozite, sıvıların iç sürtünmeleri olarak açıklanır. Tutkal sıvısının az veya çok akıcı olması vizkozite olarak tanımlanır. Bu akışkanlık değeri viskozite metre aleti ile ölçülür. Tutkallama işleminin güvenilirliği, kullanılan tutkalın vizkozitesine bağlıdır. Tutkal çözeltisinin vizkozitesi, adezyon ve kohezyonu doğrudan doğruya etkileyen, yapıştırmanın hatalı veya hatasız olmasını belirleyen en önemli etkidir. Vizkozite, her ahşap türü, tutkal türü ve pres teknolojisi için özel olarak saptanması gerekir. Ayrıca tutkal çözeltilerinin vizkozitelerine, tutkalın depolama süresine, çözeltinin içerisindeki maddelere, PH değerine ve her şeyden önce sıcaklığa bağlı olarak değişir. Yine çözeltinin hazırlanmasında tutkallamaya kadar geçen süre içerisinde vizkozite artar. Bu nedenle vizkozite ölçümleri tutkallama işlemine başlarken yapılmalıdır (Malkoçoğlu, 1994).

Akıcılık ölçeği, bir sıvının belli sıcaklıktaki akıcılığını saptar. Ölçeğin sıvı konulan kabın altında bir delik vardır. Ölçme yapılacağı zaman delik kapatılır ve kabın içine, ölçme çizgisine kadar tutkal sıvısı konulur. Deliği kapatan parmak çekilince, kabın içindeki tutkalın kaç saniyede boşaldığı duyarlı bir saatle saptanır. Tutkal sıvısı çok akıcı ise kısa sürede, değilse daha uzun sürede ölçme kabının altındaki kaba boşalır. Ölçme işlemi 20 0C sıcaklıkta yapılır. Tutkal sıvısını ölçmede 4 mm ve 6 mm çapında delikleri olan akıcılık ölçme aletleri kullanılır.

Örneğin; 20 cm<sup>3</sup> tutkal akıtılarak bulunan saniye sayısının 5 katı alınır. Böylece 100 cm<sup>3</sup> tutkalın kaç saniyede bulunacağı kısa sürede saptanır. Bu oranlamayı yapmak zorunludur. Çünkü tutkal fabrikalarının verdikleri akışkanlı sayıları (vizkozite değeri) 100 cm<sup>3</sup> tutkalın boşalma süresine göre saptanmıştır. Akışkanlık değeri bazen boşalma süresini sınırlayan zamana göre saptanır. Sonuç, örneğin şöyle yazılır:

20°C / 6 mm / 30 sn.

Başka bir deyimle 20°C sıcaklıkta yapılan deneyde 6 mm çapında delikli kapak konulan 100 cm<sup>3</sup> tutkal sıvısı 30 saniyede boşalmıştır. Ancak akışkanlık değeri her zaman, tutkalın boşalma süresini veren saniye sayısına göre belirlenmez. Bazı tutkal fabrikaları uluslararası bir kurala tutkalın boşalma süresini veren saniye sayısına uluslararası kabul edilen bir değerler tablosu ile karşılaştırılarak verirler. Değerler tablosuna “Centipoise” (Cp) adı verilir (Şanıvar ve Zorlu, 1980).

Akıcılık ölçeği kullanıldıktan sonra temizlenmelidir. Özellikle akma deliğinde kir veya birikinti kalmamalıdır. Delikte kalan birikinti ölçme sonucunu işe yaramaz hale getirir (Kaya, 1964).

#### 2.6.3.2. Tutkalın pH değeri

pH değeri; bir cismin asit etkili mi? yoksa baz etkili mi? olduğunu gösterir. Sayısal bir değerdir. 7 pH değeri nötr, yani kimyasal etki bakımından yansız maddeler için kullanılır. pH değeri 7 olan cisimde asit veya baz etkisi yoktur. 1 – 7 pH değerleri baz etkiyi belirlemek için kullanılır. 8 pH değeri, çok zayıf baz etkiyi, 14 pH ise çok kuvvetli baz etkiyi gösterir (Şanıvar ve Zorlu, 1980).

Metallerle birleşen asitler, tanenli ahşapları renklendirip boyarlar. Bu yüzden tutkalların asit etkili olması istenmez. Baz etkili tutkallar, tanenli ahşapları doğrudan renk koyulaşması yaparlar. Yapay reçine tutkallarının kuruması ve sertleşmesi kimyasal tepkimeye bağlıdır. Tutkaldaki tepkime ya sıcaklık etkisi ile veya sertleştiricilerle sağlanır. Yapay reçine tutkalların çoğunda kullanılan sertleştiriciler asit etkilidir. Asit etkili sertleştirici tutkaldaki kimyasal tepkimeyi başlatır ve sürdürür. Ancak kimyasal tepkimeyi sağlayan sertleştirici, sertleşen tutkal filmine katılmaz. Zamanla buharlaşır veya ahşaba geçer. Kimyasal tepkimenin oluşumu büyük ölçüde tutkalın pH değerine bağlıdır (Malkoçoğlu, 1994).

Tutkalların pH değerleri turnusol deney kâğıtları ile anlaşılabilir. Turnusol deney kağıdı, tutkalı asit etkilimi, yoksa baz etkilimi olduğunu gösterir. En basit yöntemdir. Mavi deney kâğıdı asit etkisi ile kırmızılaşır. Kırmızı deney kağıdı baz etkisi ile mavileşir. pH değerlerini saptamada kullanılan deney kâğıtlarının değişik türleri vardır (Şanıvar ve Zorlu, 1980).

#### 2.6.3.3. *Tutkalın dinlendirilme süresi*

Bazı tutkalların dolgu ve katkı maddeleri ile karıştırıldıktan sonra, ahşap malzemelere uygulama öncesi bir süre bekletilmeleri gerekir. Çözeltiyi oluşturan katı ve sıvı maddelerin tam erimesi için zorunlu olarak bekleme süresine “dinlenme süresi” denir. Dinlendirilen tutkal karışımı, homojen kendi molekülleri arasında uyumlu bir sıvı özelliğinde ve uygulanacağı yüzeylere kolay sürülür, iyi bağlantı kurar (Çelik ve Topçu, 2003).

#### 2.6.3.4. *Tutkalın tüketilme süresi*

Hazırlanan tutkal çözeltisi kullanıma hazır olduğu an ile özelliklerini kaybetmeye başladığı yani bayatlamaya başladığı an arasında geçen süredir. Bekletilme sonucu kimyasal yapısı değişen tutkal bu duruma gelmeden kullanılmalıdır. Bozulan tutkal yeni tutkal ilavesi ile karıştırılarak kullanılır hale getirilmeyeceğı gibi buna katılan taze tutkal da işe yaramaz (Malkoçoğlu,1994).

### 3. MATERİYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Ağaç malzemeler

Ağaç malzeme olarak; ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan kayın (*Fagus orientalis L.*), Rus çamı (*Pinus Elliottis*) odunu ile yine ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan levha türlerinden kontrplak kullanılmıştır. Ağaç malzemeler kayın (*Fagus orientalis L.*), Rus çamı (*Pinus Elliottis*) odunu ile levha türlerinden kontrplak piyasadaki kereste ve orman ürünleri satan firmalardan temin edilmiştir.

##### 3.1.1.1. Rus çamı (*Pinus Elliottis*)

Diri odunu geniş (yarıçapın üçte biri kadar), sarımsı veya kırmızımsı beyaz, öz odunu ise açık kırmızımsı kahve renklidir. Yıllık halka sınırları çok belirgin ve hafif dalgalıdır. Radyal ve teğet kesitleri parlak, sık ve geniş reçine kanalları olan yumuşak odunlu bir ağaç türüdür. Tam kuru yoğunluğu  $0.49 \text{ g/cm}^3$ , hava kurusu yoğunluğu  $0.52 \text{ g/cm}^3$  tür. Özellikle yapı malzemesi, kapı, pencere, lambri, taban ve tavan kaplaması olmak üzere mobilyacılık ve oymacılıkta kullanılır (Kasal, 2004; Örs ve Keskin, 2001).

##### 3.1.1.2. Kayın(*Fagus orientalis Lipsky*)

Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky.*), 30-40 m'ye kadar boy, 1 m'nin üzerinde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır. Kabuk; açık kül renkli, ince ve düzgündür. Genç sürgünleri tüylüdür. Yapraklar; elips şeklinde, sivri, uzun veya kısa uçlu olup 6-12 cm uzunluğundadır. Yaprakların alt yüzü damar boyunca tüylü, diğer kısımları çıplaktır. 7-10 çift yan damarı vardır. Yaprak sapı, 5-15 mm uzunluğunda olup tüylüdür. Kupula, yaklaşık 2 cm boyundadır. Kupulanın dip kısmında yer alan pullar geniş şerit biçimindedir. Erkek çiçeklerde yaprak koltuklarından çıkıp küresel başçıklar şeklinde aşağıya sarkarlar. Meyve; üç köşeli,

kahverengi, yumurtamsı biçiminde olup tek tohum 3 taşıyan bir nustur. Meyvesinin tohumu yağlıdır. Çiçeklenme, nisan ayında olup yapraklanma da aynı aya rastlamaktadır. (Anşin ve Özkan, 1997; Yaltırık,1988; Kayacık,1980)

#### *3.1.1.3. Kontrplak*

Kontrplak, yoğun olarak inşaat sektöründe kullanılan bir orman ürünüdür. Suyu dayanıklılığı ve yüksek mukavemeti bu sektör için önemlidir. Özellikle beton kalıplarının hazırlanmasında kullanılır. Brüt kalıp olarak da nitelendirilen sıvasız kalıp sistemleri için çok uygun bir malzemedir.

Kontrplak ağaç tabakalarından oluşan bir paneldir. Çok iyi mekanik dayanıklılığa sahip olmasına karşın hafif olan bir malzemedir. Katman sayısı genelde tek sayı olacak şekilde üretilir. Dış katmanlar genellikle panelin uzun ölçüsüne paralel yöndedir. Birbirini izleyen katmanlar birbirine dik olacak şekilde yapıştırılır. Bu üretim şekli direnci artıran titreşimle oluşacak şok etkilere karşı koyan bir yapıdır. Çalışmada kullanılan kontrplak kayın kontrplaktır ve piyasadan temin edilmiştir (Web-3).

#### **3.1.2. Yapıştırıcı malzemeler ve katkı maddeleri**

##### *3.1.2.1. Lateks*

Deneyisel çalışmalarda kullanılan sıvı lateksin %60'ı katı içerik, %39,32 su ve %0,68 amonyaktan (amonyum hidroksit) oluşmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan lateks, doğal sıvı latekstir. Tedarikçi firmalardan temin edilmiştir. Yapıştırıcı karışımında 100 g sıvı lateks, 10 g Poly(hexamethylene diisocyanate) karışımı içeren izosiyonatlar ile karıştırılmak suretiyle reaksiyona sokularak ve ahşap yüzeye uygulanmıştır.

##### *3.1.2.2. Hexamethylene diisocyanate (HDI)*

Bu çalışmada takviye malzeme olarak tıp, tekstil, ilaç ve inşaat sektörü gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan Hexamethylene diisocyanate (HDI) kullanılmıştır.

Yapıştırıcı modifier ürünü olarak kullanılan Poly(hexamethylene diisocyanate) tedarikçi firmalardan temin edilmiştir.

HDI alifatik izosiyonatlar grubuna dâhildir. Hexamethylene diisocyanate ışığa karşı daha dayanıklı, zamanla sararmayan ve kaplama uygulamalarında yaygın olarak kullanılan izosiyonatlardandır. Diizosiyonatlar içinde en çok kullanılanlar toluen diizosiyonat ve heksametilen diizosiyanattır. Heksametilen diizosiyanattan elde edilen poliüretan üstün bir elyafır. Bu elyaf poliamidlere benzemesine rağmen yumuşama sıcaklığı düşüktür. Cas No: 28182-81-2 (Web-4).

#### 3.1.2.3. *Nonylphenol phosphate ester*

Yapıştırıcı takviye ürün olarak kullanılacak olan Poly(hexamethylene diisocyanate) ile birlikte %9 civarında kullanılmış olup, tedarikçi firmalardan temin edilmiştir. Cas No: 68412-53-3.

#### 3.1.2.4. *Cyclohexyldimethylamine*

Yapıştırıcı takviye ürünü olarak kullanılan Poly(hexamethylene diisocyanate) ile birlikte %1 civarında kullanılmış olup, kimyasal tedarikçi firmalardan sağlanmıştır. Cas No: 98-94-2.

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Ahşap deney örneklerinin hazırlanması

Çekme deneylerinde kullanılacak 150 x 20 x 10 mm boyutlarındaki sarıçam ve kayın malzemeler planyada yüz cumba açıldıktan sonra kalınlık makinesinde diğer yüzleri temizlenerek daire testere makinesinde temiz ölçülerinde hazırlanmış olup şekil 3.2. de verilmiştir. 120 x 25 x 5 mm ölçülerinde kontrplak malzemeler hazır tabakadan kesilmiş olup şekil 3.3. de verilmiştir.

BS EN 302 standardında belirtilen esaslara göre sarıçam, kayın ve kontrplak malzemelere metrekareye 150-160 gr tutkal sürülerek, santimetrekareye ise 5-6 kg pres uygulanarak yapıştırılmıştır.



Şekil 3.3. Ahşap deney örnekleri

#### 3.2.1.1. Ahşap deney örneklerinin yoğunluk değerlerinin belirlenmesi

Bu çalışmada, üç ağaç türünden (Sarıçam, kayın, kontrplak) TS-EN 323 (1999)'de belirtilen esaslara göre 50 x 50 x 18 mm boyutlarında 15 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri, TS-EN 326-1 (1999)'de belirtilen esaslara göre  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi  $\% 65 \pm 5$  olan ortamda klimatize edilip, 0.01 gr hassasiyetli tartım yapabilen terazide tartılmıştır. Boyutları ise 0,01 hassasiyetli kumpasla ölçülmüştür. Eşitlik 3.1 ve 3.2'ye göre tam kuru ve rutubetli yoğunluk değeri hesaplanmıştır.

$$d = \frac{M_0}{V_0}$$

d = Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)

M<sub>0</sub>= Tam kuru ağırlık (g)

V<sub>0</sub>= Tam kuru hacim (cm<sup>3</sup>) (3.1)

$$d = \frac{M_r}{V_r}$$

d = Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)

M<sub>r</sub>= Rutubetli ağırlık (g)

V<sub>r</sub>= Rutubetli hacim (cm<sup>3</sup>) (3.2)

### 3.2.1.2. Ahşap deney örneklerinin rutubet değerlerinin belirlenmesi

Rutubet miktarının belirlenmesinde TS-EN 322 (1999)'da belirlenen esaslara göre yapılmıştır. Levhanın rutubet miktarı, her bir levha grubu için 5 adet olmak üzere, toplamda 15 adet, standarda uygun olarak 50 x 50 x 18 mm boyutlarda hazırlanan numunelerle belirlenmiştir. Örnekler  $\pm 0,01$  g duyarlılıkta terazide tartılmış ve daha sonra etüve konulan numuneler  $103 \pm 2$  °C' de değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur (Şekil 3.4). 6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlelerinin 0,01'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilmiştir. Daha sonra deney numuneleri kurutma fırınından çıkarılarak soğutulmuş ve 0,01 g duyarlılıkta terazide tartılmıştır. Bunlara göre numunelerin rutubet miktarları aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Eş 3.3).

$$r = \frac{M_r - M_0}{M_0} \times 100$$

$r$ = Rutubet oranı (%)

$M_r$ = Rutubetli ağırlık (g)

$M_0$ = Tam kuru ağırlık (g) (3.3.)



Şekil 3.4. Yoğunluk ve rutubet testleri için deney örneklerinin iklendirilmesi

### 3.2.2. Lateks tutkalının hazırlanması

Deneyisel çalışmalarda kullanılacak sıvı lateksin % 60'ı katı içerik, % 39,32 su ve % 0,68 amonyak (amonyum hidroksit) dan oluşmaktadır. Sıvı olarak tedarik edilen 100 g lateks azot gazı altında bir cam kaba aktarılacak ve üzerine 10 g katkı maddesi olarak Poly(hekzametilen di-isosiyonat) karışımı ilave edilmiştir. Hızlı bir şekilde

karıştırmak suretiyle tamamen karışması ve reaksiyonun tamamlanmasından sonra ahşap yüzeye uygulama yapılmıştır. Bu çalışmada modifier olarak; % 90 Hekzametilen di-isosiyonat, %9 Nonilfenol fosfat esterleri (Cas No: 68412-53-3) ve %1 oranında Sikloheksildimetilamine (Cas No: 98-94-2) karışımı kullanılmıştır. Bu karışım oranı optimum şartlar belirlenerek yapılmıştır.

#### 3.2.2.1. Elde edilen tutkalın vizkozite tayini

Tutkal numunesinin vizkozitesi, TS EN ISO 9665'e göre, bir kapiler cam vizkozimetre ile 60 °C'ta tayin edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Viskozimetre

#### 3.2.2.2. Elde edilen tutkalın pH tayini

Tutkal numunesinin pH, TS EN ISO 9665'e göre, 10g/L'lik bir çözeltinin pH'sı, elektrometrik olarak tayin edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. pH ölçer

### 3.2.2.3. Elde edilen tutkalın sınıflandırılması

Tutkal numunesinin sınıflandırma tayini, TS EN 12765'e göre, yapıştırıcılar, yapıştırılmış malzemenin kullanılacağı uygulama alanları ve iklim şartlarına dair örnekler veren Çizelge 3.2'de sınıflandırılır.

**Çizelge 3.2. Dayanıklılık sınıflarının tanımı**

| Dayanıklılık sınıfları | İklim şartlarının ve uygulama alanlarının örnekleri                                                                                                                     |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C1</b>              | Ahşabın rutubet içeriğinin %15'i geçmediği iç mekanlar                                                                                                                  |
| <b>C2</b>              | Zaman zaman kısa sürelerle akan ve yoğun suya maruz kalınan veya ahşabın nem içeriği %18'i geçmemek kaydıyla zaman zaman yüksek nemli havaya maruz kalınan iç mekanlar. |
| <b>C3</b>              | Sık sık kısa sürelerde yağın veya yoğun suya maruz kalınan veya yüksek nemli havaya maruz kalınan iç mekanlar.                                                          |
| <b>C4</b>              | Sık sık uzun sürelerle yağın veya yoğun suya maruz kalınan iç mekanlar. Dış mekanlar uygun yüzey kaplaması ile korunarak hava şartlarına maruz bırakılabilir.           |

Yapıştırıcı aşağıdaki gibi ve EN 205'e göre tayin edilmektedir:

- 1- İnce yada hem ince hem de kalın bağlanma hatları belirlenerek deneye tabi tutulur.
- 2- Deneyler Çizelge 2'de verilen şartlandırma serileri uygulanarak gerçekleştirilir.
- 3- Herbir şartlandırma serisi için yapılan 10 deneye ait münferit değerler ve 10 değer in ortalaması kaydedilir.

Kontrol iklimi olarak kullanılmış standart atmosfer ya  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  ve %  $(65 \pm 5)$  bağıl nemli hava, (20/65), ya da  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  ve %  $(50 \pm 5)$  bağıl nemli hava, (23/50)'dir.

**Çizelge 3.3. İnce bağlanma hatları için yapıştırıcı mukavemetinin asgari değerleri**

| Şartlandırma serisi |                                                                                          | Yapıştırıcı mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )<br>dayanıklılık sınıfları |                 |                 |                 |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Seri numarası       | Süre ve koşul                                                                            | C1 <sup>3</sup>                                                       | C2 <sup>3</sup> | C3 <sup>3</sup> | C4 <sup>3</sup> |
| 1                   | 7 gün <sup>1)</sup> standart atmosferde <sup>2)</sup>                                    | ≥10                                                                   | ≥10             | ≥10             | ≥10             |
| 2                   | 7 gün standart atmosferde<br>1 gün (20 ± 5) °C'daki suda                                 | -                                                                     | ≥7              | ≥7              | ≥7              |
| 3                   | 7 gün standart atmosferde<br>3 saat (67 ± 2)°C'daki suda<br>2 saat (20 ± 5)°C 'daki suda | -                                                                     | -               | ≥4              | -               |
| “4                  | 7 gün standart atmosferde<br>3 saat kaynayan suda<br>2 saat (20 ± 5) °C 'daki suda       | -                                                                     | -               | -               | ≥4              |

Açıklama: Yapıştırma ve deney arasında daha uzun şartlandırma süresinin gerekli olabileceği yapıştırıcı imalatçıları tarafından tavsiye edilmektedir. İşaretlemelerde kullanılan numaralar kalite göstergesi değildir. Bir yapıştırıcı birden fazla dayanıklılık sınıfına dâhil olabilir. 1 gün = 24 saat, (20 ± 2)°C ve % (65 ± 5) bağıl nemli hava ya da (23 ± 2) °C ve % (50 ± 5) bağıl nemli hava, - işareti deney gerekmektedir anlamındadır. Ayrıca, C1-C4 dayanıklılık sınıflarının kolonlarında gösterilmiş tüm asgari değerler yapıştırıcının sınıflandırılmasında ortalama değerler olarak elde edilmelidir. ( örneğin C4 için şartlandırma süresi 1,2 ve 4'tür.

### 3.2.3. Yapışma performans özelliklerinin belirlenmesi

Ağaç malzeme mekanik testleri deneme deseni Çizelge 3.4.'te verilmiştir. Toplamda 480 adet ağaç malzeme deney örneği hazırlanıp test edilmiştir.

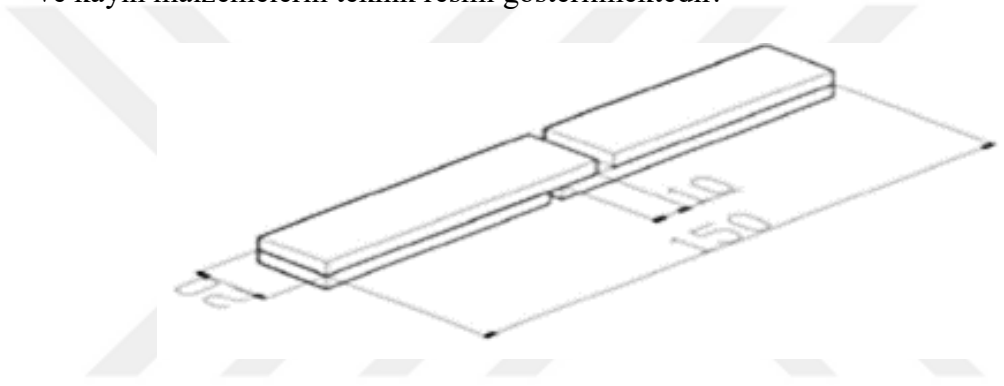
**Çizelge 3.4. Deneme deseni**

| Tutkal Çeşitleri                                                                      | Deney Örneği                           | Sıcaklık Ortamı                                                                                                                                                                                                      | Deney    | Tekrar |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|
| 1. Doğal Lateks<br>2. Doğal Lateks + Katkı Maddesi<br>3. ÜF tutkalı<br>4. PVA tutkalı | 1. Sarıçam<br>2. Kayın<br>3. Kontrplak | 1. 7 gün standart etmosferde<br>2. 7 gün standart etmosferde + 1gün (20±5) <sup>0</sup> C'deki suda<br>3. 7 gün standart etmosferde + 3saat (67±2) <sup>0</sup> C'deki suda + 2 saat (20±5) <sup>0</sup> C'deki suda | 1. Çekme | 10     |

|        |  |                                                                                                   |  |     |
|--------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----|
|        |  | 4. 7 gün standart etmosferde +<br>3saat kaynayan suda + 2 saat<br>(20±5) <sup>0</sup> C'deki suda |  |     |
| TOPLAM |  |                                                                                                   |  | 480 |

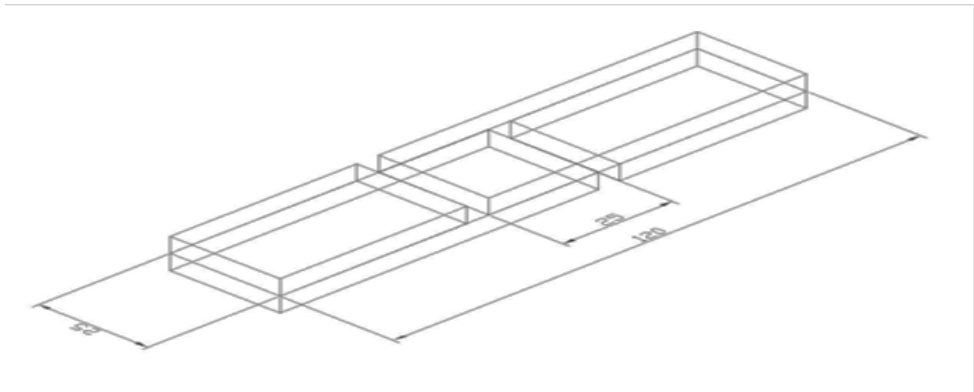
Çalışmada elde edilen tutkalın ahşap deney örnekleri üzerinde yapıştırma performanslarının incelenmesi için BS EN 302 standardında belirtilen esaslara göre sarıçam, kayın ve kontrplak malzemelerden hazırlanmış ve bu malzemelere metrekareye 150-160 g tutkal sürülerek, santimetrekareye ise 5-6 kg pres uygulanmıştır.

Şekil 3.7’de çekme testlerinde kullanılacak 150 x 20 x10 mm boyutlarındaki sarıçam ve kayın malzemelerin teknik resmi gösterilmektedir.



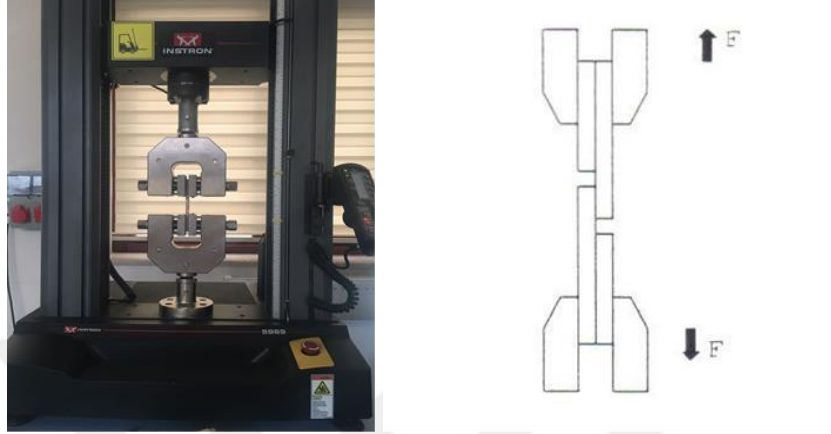
**Şekil 3.7. Çekme deneylerinde kullanılacak sarıçam ve kayın malzemelerin teknik resmi**

Şekil 3.8’de çekme testlerinde kullanılacak 120 x 25 x 5 mm boyutlarındaki kontrplak malzemenin teknik resmi gösterilmektedir.



**Şekil 3.8. Çekme deneylerinde kullanılacak kontrplak malzemenin teknik resmi**

Bu çalışma için hazırlanan deney örneklerinin genişlikleri ve uzunlukları milimetrik kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Çekme deneyi Gazi Üniversitesi Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında Üniversal test cihazında yapılmıştır. (Şekil 3.9)



Şekil 3.9. Üniversal test cihazı ve test yöntemi

BS EN 302 standardında belirtilen esaslara göre hazırlanan sarıçam, kayın ve kontrplak malzemeleri 50 mm/dk hızında artan bir kuvvetle çekme deneyi uygulanmıştır.

Deney örneklerinin yapışma yerlerinden kopma anında meydana gelen maksimum kuvvet Newton (N) olarak kaydedilmiştir. Bütün deney örneklerinde kopma tamamen tutkallı kısımda meydana gelmiştir. Buna göre; yapışma yerinde meydana gelen maksimum yapışma direnci aşağıda verile eşitlik (Eş 3.4) kullanılarak 0,01 N/mm<sup>2</sup> hassasiyetle hesaplanmıştır.

$$Q = \frac{F}{A}$$

Q= Yapışma yerinde meydana gelen maksimum yapışma direnci (N/mm<sup>2</sup>)

A= Yapışma yeri yüzey alanı (mm<sup>2</sup>)

F= Maksimum kuvvet (N) (3.4)

#### 3.2.4. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada, 4 tutkal çeşidi 3 ağaç türü, 4 sıcaklık ortamı ve 10 tekerrür için toplam 480 adet deney örneği 10'arlı gruplar halinde statik yük altında çekme direnci testine

tabi tutulmuştur. Deney sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Deneylerden elde edilen yapışma direnci değerleri çoklu varyans analizi yapılmıştır. Sonuçların 0.05 hata payı ile anlamlı çıkması nedeniyle, farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla sonuçlara Duncan testi uygulanmıştır.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Tutkala Yönelik Bulgular

#### 4.1.1. Viskozite değerleri

Çalışmada elde edilen ve piyasada temin edilen tutkalın viskozite değerleri TS EN ISO 9665'e göre, bir kapiler cam viskozite metre ile ölçülmüş ve Çizelge 4.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Viskozite tayini değerleri

| Tutkal Türü      | Viskozite m Pa S |
|------------------|------------------|
| Lateks           | 20 m Pa.S        |
| Katkı Maddesi    | 375-368 m Pa.S   |
| Üre formaldehid  | 150-200 m Pa.S   |
| Polivinil-Asetat | 160 – 200 m Pa.S |

#### 4.1.2. pH değerleri

Çalışmada elde edilen ve piyasada temin edilen tutkalın pH değerleri TS EN ISO 9665'e göre, 10g/l'lik bir çözeltinin pH'sı elektrometrik olarak tayin edilmiş ve Çizelge 4.2'de belirtilmiştir. Lateks + katkı Maddesi çok çabuk donmasından dolayı ölçüm yapılamadığından ayrı ayrı ölçülmüştür.

Çizelge 4.2. pH tayini değerleri

| Tutkal Türü      | pH        |
|------------------|-----------|
| Lateks           | 10,96     |
| Katkı Maddesi    | 7,67      |
| Üre Formaldehit  | 7.5 – 8.5 |
| Polivinil-Asetat | 5.0       |

## 4.2. Ahşap malzemelere yönelik bulgular

Çalışma kapsamında kullanılan ahşap deney malzemelerinin yoğunluk ve rutubetine ilişkin istatistik değerler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

**Çizelge 4.3. Ahşap malzemelerin rutubet ve yoğunluk değerleri**

| Malzeme Türü | Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> ) | Hava Kuru Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> ) | Rutubet Oranı (%) |
|--------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
|              | X <sub>ort</sub>                        | X <sub>ort</sub>                         | X <sub>ort</sub>  |
| Sarıçam      | 0.45                                    | 0.49                                     | 8                 |
| Kayın        | 0.59                                    | 0.64                                     | 12                |
| Kontrplak    | 0.56                                    | 0.60                                     | 11                |

Çalışma kapsamında kullanılan sarıçam odunun ortalama tam kuru yoğunluğu 0.45 g/cm<sup>3</sup>, hava kuru yoğunluğu 0.49 g/cm<sup>3</sup>, rutubet miktarı ise %8 olarak ölçülmüştür. Çalışma kapsamında kullanılan kayın odunun ortalama tam kuru yoğunluğu 0.59 g/cm<sup>3</sup>, hava kuru yoğunluğu 0.64 g/cm<sup>3</sup>, rutubet miktarı ise %12 olarak ölçülmüştür. Son olarak çalışma kapsamında kullanılan kontrplak malzemenin ortalama tam kuru yoğunluğu 0.56 g/cm<sup>3</sup>, hava kuru yoğunluğu 0.60 g/cm<sup>3</sup>, rutubet miktarı ise %11 olarak ölçülmüştür.

## 4.3. Çekme Direnci Bulguları

### 4.3.1. 7 gün standart atmosfer koşullarında bekleyen deney örneklerinin test edilmesi

Çalışmada kullanılan ahşap malzemeler elde edilen lateks tutkalı ve piyasadan temin tutkallar ile yapıştırılmıştır. Ahşap malzemelere uygulanan çekme testi sonucu elde edilen direnç değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri**

| Tutkal Türü                   | Sarıçam                                 |                | Kayın                                   |                | Kontrplak                               |                |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|
|                               | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma |
| <b>Polivinil Asetat (PVA)</b> | 7.67                                    | 0.93           | 13.06                                   | 0.95           | 3.20                                    | 0.15           |
| <b>Üre Formaldehit (ÜF)</b>   | 0                                       | 0              | 8.08                                    | 0.35           | 0.99                                    | 0.08           |
| <b>Lateks</b>                 | 5.61                                    | 0.48           | 4.38                                    | 0.13           | 0.95                                    | 0.14           |
| <b>Lateks + Katkı Maddesi</b> | 0.88                                    | 0.08           | 2.91                                    | 0.45           | 1.96                                    | 0.27           |

Çalışmada sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 7.67 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 13.06 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 2.91 N/mm<sup>2</sup> olarak katkı maddesi + lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontrplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 3.20 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.95 N/mm<sup>2</sup> olarak lateks tutkalından elde edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri farklı bulunmuş olup, farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacı ile yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4,5'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5. Çoklu varyans analizi sonuçları**

| Varyans Kaynakları                  | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Hesap      | P değeri (P<0,05) |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| <b>Ağaç türü</b>                    | 590.122         | 2                   | 295.061            | 1441.77<br>0 | 0,00              |
| <b>Tutkal</b>                       | 635.016         | 3                   | 211.672            | 1034.30<br>3 | 0,00              |
| <b>Ağaç türü * Tutkal (karışım)</b> | 423.145         | 6                   | 70.524             | 344.605      | 0,00              |
| <b>Hata</b>                         | 22.102          | 108                 | 0.205              | -            | -                 |
| <b>Toplam</b>                       | 3728.616        | 120                 | -                  | -            | -                 |
| <b>Düzeltilmiş toplam</b>           | 1670.386        | 119                 | -                  | -            | -                 |

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

**Çizelge 4.6. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Tutkal</b>          | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Polivinil Asetat       | 7.98                               | A                       |
| Üre formaldehit        | 3.02                               | C                       |
| Lateks                 | 3.65                               | B                       |
| Lateks + Katkı Maddesi | 1.92                               | D                       |

Tutkal türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri lateks + katkı maddesi ile yapılan grupta (% 1.92), en yüksek çekme direnci değerinin ise Polivinil-Asetat grubunda (% 7.98) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4.7. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Ağaç Türü</b> | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Sarıçam          | 3.54                               | B                       |
| Kayın            | 7.11                               | A                       |
| Kontrplak        | 1.78                               | C                       |

Ağaç türü düzeyinde, tutkallanan deney örneklerinin çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri Kontrplak grubunda (% 1.78), en yüksek çekme direnci değerinin ise kayın grubunda (% 7.11) olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.3.2. 7 gün standart atmosfer, 1 gün (20+5) °C’daki suda**

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri**

| Tutkal Türü                   | Sarıçam                                 |                | Kayın                                   |                | Kontırplak                              |                |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|
|                               | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma |
| <b>Polivinil Asetat (PVA)</b> | 8.01                                    | 0.68           | 12.00                                   | 1.24           | 2.73                                    | 0.29           |
| <b>Üre Formaldehit (ÜF)</b>   | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           |
| <b>Lateks</b>                 | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           | 1.01                                    | 0.13           |
| <b>Lateks + Katkı Maddesi</b> | 3.43                                    | 0.40           | 2.69                                    | 0.49           | 2.30                                    | 0.38           |

Çalışmada sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 8.01 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 12.0, N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontırplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 2.73 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF tutkalından elde edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri farklı bulunmuş olup, farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacı ile yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

**Çizelge 4.9. Çoklu varyans analizi sonuçları**

| Varyans Kaynakları                  | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Hesap | P değeri (P<0,05) |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <b>Ağaç türü</b>                    | 95.658          | 2                   | 47.829             | 217.91  | ,000              |
| <b>Tutkal</b>                       | 1101.030        | 3                   | 367.010            | 1672.15 | ,000              |
| <b>Ağaç türü * Tutkal (karışım)</b> | 350.894         | 6                   | 58.482             | 266.45  | ,000              |
| <b>Hata</b>                         | 23.704          | 108                 | 0.219              |         |                   |
| <b>Toplam</b>                       | 2433.638        | 120                 |                    |         |                   |
| <b>Düzeltilmiş toplam</b>           | 1571.285        | 119                 |                    |         |                   |

Elde edilen sonuçlara göre lateks, lateks + katkı maddesi, Polivinil Asetat ve Üre Formaldehit tutkalları ile yapıştırılan ahşap deney örneklerinin çekme direnci sonucu ağaç türü, tutkal, ağaç türü-tutkal etkileşimi faktörlerinin istatistiksel anlamda önemli olduğu (P<0,05) tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

**Çizelge 4.10. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Tutkal</b>          | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Polivinil Asetat       | 7.58                               | A                       |
| Üre formaldehit        | 0.00                               | D                       |
| Lateks                 | 0.34                               | C                       |
| Lateks + Katkı Maddesi | 2.80                               | B                       |

Tutkal türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri Üre Formaldehit ile yapılan grupta (% 0,00), en yüksek çekme direnci değerinin ise Polivinil Asetat grubunda (% 7.58) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

**Çizelge 4.11. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Ağaç Türü</b> | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Sarıçam          | 2.86                               | B                       |
| Kayın            | 3.67                               | A                       |
| Kontrplak        | 1.51                               | C                       |

Ağaç türü düzeyinde, tutkallanan deney örneklerinin çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri Kontrplak grubunda (% 1.51), en yüksek çekme direnci değerinin ise Kayın grubunda (% 3.67) olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.3.3. 7 gün standart atmosfer, 3 saat 67 °c su, 2 saat 20 ± 5 24 °C’deki suda**

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri**

| Tutkal Türü                   | Sarıçam                                 |                | Kayın                                   |                | Kontrplak                               |                |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|
|                               | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma |
| <b>Polivinil Asetat (PVA)</b> | 5.10                                    | 0.52           | 11.12                                   | 1.07           | 2.67                                    | 0.27           |
| <b>Üre Formaldehit (ÜF)</b>   | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           |
| <b>Lateks</b>                 | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           | 0.85                                    | 0.16           |
| <b>Lateks + Katkı Maddesi</b> | 2.61                                    | 0.38           | 3.72                                    | 0.60           | 1.39                                    | 0.13           |

Çalışmada sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 5.10 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 11.12 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontrplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 2.67 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.00 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF tutkalından elde edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri farklı bulunmuş olup, farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacı ile yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

**Çizelge 4.13. Çoklu varyans analizi sonuçları**

| Varyans Kaynakları                  | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Hesap | P değeri (P<0,05) |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <b>Ağaç türü</b>                    | 130.906         | 2                   | 65.453             | 387.824 | 0,00              |
| <b>Tutkal</b>                       | 762.352         | 3                   | 254.117            | 1505.70 | 0,00              |
| <b>Ağaç türü * Tutkal (karışım)</b> | 279.128         | 6                   | 46.521             | 275.650 | 0,00              |
| <b>Hata</b>                         | 18.227          | 108                 | 0.169              |         |                   |
| <b>Toplam</b>                       | 1818.893        | 120                 |                    |         |                   |
| <b>Düzeltilmiş toplam</b>           | 1190.612        | 119                 |                    |         |                   |

Elde edilen sonuçlara göre lateks, lateks + katkı Maddesi, Polivinil-Asetat ve Üre Formaldehit tutkalları ile yapıştırılan ahşap deney örneklerinin çekme direnci sonucu ağaç türü, tutkal, ağaç türü-tutkal etkileşimi faktörlerinin istatistiksel anlamda önemli olduğu (P<0,05) tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.14’te verilmiştir.

**Çizelge 4.14. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Tutkal</b>          | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Polivinil Asetat       | 6.30                               | A                       |
| Üre formaldehit        | 0.00                               | D                       |
| Lateks                 | 0.28                               | C                       |
| Lateks + Katkı Maddesi | 2.57                               | B                       |

Tutkal türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri Üre Formaldehit ile yapılan grupta (% 0,00), en yüksek çekme direnci değerinin ise Polivinil-Asetat grubunda (% 6.30) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

**Çizelge 4.15. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Ağaç Türü</b> | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Sarıçam          | 1.93                               | B                       |
| Kayın            | 3.71                               | A                       |
| Kontrplak        | 1.23                               | C                       |

Ağaç türü düzeyinde, tutkallanan deney örneklerinin çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri Kontrplak grubunda (% 1.23), en yüksek çekme direnci değerinin ise Kayın grubunda (% 3.71) olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.3.4. 7 gün standart atmosfer, 3 saat kaynayan su, 2 saat 20 ± 5 24 °C’ deki suda**

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

**Çizelge 4.16. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan elde edilen tutkalların çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama değerleri**

| Tutkal Türü                   | Sarıçam                                 |                | Kayın                                   |                | Kontırplak                              |                |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|
|                               | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma | Çekme direnci Xort (N/mm <sup>2</sup> ) | Standart Sapma |
| <b>Polivinil Asetat (PVA)</b> | 4.88                                    | 0.55           | 8.33                                    | 1.36           | 2.59                                    | 0.34           |
| <b>Üre Formaldehit (ÜF)</b>   | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           |
| <b>Lateks</b>                 | 0.00                                    | 0.00           | 0.00                                    | 0.00           | 1.11                                    | 0.19           |
| <b>Lateks + Katkı Maddesi</b> | 3.67                                    | 0.16           | 3.15                                    | 0.38           | 1.78                                    | 0.11           |

Çalışmada sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 4.88 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 8.33 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.00 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontırplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 2.59 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.00 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF tutkalından elde edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri farklı bulunmuş olup, farklılaşmaya sebep olan faktörleri belirlemek amacı ile yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

**Çizelge 4.17. Çoklu varyans analizi sonuçları**

| Varyans Kaynakları                  | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Hesap | P değeri (P<0,05) |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <b>Ağaç türü</b>                    | 44.982          | 2                   | 22.491             | 108.566 | 0,00              |
| <b>Tutkal</b>                       | 540.303         | 3                   | 180.101            | 869.354 | 0,00              |
| <b>Ağaç türü * Tutkal (karışım)</b> | 149.163         | 6                   | 24.860             | 120.002 | 0,00              |
| <b>Hata</b>                         | 22.374          | 108                 | 0.207              |         |                   |

|                           |          |     |  |  |  |
|---------------------------|----------|-----|--|--|--|
| <b>Toplam</b>             | 1298.845 | 120 |  |  |  |
| <b>Düzeltilmiş toplam</b> | 756.822  | 119 |  |  |  |

Elde edilen sonuçlara göre lateks, lateks + katkı maddesi, Polivinil-Asetat ve Üre Formaldehit tutkalları ile yapıştırılan ahşap deney örneklerinin çekme direnci sonucu ağaç türü, tutkal, ağaç türü-tutkal etkileşimi faktörlerinin istatistiksel anlamda önemli olduğu ( $P < 0,05$ ) tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

**Çizelge 4.18. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Tutkal</b>          | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Polivinil Asetat       | 5.26                               | A                       |
| Üre formaldehit        | 0.00                               | D                       |
| Lateks                 | 0.37                               | C                       |
| Lateks + Katkı Maddesi | 2.87                               | B                       |

Tutkal türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri Üre Formaldehit tutkalları ile yapılan grupta (% 0,00), en yüksek çekme direnci değerinin ise Polivinil-Asetat grubunda (% 5.26) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

**Çizelge 4.19. Çalışmada elde edilen tutkal ile piyasadan temin edilen tutkallarının, ağaç türü düzeyinde çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçları**

| <b>Ağaç Türü</b> | <b>Ortalama (N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Homojenlik Grubu</b> |
|------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Sarıçam          | 2.14                               | B                       |
| Kayın            | 2.87                               | A                       |
| Kontrplak        | 1.37                               | C                       |

Ağaç türü düzeyinde, deney örneklerinin çekme direnci değerleri ile ilgili ikili karşılaştırma Duncan testi sonuçlarına göre; en düşük çekme direnci değeri Kontrplak grubunda (% 1.37), en yüksek çekme direnci değerinin ise Kayın grubunda (% 2.87) olduğu tespit edilmiştir.



## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 5.1. Tutkalın Fiziksel Özelliklerine Yönelik Sonuçlar

#### 5.1.1. Viskozite testi sonuçları

İncelenen tutkal testlerinde en yüksek vizkozite oranı 160 - 200 m Pa.S ile Polivinil Asetat 'da görülürken en düşük değer 6 RPM = 375-368 m Pa.S İle katkı maddesinde görülmektedir. Sonuçlara bakıldığında en iyi vizkozite değeri 160 - 200 m Pa.S ile polivinil-asetat tutkalıdır. Bunun sebebinin; elde edilen lateks tutkalının hem dolgu hem de tutkal gibi davrandığından ve Poli(Hekzametilen di-isosiyonat) ile birleştiği zaman çok iyi sertleşmesinden kaynaklandığı için vizkozite değerinin çok iyi çıkmadığı düşünülmektedir. Olması gerekenden daha akıcı veya koyu kıvamdaki tutkalın bağlama gücü azalır ve yapışma olayını olumsuz etkiler ( Franklin, 1989; Eminoglu, 2018).

#### 5.1.2. pH testi sonuçları

İncelenen testlerde en yüksek pH oranı 10,96 ile lateks görülürken en düşük değer 5.0 İle Polivinil Asetat 'da görülmektedir. Yapılan bir çalışmada metallerle birleşen asitler, tanenli ağaçları renklerini boyadığından tutkalların nötr yada baz etkili olması daha iyidir. Sonuçlara bakıldığında en iyi pH değeri nötre en yakın olan katkı maddesidir.

### 5.2. Tutkalın Yapışma Performansına Yönelik Sonuçlar

#### 5.2.1. Çekme testi sonuçları

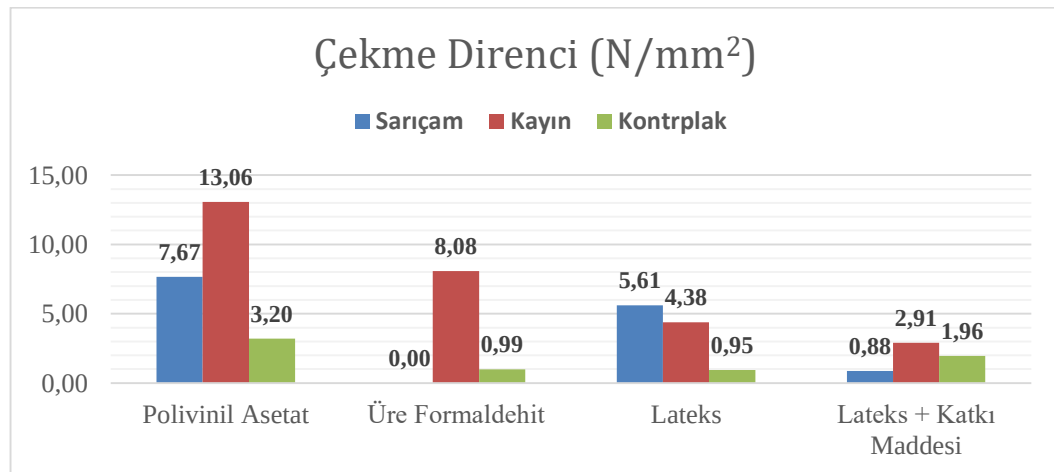
Çalışma kapsamında üretilen ve piyasadan temin edilen tutkalların çekme direnci değerleri Çizelge 5.1'de standart ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Çizelge 5.1. Tutkalların çekme dirençleri ve standart ile karşılaştırılması**

| Şartlandırma Serisi |                                                                                | Yapışma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |     |                                                 |     |                         |     |                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----|-------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|------------------------|
| No                  | Süre ve Koşullar                                                               | C1                                   | Lateks<br>X <sub>ort</sub> | C2  | Lateks+<br>Katkı<br>Maddesi<br>X <sub>ort</sub> | C3  | PVA<br>X <sub>ort</sub> | C4  | ÜF<br>X <sub>ort</sub> |
| 1                   | 7 gün standart atmosferde                                                      | ≥10                                  | 3.65<br>(B)                | ≥10 | 1.92<br>(D)                                     | ≥10 | 7.98<br>(A)             | ≥10 | 3.02<br>(C)            |
| 2                   | 7 gün standart atmosferde 1 gün 20 ± 5°C'deki suda                             |                                      | 0.34<br>(C)                | ≥7  | 2.8<br>(B)                                      | ≥7  | 7.58<br>(A)             | ≥7  | 0.00<br>(D)            |
| 3                   | 7 gün standart atmosferde 3 sa. 67± 2°C'deki suda ve 2 saat 20 ± 5°C'deki suda |                                      | 0.28<br>(C)                |     | 2.57<br>(B)                                     | ≥4  | 6.30<br>(A)             | ≥4  | 0.00<br>(D)            |
| 4                   | 7 gün standart atmosferde 3 saat kaynayan suda ve 2 sa. 20 ± 5°C'deki suda     |                                      | 0.37<br>(C)                |     | 2.87<br>(B)                                     |     | 5.26<br>(A)             | ≥4  | 0.00<br>(D)            |

NOT: PVA: Polivinil Asetat Tutkalı, ÜF: Üre Formaldehit tutkalı, C1,C2,C3,C4: Dayanıklılık sınıfları, Parantez içindeki A,B,C,D harfleri ise homojenlik gruplarıdır.

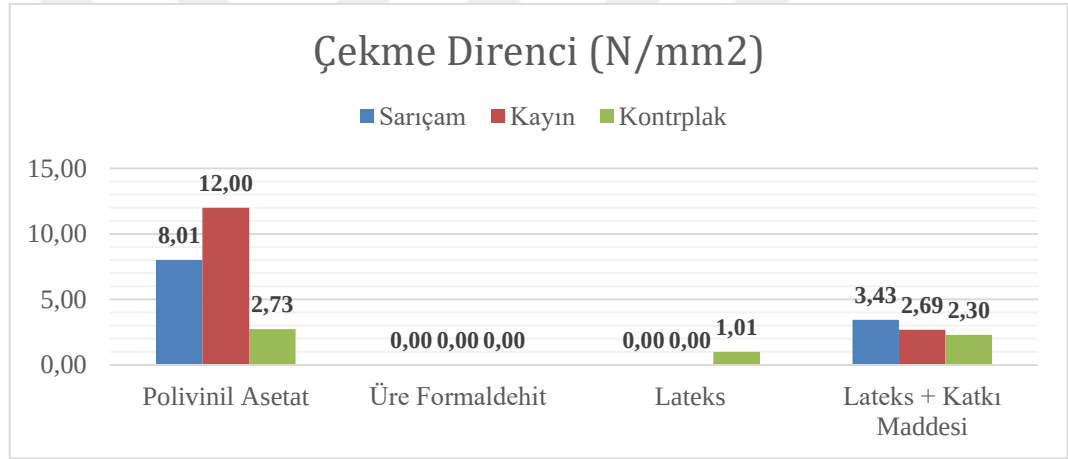
Çalışmada kullanılan ahşap malzemeler elde edilen lateks tutkalı ve piyasadan temin tutkallar 7 gün standart atmosfer koşullarında yapııştırılmıştır. Ahşap malzemelere uygulanan çekme testi sonucu elde edilen direnç değerlerine ilişkin sonuçlar Şekil 5.10'da verilmiştir.



**Şekil 5.10. 7 gün standart atmosfer koşullarında**

Çalışma sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 7.67 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 13.06 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 2.91 N/mm<sup>2</sup> olarak katkı maddesi + lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontrplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 3.20 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.95 N/mm<sup>2</sup> olarak lateks tutkalından elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ahşap malzemeler elde edilen lateks tutkalı ve piyasadan temin tutkallar 7 gün standart atmosfer, 1 gün (20+5) °C'deki suda yapıştırılmıştır. Ahşap malzemelere uygulanan çekme testi sonucu elde edilen direnç değerlerine ilişkin sonuçlar Şekil 5.11'da verilmiştir.

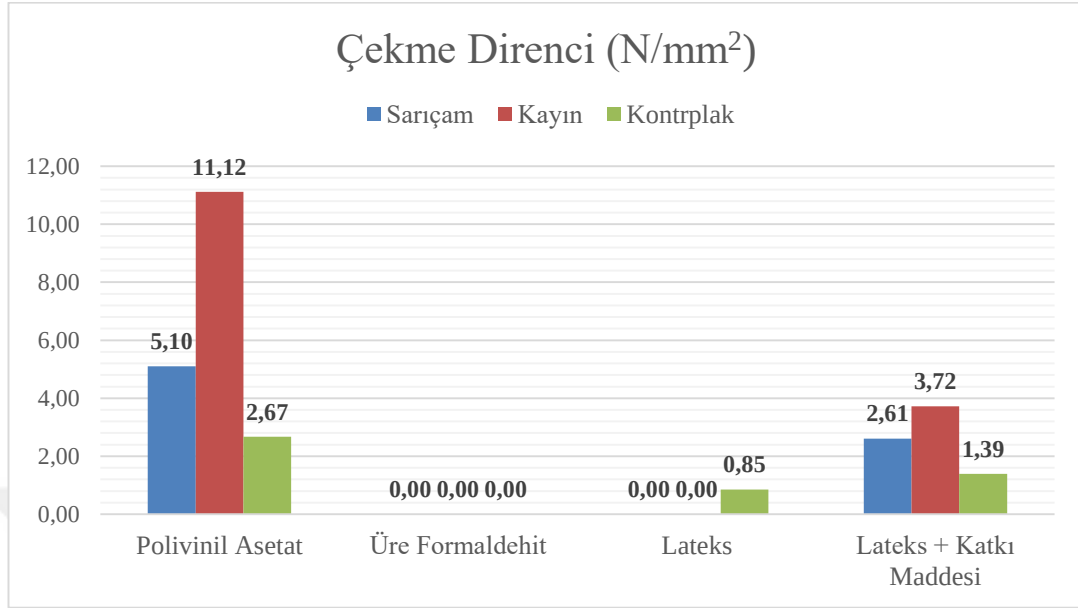


Şekil 5.11. 7 gün standart atmosfer, 1 gün (20+5) °C'deki suda

Çalışma sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 8.01 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 12.0, N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontrplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 2.73 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF tutkalından elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ahşap malzemeler elde edilen lateks tutkalı ve piyasadan temin tutkallar 7 gün standart atmosfer, 3 saat 67°C su, 2 saat 20 ± 5 24°C'deki suda

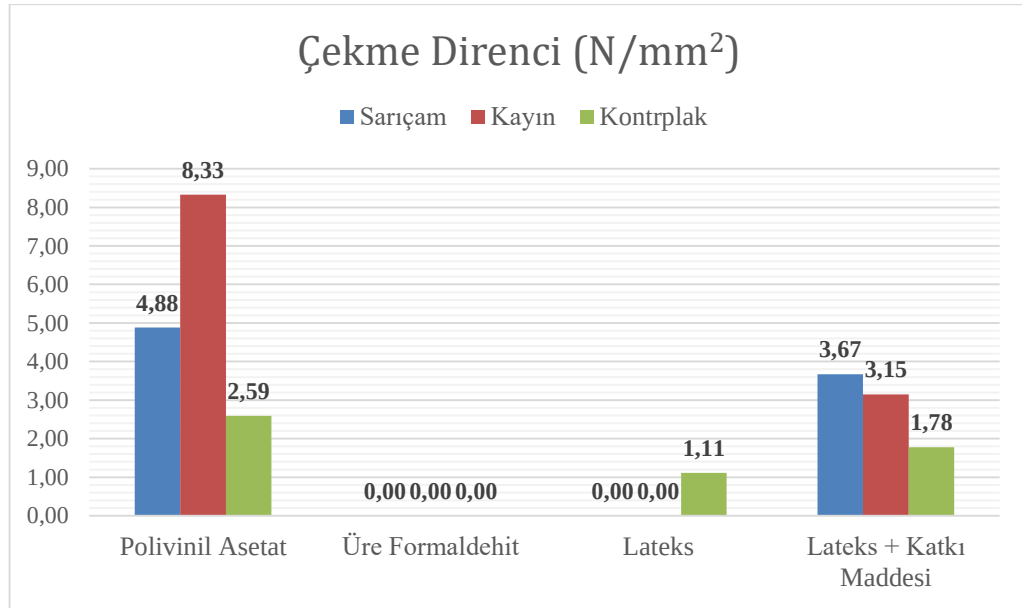
yapıştırılmıştır. Ahşap malzemelere uygulanan çekme testi sonucu elde edilen direnç değerlerine ilişkin sonuçlar Şekil 5.12’de verilmiştir.



**Şekil 5.12. 7 gün standart atmosfer, 3 saat 67 °c su, 2 saat 20 ± 5 24 °C’deki suda**

Çalışma sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 5.10 N/mm<sup>2</sup>’lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 11.12 N/mm<sup>2</sup>’lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontrplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 2.67 N/mm<sup>2</sup>’lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.00 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF tutkalından elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ahşap malzemeler elde edilen lateks tutkalı ve piyasadan temin tutkallar 7 gün standart atmosfer, 3 saat kaynayan su, 2 saat 20 ± 5 24°C’deki suda yapıştırılmıştır. Ahşap malzemelere uygulanan çekme testi sonucu elde edilen direnç değerlerine ilişkin sonuçlar Şekil 5.13’de verilmiştir.



**Şekil 5.13. 7 gün standart atmosfer, 3 saat kaynayan su, 2 saat 20 ± 5 24°C'deki suda**

Çalışma sonuçlarına göre; Sarıçam odununda en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 4.88 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Kayın odunun en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 8.33 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.00 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF ve lateks tutkalından elde edilmiştir. Son olarak, kontrplak malzemede en yüksek çekme direnci değerlerinin ortalaması olan 2.59 N/mm<sup>2</sup>'lik değer PVA tutkalından, en düşük değer ise 0.00 N/mm<sup>2</sup> olarak ÜF tutkalından elde edilmiştir.

### 5.3. Tartışma

Tüm maddelerde olduğu gibi yapıştırıcılarında kendi molekülleri arasında elektrostatik etkileşimler söz konusudur. Aynı moleküller arasındaki bu çekim kuvvetlerine kohezyon kuvvetleri denilmektedir. Kohezyon kuvvetleri yapıştırıcılarda mekanik dayanımı sağlayan kuvvetlerdir. Çalışmamızda kullanılan lateks tutkalın % 90 doğal kauçuk solüsyonundan, % 10'u ise sertleştirme ve tutkalın kohezyon-adezyon kuvvetlerine katkı sağlayan Poli(hekzametilen di-isosiyonat) maddelerinden oluşmaktadır.

Genellikle yapıştırıcılarda kohezyon kuvvetinin büyük olması istenir ve bu yüzdende aşırı miktarda dolgu malzemesi kullanılması istenmez. Kohezyon kuvveti, bir anlamda malzemenin mekanik özelliklerini belirler. Kohezyon kuvvetinin büyüklüğü ise yapıştırıcının kimyasal yapısına bağlı olup, ortalama %30'dan fazla dolgu maddesi kullanılması yapışmada kohezyon kuvvetini olumsuz yönde etkiler. (Senay, 1996). Ancak çalışmada elde edilen tutkalın, lateks hem dolgu hem de tutkal gibi davrandığından ve Poli(hekzametilen di-isosiyonat) ile birleştiği zaman çok iyi sertleştiğinden iyi sonuçlar alınmıştır.

Lateks ile katkı malzemelerinin karışımı esnasında, sıcaklık değişikliği, hava kaçması - hava kabarcığı gibi istenmeyen durumlar meydana gelmemektedir. Yapılan çalışmalarda yapıştırılacak yüzeylerin pürüzlü olması yapışma performansında bir zayıflığa neden olmaktadır. Tutkal sürülecek yüzeylerde makine izleri, ezilme, yanma, dalgalı yüzey vb. işleme kusurları olmamalıdır. (Duran, 2005). Ancak geliştirilen lateks tutkal pürüzlü yüzeylerde de etkili yapışma özellikleri göstermektedir.

Elde edilen lateks tutkalın bazı özellikleri şu şekildedir.

- Deneysel sonuçlar yapıştırılan sarıçam, kayın ve kontrplak malzemelerde yeterli çekim ve makaslama direncine sahip olduğunu ve hava koşullarından çok aşırı derecede etkilenmediğini gösteriyor.
- Tutkal çift komponentli tutkal gibi düşünülmelidir. Çünkü lateks + Poli(hekzametilen di-isosiyonat) karışımı hızlı bir şekilde sertleşebilmektedir.
- Lateks karışımının viskozite değeri Brookfield vizkozimetre ile ölçülmüş ve 20 cps (santipoz saniye) bulunurken sertleştirme ajanı olarak kullanılan Poly(haxamethylene diisocyanate) karışımının ise 375-368 cps (santipoz saniye) bulunmuştur.
- Lateks karışımının viskozite değerinin düşük olması sürüle bilirliliği kolaylaştırmaktadır. İstenilen bir durum olan düşük vizkoziteye rağmen tutkalın sertleşmesinin çok yüksek olması lateks tutkalın üstün yanlarındandır.
- Yapıştırıcının % 90'nını oluşturan lateks yapıştıktan sonra suya dayanıklıdır. Ancak yapışmadan önce ise tamamen suda çözülebilir bir formdadır.

- Lateks yapıştırıcıda sürülen yüzeyin iç kısımlarını geçmek suretiyle miktarında azalma gözlenmemektedir.
- Ancak pH seviyesinin 10,96 olmasından kaynaklı olarak ağaç yüzeyinde renk değişimine neden olabilmektedir. Ancak bu yapışan yüzeyler ile sınırlıdır.
- Lateks tutkal, özellikle sentetik veya kısmen sentetik maddelerin oduna yapıştırılmasında kullanılabilecek tutkallardır. Burada geliştirilen tutkal ile de sentetik malzemeler ağaç malzemelere fiziksel yollarla yapışmaktadır.
- Lateks yapıştırıcıda solvent kullanılmaması ve yapışmanın sıcaklıktan bağımsız olması diğer üstün yanlarındandır.



## 6. KAYNAKLAR

- Alma, M.H. (1997). The Use of Wheat Straw-Phenol Condensation Products as Molded Materials. *Journal of Polymer Engineering*, 17 (4), 311-322.
- Atar, M., (2007). PVAc tutkalında viskozite değişiminin bazı ağaç malzemelerde yapışma direncine etkileri. *Politeknik Dergisi*, 10(1), 85-91
- Ayla, C. (1984). Pinus Brutia Tanin Adhesives, *Journal of Applied Polymer Science: Applied Polymer Symposium* 40, 69-78.
- Boonstra, M.J., Van Acker, J., Kegel, E., Stevens, M., 2007. Optimisation of the two-stage heat treatment process: durability aspects. *Wood Science and Technology*, 41:31-57.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y. (1990). Yongalevha Endüstrisi, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3614, 27, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., Ünlügil, H., (1995). *Odun Patolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Orman Fakültesi, Yayın No: 432, İstanbul, 398 s.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., (1997), *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Orman Fakültesi, Yayın No: 445, İstanbul, 372 s.
- Budurlu E., 1994. Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim Kullanım Teknolojisi, Bizim Büro Basımevi. Ankara. 322s.
- Cheng E, Sun X, Karr GS. Adhesive properties of modified soybean flour in wheat straw particleboard. *Compos Part A: Appl Sci Manuf* 2004;35(3):297–302.
- Corey, A.E., Draghetti, P.M., Fantl, J., Polyvinyl Acetate Emulsions and Polyvinyl Alcohol for Adhesives, Monsanto Company, s. 465-483, Springfield, Massachusetts, 1977.
- Çetin, N.S. and Özmen, N. (2002). I. Organosolv Lignin Modified Resins, *International Journal of Adhesion&Adhesives* 22, 477-480.

Çolakoğlu, G. 2001. Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Notu, KTÜ, Orman Fakültesi.

Edward, L., Snelgrove, J. A., Polyvinyl Acetate Adhesives, Monsanto Company, Springfield, s. 507-527, Massachusetts, 1977.

Franklin Glue Com. (1989). Adhesive trouble shooting. Colombus: CRC Press, 72.

Goetze, H., Schultz – Devitz, G., The Influence of Fillers and other Aditionel Substances on the Bonding Strength of Adhesives with Solid Wood / Particleboard Joint, Drevivsky-Vyskum, n 114, p 41-46, 7. ref. Slovakian-Russian, 1987.

Gorník, D., Hemingway, R. W. and Tisler, V. (2000). Tannin Based Cold-Setting Adhesivesfor Face Lamination of Wood. Holz Als Roh Und Werkstoff, 58, 23-30.

Huş, S. (1977). Ağaç Malzeme Tutkalları, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2337, Orman Fakültesi Yayın No: 242, 9-32, İstanbul.

Huş, S. (1962) , Ağaç Malzeme Tutkalları, Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt XI, Sayı 2.

İrem Eminoğlu. (2018) Farklı özelliklerde PVAc esaslı tutkalların yapışma performanslarının belirlenmesine ilişkin Bir Araştırma – Ankara , Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.

Liu, J., Preparation of Ürea-Formaldehyde resin modified with Polyvinylalkohol and amylum. Xiangtan Mineral Institute, Journal Ca Section, s. 35-37, China, 1997.

Moubarik A, Allal A, Pizzi A, Charrier F, Charrier B. Preparation and mechanical characterization of particleboard made from maritime pine and glued with bioadhesives based on cornstarch and Tannins. Maderas Cienc Tecnol 2010;12(3):189–97.

N.S. Sulaiman vd., (2018) Partial replacement of urea-formaldehyde with modified oil palm starch based adhesive to fabricate particleboard. International Journal of Adhesion and Adhesives. Volume 84, August 2018, Pages 1-8.

- Özen, E., (2005), Zehirli Bitki Geofit Ekstraktları İle Ağaç Malzemenin Mantar Çürüklüklerine Karşı Korunmasına İlişkin Bir Araştırma – Muğla , Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi.
- Pizzzi, A. (1994). Advanced Wood Adhesives Technology, Marcel Dekker Inc., p:149-241, New York.
- Pizzi, A., 1983. Wood adhesives: chemistry and technology. M. Dekker, New York, 416 pp.
- Polhamus, L.G. (1961) Rubber: Botany, Production and Utilization. World Crops Books, Leonard Hill, London; Interscience Publishers NY, 449 pages.
- Santana, M.A.E., BAUMANN, M.G.D. and CONNER, A.H. (1995). Resol Resins Prepared with Tannin Liquified in Phenol. *Holzforschung*, 49, 146-152.
- SBP. (1990). Handbook of Adhesives, Small Business Consultants&Engineers, SBP Building, 4145, Roop Nagar DELHI-110007, 53-149.
- Sernek, M., 2002. Comparative analysis of inactivated wood surfaces. Virginia Polytechnic Institute and State University, Doctoral Dissertation, 179 p.
- Söğütlü, C., Döngel, N. (2007). Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda çekmede makaslama dirençleri. *Politeknik Dergisi*, 10(3), 287-293.
- Şanıvar, N., Zorlu, İ. (1980). Ağaçışleri gereç bilgisi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 306-314.
- Şenay, A. (1996). Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TS 2470 “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler”, T.S.E., Ankara, (1976).
- TS EN ISO 9665 “Tutkalda; rutubet, pH ve vizkozite tayin deneyi İçin numune alma metotları ve genel özellikler”, T.S.E., Ankara, (Kasım 2002).

TS EN ISO 9665 "Tutkal numunesinin pH tayini" T.S.E., Ankara, (Kasım 2002).

TS EN ISO 9665 "Tutkal numunesinin vizkozite tayini" T.S.E., Ankara, (Kasım 2002).

TS EN 12765 ve TS EN 205 "Tutkal numunesinin sınıflandırma tayini" T.S.E., Ankara, (Kasım 2001).

BS EN 302-1 Makaslama ve Çekme-Makaslama deneyleri" BSI Group Headquarters European (June 2011)

Web-1, [https:// megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/](https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/), Son Erişim Tarihi: 04.11.2018

Web-2, [https:// www.globalkaucuk.com.tr/](https://www.globalkaucuk.com.tr/), Son Erişim Tarihi: 04.08.2018

Web-3, <https://www.anadoluormanurunleri.com/>, Son Erişim Tarihi: 29.11.2017

Web-4, [https:// www.izowin.net/](https://www.izowin.net/), Son Erişim Tarihi: 14.01.2018

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Mehmet KELEŞ  
Uyruk : T.C.  
Doğum Yeri ve Tarihi : Akçadağ / MALATYA- 15/11/1983  
Medeni Hali : Evli  
Telefon : 0554 555 4848  
E-posta : Mehmet.keles.4448@gmail.com

### Eğitim

| Alınan Derece | Aldığı Kurum/Üniversite         | Mezuniyet Yılı |
|---------------|---------------------------------|----------------|
| Lise          | Akçadağ Çok Programlı Lisesi    | 2001           |
| Lisans        | Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi | 2010           |

### İş Tecrübesi

| Yıl       | Yer                            | Pozisyon/görev |
|-----------|--------------------------------|----------------|
| 2001-2003 | Malatya                        | Mobilya üretim |
| 2011-2012 | Tekirdağ Malkara Meslek Lisesi | Vekil Öğretmen |
| 2013-2014 | Muğla Köyceğiz                 | Vekil Öğretmen |
| 2015 -    | Muğla Mili Eğitim Müdürlüğü    | Öğretmen       |