



**FARKLI ÖZELLİKLERDE PVAc ESASLI TUTKALLARIN YAPIŞMA
PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ**

İrem EMİNOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2018

İrem EMİNOĞLU tarafından hazırlanan “FARKLI ÖZELLİKLERDE PVAc ESASLI TUTKALLARIN YAPIŞMA PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ”adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Başkan: Prof. Dr. İlker USTA

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

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

.....

Üye: Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 20/02/2018

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

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İrem EMİNOĞLU

20/02/2018

FARKLI ÖZELLİKLERDE PVAc ESASLI TUTKALLARIN YAPIŞMA PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

İrem EMİNOĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2018

ÖZET

Bu çalışmada, ağaçları ve mobilya endüstrisi için geliştirilen farklı özelliklerde PVAc esaslı tutkalların yapışma performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, farklı özelliklerde (katı madde miktarı, dolgu malzemesi) üretilen 3 adet PVAc tutkalı, karşılaştırma ve kontrol maksadıyla piyasadan rastgele temin edilen 1 adet PVAc tutkalı olmak üzere toplam 4 farklı tutkal kullanılmıştır. Ağaç türü olarak ağaçları ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* L.), Iroko(*Chlorophora excelse*), maun (*Swieteniasp.*) velimba(*Terminaliasuperba*)odunları kullanılmıştır. TS 5430 EN 204 ve TS EN 205 standartlarında belirtilen esaslara uyularak hazırlanan örnekler D1 ve D2 normlarında testler uygulanmıştır. Deneyler sonunda; tutkalların tamamının standartlarda belirtilen D1 ve D2 sınıfı yapışma direnci değerlerine uygun oldukları belirlenmiştir. D1 testi sonucunda yapışma direnci değeri en yüksek meşe odununda T1 tutkalı örneklerde (19,05 N/mm²), en düşük ise limba odununda kontrol (K) tutkalı örneklerde (10,16 N/mm²) elde edilmiştir. D2 testi sonucunda yapışma direnci değeri en yüksek meşe odununda T1 tutkalı örneklerde (18,96 N/mm²), en düşük ise limba odununda kontrol (K) tutkalı örneklerde (9,35 N/mm²) elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 120401
Anahtar Kelimeler : Yapışma Direnci, PVAc tutkalı, Çam, Kayın, Meşe, Maun, Iroko, Limba
Sayfa Adedi : 49
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

DETERMINATION OF BONDING PERFORMANCE OF PVAc BASED ADHESIVES
WITH DIFFERENT PROPERTIES

(M. Sc. Thesis)

İrem EMİNOĞLU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2018

ABSTRACT

This study aims to determine the bonding performance of PVAc based adhesives with different properties for wood products and furniture industry. For this purpose, total 4 types of samples were chosen; 3 types of PVAc adhesives produced with different properties (solids content, filler material) and a control sample of PVAc adhesive which were randomly supplied from the market for comparison. Test samples were prepared from scots pine (*Pinus Sylvestris* L.), oriental beech (*Fagus Orientalis* L.), oak (*Quercus petraea* L.), iroko(*Chlorophora excelse*), mahogany (*Swieteniasp.*) and limba(*Terminaliasuperba*) woods, which are widely used in wood products and furniture industry. D1 and D2 tests were applied to the prepared samples in accordance with the principles stated in TS 5430 EN 204 and TS EN 205 standards. As a result of the experiments; 4 types of adhesives were found to conform in terms of the adhesion resistance in accordance with the standard values of D1 and D2 class. In respect to the result of the D1 test, the highest value of bonding strength was obtained from oakwood samples, bonded with T1 adhesive (19.05 N/mm²), the lowest value was yielded on limba wood samples, bonded with control (K) adhesive (11.80 N/mm²). Regarding with the D2 test, the highest value of bonding strength was determined on oak wood samples, bonded with T1 adhesive (18.96 N/mm²), the lowest value was observed in limba wood samples, bonded with control (K) adhesive (9.35 N/mm²).

Science Code : 120401
Key Words : Bonding strength, PVAc adhesive, Scots pine, Oriental beech, Oak, Iroko, Mahogany, Limba
Page Number : 49
Supervisor : Assist Prof. Dr. Nihat DÖNGEL

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamda yardımlarını, ilgi ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim saygı değer hocam Yrd.Doç.Dr. Nihat DÖNGEL'e, okul ve çalışma hayatımdailgi ve desteklerini esirgemeyen çalışmalarına yardımcı olan Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi hocalarına, yüksek lisans eğitimimin sonuna kadar bana emeği geçen beni yetiştiren tüm hocalarıma, tezimin yazılması düzenlenmesi ve basımında emeği geçen Bilumum İşler Fabrikası yöneticilerine, malzeme temininde yardımcı olan BES Kimya Kauçuk San. ve Tic. A.Ş.'ye ve maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım annem, babam, kardeşim ve kuzenime teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Yapışma Teorisi	3
2.2. Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler	4
2.2.1. Odunun yapısı	4
2.2.2. Yüzey özellikleri ve pürüzlülüğü	4
2.2.3. Pres basıncı ve presleme süresi	5
2.2.4. Yapıştırıcı yapısı ve özellikleri	5
2.2.5. Moleküller arasındaki bağlama gücü	6
2.2.6. Viskozite.....	6
2.2.7. Tutkalın asit oranı (pH)	6
2.2.8. Dinlenme süresi.....	6
2.2.9. Tüketim süresi.....	7
2.2.10. Açık zamanı.....	7
2.3. Polivinil – Asetat (PVAc) Tutkalı.....	7
3. LİTERATÜR ÖZETİ	9
4. MALZEME VE YÖNTEM	13

	Sayfa
4.1. Ağaç Malzeme	13
4.2. Tutkal	14
4.3. Deney örneklerinin hazırlanması	14
4.4. Yöntem.....	15
4.4.1. Rutubet tayini	15
4.4.2. Yoğunluk tayini.....	16
4.4.3. Yapışma direnci.....	16
4.4.4. Ahşap hasar oranı	18
4.5. Verilerin değerlendirilmesi	18
5. BULGULAR	19
5.1. Rutubet Miktarı	19
5.2. Yoğunluk.....	19
5.3. Yapışma Direnci (D1).....	20
5.4. Yapışma Direnci (D2).....	24
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	31
6.1. Rutubet Miktarı.....	31
6.2. Yoğunluk.....	31
6.3. Yapışma Direnci (D1).....	31
6.4. Yapışma Direnci (D2).....	31
6.5. Yoğunluk-Yapışma Direnci İlişkisi	33
6.6. Katı Madde Miktarı-Yapışma Direnci İlişkisi	34
6.7. Ahşap Hasar Oranı (%).....	35
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	47

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Tutkalların özellikleri	14
Çizelge 4.2. Dayanıklılık sınıflarının açıklamaları.....	17
Çizelge 4.3. Yapışma direnci deney şartları	18
Çizelge 5.1. Ortalama rutubet miktarı değerleri (%).....	19
Çizelge 5.2. Yoğunluk ortalama değerleri (g/cm ³).....	19
Çizelge 5.3. Yapışma direnci (D1) değerleri (N/mm ²).....	20
Çizelge 5.4. Yapışma direnci değerlerine ağaç türü ve tutkal çeşidi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	21
Çizelge 5.5. Ağaç türünün yapışma direnci etkisine ilişkin LSD testi sonuçları	21
Çizelge 5.6. Tutkal çeşidinin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD testi sonuçları	22
Çizelge 5.7. Ağaç türü ve tutkal çeşidinin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD test sonuçları	23
Çizelge 5.8. Yapışma direnci (D2) değerleri (N/mm ²).....	25
Çizelge 5.9. Yapışma direncine ağaç türü ve tutkal çeşidi etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 5.10. Ağaç türünün yapışma direnci etkisine ilişkin LSD test sonuçları	26
Çizelge 5.11. Tutkal çeşidinin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD test sonuçları	27
Çizelge 5.12. Ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşiminin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD testi sonuçları	28
Çizelge 6.1. Yoğunluk-Yapışma direnci ilişkisine ait regresyon katsayıları (y=ax ² +bx+c).....	34
Çizelge 6.2. Katı madde miktarı-Yapışma direnci ilişkisine ait regresyon katsayıları (y=ax ² +bx+c).....	35

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Yapışma direnci deney örneği (ölçüler mm)	15
Şekil 4.2. Yapışma direnci deney düzeneği	17
Şekil 5.1. Ağaç türüne göre yapışma direnci	22
Şekil 5.2. Tutkal çeşidine göre yapışma direnci	23
Şekil 5.3. Ağaç türü-tutkal çeşidine göre yapışma direnci	24
Şekil 5.4. Ağaç türüne göre yapışma direnci	27
Şekil 5.5. Tutkal çeşidine göre yapışma direnci	28
Şekil 5.6. Ağaç türü-tutkal çeşidine göre yapışma direnci	29
Şekil 6.1. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney türüne göre yapışma direnci ve farklar	33
Şekil 6.2. Yoğunluk-yapışma direnci ilişkisi.....	34
Şekil 6.3. Katı madde miktarı-yapışma direnci ilişkisi.....	35
Şekil 6.4. Çam odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar	36
Şekil 6.5. Kayın odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar	36
Şekil 6.6. Meşe odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar	37
Şekil 6.7. Iroko odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar	37
Şekil 6.8. Maun odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar.....	38
Şekil 6.9. Limba odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar.....	38
Şekil 6.10. Ahşap hasar oranı (%) (D1).....	39
Şekil 6.11. Çam odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar	40
Şekil 6.12. Kayın odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar ...	40
Şekil 6.13. Meşe odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar	41
Şekil 6.14. Iroko odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar	41
Şekil 6.15. Maun odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar....	42
Şekil 6.16. Limba odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar...	42
Şekil 6.17. Ahşap hasar oranı (%) (D2).....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
A	Deney parçasının ölçme alanı
b	Yapışma yüzeyinin genişliği
cm	Santimetre
F	Kopma anındaki kuvvet
G	Gram
ℓ	Yapışma yüzeyinin uzunluğu
m	Metre
mm	Milimetre
M	Kütle
m_r	Rutubetli ağırlık
m_o	Kuru haldeki ağırlık
N	Newton
R	Rutubet
V	Hacim
Δ	Yoğunluk
σ	Yapışma direnci

Kısaltmalar	Açıklamalar
ANOVA	Analysis of Variance
HG	Homojenlik Grubu
M.Ö.	Milattan Önce
PVA	Polivinil Asetat
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Ahşap malzeme insanlık tarihi boyunca en yaygın kullanılan hammadde olmuştur. Sanayinin gelişmesiyle birlikte tüketimin de artması alternatif malzemeler arayışını zorunlu kılmıştır [1].

Ahşap malzeme kullanım amacına bağlı olarak çeşitli mekanik zorlamalar ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlamalarda, etkili olan kuvvetin şekli ve şiddetine göre ahşap malzemenin birleşme yerlerinde açılma ve gevşeme, elemanlarda eğilme, çatlama veya kırılma gibi deformasyonlar meydana gelir. Sağlamlık ve kaliteyi doğrudan etkileyen deformasyonların büyüklüğü, birleşme yerlerinde uygulanan konstrüksiyona, yapıştırıcı ve ağaç malzeme türüne göre değişmektedir [2].

Tutkal sayesinde ahşap malzemenin birleşme yerlerinde tam rijitlik sağlanır. Ayrıca çeşitli levhaların yapımına olanak vererek mobilyada çeşitliliğe, ekonomiye ve tasarım esnekliğine katkıda bulunur. Bu rolleri ile tutkallar ağaç malzeme sektöründe çok büyük önem arz etmektedir [3].

Yapıştırıcılar, yapıştırılacak malzemeleri adezyon ve kohezyon güçleri birbirine bağlayan ve yapıştırılan maddelerin yapılarında önemli bir şekilde değişikliğe sebep olmayan maddelerdir [3].

Yapıştırmanın tarihi insanlık tarihi kadar eskidir. Öncelikle insanlar elemanları bitki lifleri ile birbirine bağlamışlardır. Daha sonra maden devrine gelindiğinde çivi kullanılmıştır. Fakat çivi sistemi ile tam rijit birleşme sağlanamamıştır. Daha sonra kan, kemik ve deriden tutkallar üretilerek daha rijit bir birleşme sağlanmıştır [3].

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesine paralel olarak yapılan yeni araştırmalar, ahşap malzemeye yeni kullanım alanları oluşturmuş ve bu sayede yeni endüstri dalları doğmuştur. Ayrıca malzemeler estetik ve teknik kusurlarından (budak, reçine keseleri vb.) arındırılarak istenilen özelliklerde ahşap malzemeler üretilmiştir. Bu işlemler tutkalların ve yapışmanın önemini artırmıştır.

Bu alışma, farklı üretim parametrelerine sahip PVAc tutkallarının ilgili standartlarda belirtilen esaslara uygun olarak; am, kayın, meşe, iroko, maun ve limba ağaç malzemelerindeki yapışma performanslarını belirlemek amacı ile yapılmıştır. Çalışma ile üretici, tasarımcı ve kullanıcılara çeşitli parametreler sunulması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yapışma Teorisi

Tutkallar iki malzemeyi birbirine yapıştırmada kullanılan sıvı kıvamda olan maddelerdir. Bütün maddeler gibi, yapıştırıcılar da gerek sıvı, gerek katı durumunda olsun kendi molekülleri arasında elektro manyetik kurallara bağlı olarak belli bir çekim kuvvetine sahiptir [4].

Yapışma, cisimlerin kendi atom ve molekülleri arasındaki çekim gücü olan kohezyon bağı ile cisimlerin birbirine tamamen çakışmış olan yüzeylerinde iki ayrı cismin atom ve moleküllerinin karşılıklı çekim gücü olan adezyon bağı ile gerçekleşmektedir [3].

İki maddenin yüzey molekülleri arasındaki atomik çekim kuvvetine adezyon kuvveti denir [5]. İki madde yüzeyinin birbirine fazla yaklaştırılması sonucu, maddelerin molekülleri arasında meydana gelen karşılıklı etki sonunda ortaya çıkar. Pratikte bu yaklaşmayı sağlamak olanaksız olduğu için yapıştırıcı maddelere ihtiyaç duyulmaktadır [3].

Kohezyon bağı, bir cismin kendi atom ve moleküllerinin birbirini çekmesidir. Kohezyon bağının çok yüksek olması o cismin sertliğini gösterir. Aynı cins moleküller arasındaki bağı, yani moleküler çekim kuvvetlerinin toplamını ifade eder. Cismin dış etkilere karşı direnç göstermesi ve şeklinin deformasyona dayanması kohezyon kuvvetlerinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu durum ise cismin yapısı tarafından belirlenir. Bazı cisimlerin atom ve molekülleri arasındaki bağlar çok zayıftır. Akışkan cisimler bunlara örnektir [3].

Yapıştırıcı sürülmüş karşılıklı iki yüzeye basınç uygulandığında, tutkal girinti ve çıkıntılara doğru kendiliğinden dağılır. Tutkal her iki ağaç malzeme yüzeyine hemen hemen aynı anda transfer olur. Akış ve transfer aşamalarını tutkalın ağaç malzeme gözeneklerine nüfuz etmesi izler. Nüfuz etme işlemi akışkanlık ve transfert sona erinceye kadar devam eder [5].Yapıştırmada amaç, iki maddeyi en güçlü şekilde birleştirmek ve iki yüzeyi birbirinden ayrılmadan veya sadece bir yüzeyin kırılması ile gerçekleşmektedir. Farklı iki yüzey arasında meydana gelen etkileşim (adezyon) fiziksel ve kimyasal bağlanma ile meydana gelmektedir [5].

Birleştirmenin başarısı, tutkalın ağaç malzeme yüzeyini ıslatabilme ve hücre çeper boşluklarına nüfuz etme özelliğine bağlıdır. Tutkal katmanı oluşumundaki son aşama tutkalın sertleşmesidir. Ağaç malzeme tutkalları su kaybederek ve soğuyarak fiziksel, ısı ya da katalizör etkisiyle kimyasal yoldan katılaşırlar [6].

2.2. Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler

İyi bir tutkallama ve birleştirme için kaliteli bir tutkalın kullanılması, tutkalın yüzeylerdeki gözeneklere iyi girmesi, ağaç molekülleri arasında iyi bir bağlantı kurulması ve tutkallanan parçaların belirli bir süre sıklı kalarak kurumaya bırakılması gerekir.

Ağaç malzemede yapışma direncini birçok faktör etkilemekle beraber en önemli faktörler; odunun yapısı, yüzey özellikleri ve pürüzlülüğü, pres basıncı ve pres süresi, yapıştırıcının yapısı ve özellikleridir [7].

2.2.1. Odunun yapısı

Ağaç malzeme heterojen bir yapıya sahip olup malzemenin hücre yapısı, yıllık halka genişliği, ilkbahar ve yaz odunu oranı, diri ve öz odun miktarları, odunun içerisindeki esas ve yan bileşikler ve yoğunluğu gibi yapısal özellikleri yapışmayı etkileyen temel unsurlardır.

2.2.2. Yüzey zellikleri ve pürüzlülüğü

Yapıştırılacak yüzeylerdeki toz, kirve yağ gibi unsurlar yapışmayı olumsuz etkilemektedir. Ayrıca yüzeylerdeki kesici izleri, ezilmeler gibi yüzey pürüzlülüğünü artıran ve düzgünlüğü bozan kusurlarda yapışmayı olumsuz etkileyen diğer faktörlerdir.

Yapılan birçok çalışmada yüzey pürüzlülüğü arttıkça yapışma direncinin azaldığı belirlenmiştir [8,9,10].

Geçmişte yüzeylerin pürüzlü olması ve çizilmesinin yapışmayı artırdığı iddia edilirken, yapılan birçok deneysel çalışma pürüzsüz yüzeylerde yapışmasının daha iyi olduğunu ortaya çıkarmıştır [11].

2.2.3. Pres basıncı ve presleme süresi

Basınç, tutkalın yapıştırılan yüzeye tam temasını sağlarken, yeterli basınç uygulandığında, tutkalın bir yüzeyden diğer yüzeye transferi yeknesak olmakta ve yapışma direnci en iyi sonucu vermektedir. Ayrıca tutkalın açık hücre boşluklarına girmesini ve en önemlisi tutkal sertleşene kadar birleştirilecek iki ağaç malzemenin aynı pozisyonda tutulması sağlar [5, 12].

Uygulanan basınç, yapıştırılacak parçaların her noktasında eşit olmalı ve tutkal hattında eşit kalınlıkta ince bir film katmanını oluşturulacak şekilde ayarlanmalıdır. Pres basıncı, ağaç türü ve özelliklerine göre değişmektedir. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenmelidir [13].

Soğuk preslemede pres süresi, tutkal çeşidine ve ortamın sıcaklığına göre değişmektedir. Sıcak preslemede ise tutkalın çeşidi ile birlikte uygulanan pres sıcaklığı ve yapıştırılacak parçaların kalınlığı da presleme süresini etkilemektedir. Sıcak presleme süresinin hesaplanmasında, tutkalın sertleşme süresine orta tabakaya kadar her 1 mm kalınlık için 1 dakika ilave edilmektedir[13].

2.2.4. Yapıştırıcı yapısı ve özellikleri

Yapıştırıcının kimyasal yapısı, içindeki katı madde ve dolgu maddesi miktarları ve viskozitesi yapışmayı etkileyen önemli faktörlerdir.

Ahşap malzemenin yapıştırılmasında kullanılan tutkallar sertleşme bakımından iki farklı özellik gösterirler. Bunlardan bir kısmı fiziksel, diğerleri kimyasal olarak sertleşirler. İki ahşap arasına sürülen tutkal çözeltisi sertleşirken yapışmayı sağlar [14]. Kimyasal sertleşen tutkallar, fiziksel olarak sertleşen tutkallara göre rutubete ve suya karşı daha dayanıklıdır. Tutkal seçimi yapılırken, nerede ve nasıl kullanılacağı belirlendikten sonra uygun tutkal seçimi yapılmalıdır [4].

İyi bir tutkallama ve birleştirme için kaliteli bir tutkalın kullanılması, tutkalın yüzeylerdeki gözeneklere iyi girmesi, ağaç molekülleri arasında iyi bir bağlantı kurulması ve tutkallanan parçaların belirli bir süre sıkılı kalarak kurumaya bırakılması gerekir.

2.2.5. Moleküller arasındaki bağlama gücü

Tutkalın kendi molekülleri arasındaki bağlama gücüne kohezyon, tutkal moleküllerinin ağaç molekülleri ile arasındaki bağlama gücüne ise adezyon kuvveti denir. Bu nedenle, bir tutkalın ağaç molekülleri ile iyi bir bağlantı yapabilmesi için kendi molekülleri arasındaki bağlama gücünün de iyi olması gerekir [12].

2.2.6. Viskozite

Tutkal sıvısının az akıcı veya çok akıcı olması fizikte viskozite olarak adlandırılır. Sıcakta tutkal sıvısının akıcılığı artar. Soğukta tutkalın akıcılığı azalır, koyulaşır. Tutkal sıvısının akıcılığı tutkallama işleminin güvenilirliğini etkiler [15]. Olması gerekenden daha akıcı veya koyu kıvamdaki tutkalın bağlama gücü azalır ve yapışma olayını olumsuz etkiler. Genellikle belirli bir sürede tüketilmesi gereken tutkallar öngörülen süre içinde tüketilmemesi durumunda, koyulaşmaya başlar, yapısı ve bağlama gücü zayıflar. Tutkal gerecinin eritildiği sıvıların tutkal gereci içine gereğinden fazla katılması durumunda ise bağlama gücü zayıflar [12].

2.2.7. Tutkalın asit oranı (pH)

Bu özellik hem yapışmayı hem de tutkallama hatalarını belirleyen bir özelliktir. 1-6 pH değeri asit, 7 pH değeri nötr, 8-14pH değeri ise baz etkisini gösterir [12]. Metallerle birleşen asitler, tanenli ağaçları renklendirip boyarlar. Bu yüzden tutkalların asit etkili olması istenmez. Baz etkili tutkallar, tanenli ağaçlarda doğrudan renk koyulaşması yaparlar. Tutkaldaki tepkime ya sıcaklık etkisi ile ya da sertleştiricilerle sağlanır. Kimyasal tepkimenin oluşumu ve hızı büyük ölçüde tutkalın pH değerine bağlıdır [15].

2.2.8. Dinlenme süresi

Bazı tutkalların elemanları birbirine karıştırıldıktan sonra ve ağaca sürülmeden önce bir süre bekletilmeleri gerekir. Tutkalı oluşturan katı ve sıvı maddelerin tam erimesi, olgunlaşması için zorunlu olan bekleme süresine dinlendirme süresi denir. Dinlendirilen tutkal sıvısı eşyapılı hale gelir. Ağaca daha kolay sürülür. Gözeneklere daha iyi girer. Sürüldüğü gereçle bağdaşır ve iyi ilişkiler kurar. Kendi molekülleri arasında uyumlu bir sıvı özelliği gösterir [15].

2.2.9. Tüketim süresi

Tutkal sıvısının dinlendirilip kullanılmaya hazır olduğu an ile beklemekten ötürü bayatlamaya başladığı an arasında geçen süredir. Kullanıma hazırlanan tutkalın kimyasal yapısı bir süre sonra değişmeye başlar. Zaman geçtikçe değişim önemli boyutlara ulaşır. Tutkal sıvısı bu aşamaya gelmeden kullanılmalı ve tüketilmelidir. Tüketilme süresi içinde kullanılmadığı için bozulan, örneğin koyulaşan tutkala taze tutkal sıvısı karıştırmak sorunu çözmez [15].

2.2.10. Açık zamanı

Tutkalın yüzeylere sürüldüğü an ile preslenmesi arasında geçen süredir. Ağaca veya başka bir gerece sürülen tutkalda bazı değişimler olur. Tutkaldaki sıvıların bir bölümü buharlaşır. Bir bölümü ağaç tarafından emilir. Bazı tutkallarda, buharlaşmadan başka türlü değişimler de olur. Tutkalın kimyasal yapısında farklılaşma başlayabilir. Belirtilen değişiklikler işe sürülen tutkal sıvısının yüzeyinde çok ince bir kabuk oluşturur. Tutkaldaki kabuklanma, üst üste konulan parçaların birbirine yapışmasını engeller. Tutkalın açık zamanı ne kadar çok geçilirse, kabuklanma o oranda artar. Yapışma da aynı ölçüde azalır [15].

2.3. Polivinil – Asetat (PVAc) Tutkalı

Tutkalın temel gereci olan polivinil asetat termoplastik özellikte ve katıdır. 180-200 °C gibi yüksek sıcaklıkta katı halden sıvı hale geçer. Ancak bu sıcaklıkta sıvı halde kalabilir ve bu sıcaklıkta işe sürülmelidir. Masif ahşap malzeme için presleme süresi 5-15, kaplamalar için ise 30-60 dakika olarak verilmektedir [15].

PVAc ahşap malzeme tutkalları ile sıvanmış olan yüzeyler, bakterilere karşı dayanıklı iseler de suda çözünmelerine rağmen uzun süre su ile temas ettikleri takdirde tahribe uğrarlar. Bu bakımdan açık hava ile karşı karşıya kalan kısımların tutkallanmaları için elverişli değildir. Ancak, yüksek hava rutubetine karşı oldukça dayanıklıdır. Her ne kadar yapıştırma direnci yüksek rutubette özellikle su buharı adsorbsiyonu nedeni ile düşerse de kuru havada tekrar eski normal durumunu alır [15].

TS 3891’de belirtilen esaslara göre PVAc tutkalı yoğunluğu 1,1 gr/cm³, viskositesi 160-200 cps, pH değeri 5, kül miktarı %3, masif ağaç malzemenin birleştirilmesinde odun rutubeti % 6-15, presleme süresi; soğuk tutkallamada 20°C’de 20 dakika, 80°C’de 2 dakika olarak verilmekte ve presleme ortamında soğuyuncaya kadar dinlendirilmesi önerilmektedir [16].

PVAc tutkalları kolay hazırlanma veya hazır satılma, oda sıcaklığında çabuk sertleşme ve genel olarak renksiz bir tutkal hattı oluşturma avantajlarına karşılık, çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar, rutubet ve suya karşı direncinin zayıf olması, gerilme altındaki elemanlarda sünme ve uzun süreli 49 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda daha fazla deformasyona uğramasıdır [17].

3. LİTERATÜR ÖZETİ

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 düşükçe yapışma direncinin azaldığı bildirilmiştir [18].

Çeşitli kesicilerle işlenmiş masif ağaç malzemelerin PVAc tutkalı ile yapıştırılmasında, en yüksek yapışma direnci daire testere ile işlenmiş yüzeyde sırasıyla Doğu kayını, sapsız meşe ve sarıçamda odunlarında elde edilmiştir [19].

Sarıçam, Toros sediri, akasya ve sapsız meşeden hazırlanan örnekler, polivinilasetat dispersiyonu VB-20 ve VB-10 + %10 üre formaldehit, VB-20+ %20 üre formaldehit, VB-20+%30 üre formaldehit tutkalı ile modifiye edilerek farklı atmosfer şartlarında bekletildikten sonra yapışma dirençleri belirlenmiştir. Buna göre, en yüksek yapışma direnci, standart atmosferde (20 ± 2 °C sıcaklık ve bağıl nem % 65 ± 3) bekletilen ve VB-20+%10 üre formaldehit modifikasyonu ile yapıştırılan sapsız meşe odununda elde edildiği bildirilmiştir [20].

Ağaçşileri endüstrisinde kullanılmak üzere üretilmiş olan PVAc esaslı Klebit 303, Kleiberit 305 ve Süper Lackleim 308 tutkallarının yapışma direnci, en yüksek Doğu kayınında (*Fagus orientalis* L.), en düşük sarıçamda (*Pinus sylvestris* L.) bulunmuştur [21].

Mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan termoplastik esaslı polivinilasetat (PVAc) ve termoset esaslı üreformaldehid (UF) tutkallı ahşap birleşmelerin yapışma performanslarına sıcaklık artışının etkileri araştırıldığı çalışma sonucunda, PVAc ve UF tutkallı deney örneklerinde sıcaklık arttıkça yapışma performansının azaldığı, azalma miktarının UF tutkallılarda PVAc tutkallılara ve akasyada diğer ağaç türlerine göre daha küçük olduğu tespit edilmiştir [22].

Tek bileşenli polivinilasetat (PVAc–D3), % 5 sertleştirici ilavesiyle güçlendirilmiş çift bileşenli polivinilasetat (PVAc–D4) ve poliüretan tutkallar ile yapıştırılmış akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), armut (*Pirus communis* L.), kestane (*Castanea sativa* Mill.),

sapsız meşe (*Quercus petrea* Lieble) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) yerli ağaç odunlarından hazırlanan örneklerin yapışma dirençlerinin belirlendiği çalışma sonucunda; yapışma direncinin, yoğunluğu yüksek olan ağaç malzemelerde yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek yapışma direncinin PVAc–D4 tutkalı ile akasya ($14,418 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise PVAc–D3 tutkalı ile Toros sediri ($6,249 \text{ N/mm}^2$) örneklerinden elde edildiği bildirilmiştir [23].

Ayrıca ağaç malzemenin anatomik yapısı dahil hemen hemen tüm özellikleri yapışma direncinde önemli rol oynadığı [24] ve yoğunluk artışının yapışma direncini artırdığı bildirilmiştir [23].

Ahşap köşe birleştirmelerinde polivinilasetat tutkal ile birleştirilen örneklerin poliüretan tutkal ile birleştirilen örneklerle göre daha yüksek eğilme dayanımı gösterdiği belirlenmiştir [25].

Farklı oranlarda modifiye edilmiş PVAc esaslı ST10 tutkalının sarıçam (*Pinus sylvestris* L), sedir (*Cedrus libani*), akasya (*Robinia pseudoacacia*) ve meşe (*Quercus petraea* L.) odunları ve ST10, ST10 + % 10 Üre-formaldehit (UF), ST 10 + % 20 UF, ST 10 + % 30 UF karışımlarıyla elde edilen tutkallar ile yapıştırılarak farklı ortamlarda yapışma direncinin araştırıldığı çalışma sonunda; en yüksek yapışma direnci; 1. deney şartında % 20 UF modifikasyonla yapıştırılmış meşe odununda, en düşük 3. deney şartında % 20 UF modifikasyonla yapıştırılmış akasya odununda elde edildiği bildirilmiştir [26].

Üre-Formaldehit (UF), Polivinilasetat (PVAc) ve UF+PVAc tutkalları kullanılarak, 3, 6 ve 9 mm kalınlığındaki yonga levha, MDF ve kontraplak panelleri meşe, karaağaç, tik ve paulownia ağaçlarından elde edilen 0,25 mm kalınlığındaki kaplamalar ile kaplanmış ve yapışma dirençleri belirlenmiştir. En yüksek yapışma direnci UF+PVAc tutkalı ile elde edilmiştir [27].

Fenol reçinesi katkısız halde ve cam, odun, kabuk, porselen unları, selüloz ve lignin ile modifiye edildikten sonra ağaç malzeme ile ağaç malzeme ve yonga levha ile ağaç malzeme hazırlanan tutkallarla yapıştırılmıştır. Katkısız halde hazırlanan tutkalın, modifikasyon yapılmış tutkala göre yapışma direncinin fazla olduğunu bildirilmiştir [28].

Doğu kayını, Uludağ göknarı ve sarıçam odunlarının tanalith-CBC (T-CBC) ve imersol-WR 2000 (I-WR 2000) ile emprenye edilerek PVAc esaslı Klebit 303 (K303), Kleiberit 305.0 (K305.0), and Super Lackleim 308 (SL308) tutkalları ile yapıştırılması işlemi sonucunda yapışma direnci en yüksek Doğu kayını odununda T-CBC ve K303 tutkalı ile ($11,84 \text{ N/mm}^2$), en düşük ise sarıçam odununda T-CBC ve K305.0 tutkalı ile ($3,1 \text{ N/mm}^2$) elde edildiği bildirilmiştir [29].

Poliüretan montaj(Pu-Mon), Poliüretan Marine (Pu-Ma), Polivinilasetat(PVAc-MA22), Polivinilasetat (PVAc-MA35) ve Polivinilasetat (PVAc-MA50) ile yapıştırılmış, iroko (*Chlorophora sp.*), maun (*Swietenia sp.*) ve limba (*Terminalia*) odunlarının yapışma direnci; en yüksek Pu-Ma ($14,35 \text{ N/mm}^2$) ve PVAc-MA35 ($13,74 \text{ N/mm}^2$) ile yapıştırılmış maun örneklerinde, en düşük ise Pu-Mon ($4,48 \text{ N/mm}^2$) ile yapıştırılmış limba örneklerinde tespit edilmiştir [30].

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 [31].

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Ağaç Malzeme

Ağaçları ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yerli ağaç türlerinden sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.), Sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ve ithal ağaç türlerinden Iroko (*Chlorophora excelsa*), maun (*Swietenia Macrophylla*) ve limba (*Terminalia superba*) odunları olmak üzere toplam 6 ağaç türü deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan ağaç malzemeler, Ankara Mobilyacılar Sitesinden TS 2470 esaslarına uygun, budaksız, ardaksız, büyüme kusurları bulunmayan, düzgün lifli ve diri odun kısmı olmasına özen gösterilmiştir [32].

Sarıçam: Ülkemizde doğal olarak yetişen Sarıçam 30-45 m boy, 0,6-1,0 m çap yapmakta, gövde şekli düzgün olup kullanılabilir gövde uzunluğu 18-20 m'dir. Yoğunluğu $D_0 = 0,49 \text{ g/cm}^3$ ve $D_{12} = 0,52 \text{ g/cm}^3$ olan Sarıçam, kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Kereste ticaretinde ve kullanımında sık tercih edilen bir türdür. Kolay işlenen odunu düzgün ve parlak bir satıh verir. Boya, cila ve tutkalı kolay emer ve iyi çivi tutar [33].

Doğu kayını: Ağaç boyu 30-40 m, gövde orta çapı 1,0-1,5 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 15-20 m kadardır. Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yoğunluğu $D_0 = 0,68 \text{ g/cm}^3$ ve $D_{12} = 0,72 \text{ g/cm}^3$ olan Doğu Kayını, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi olduğundan dikkatli kurutulmalıdır. İşlenmesi kolaydır. Kolaylıkla soyulabilir, kesilebilir ve çok iyi tormalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. İyi renk verilebilir ve iyi cila kabul eder [33].

Sapsız meşe: Ağaç boyu 20-40 m, gövde çapı 1,0, kullanılabilir gövde uzunluğu 10-20 m'dir. Yoğunluk değerleri $D_0 = 0,65 \text{ g/cm}^3$ ve $D_{12} = 0,69 \text{ g/cm}^3$ olan Sapsız Meşe, kurutmada şekli değişimleri ve çatlama meydana gelebileceği için çok yavaş bir program uygulanarak kurutulmalıdır. İşlenme özellikleri yıllık halka genişliğine göre değişir. Yapıştırılması ve çivi tutması iyidir ve kolay cilalanabilmektedir.[33].

Iroko: Ağaç boyu 45 m, gövde orta çapı 0,6-2,0 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 20-28 m'dir. Batı, Orta ve Doğu Afrika'da doğal olarak yetişmektedir. Yoğunluk değerleri

$D_0=0,48-0,67 \text{ g/cm}^3$ ve $D_{12}=0,65 \text{ g/cm}^3$ olan Iroko ağacının kurutulması kolaydır, ancak çarpılma ve çatlama riski az da olsa vardır. Kullanım yerinde stabilitesi iyidir. Yapıştırılması, çivi tutma kabiliyeti ve cilalanması iyidir. [33].

Maun: Yaklaşık olarak 30 m kadar yükseklikte ve 100 cm kadar geniş çapta yetişir. Maun ağacının vatanı Batı Hindistan ve Orta Amerika'dır. Yoğunluk değeri $D_0= 0,60 \text{ g/cm}^3$ olan Maun ağacının kurutulması kolaydır. Dönüklük ve çatlama eğilimi azdır. Kullanım yerinde stabilitesi iyidir. El aletleri ve makinelerle oldukça kolay işlenir. Çivileme, tutkallama ve cilalanma özellikleri iyidir. [33].

Limba: Ağaç yüksekliği 30-45 m, gövde çapı 0,5-1,3 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 18-28 m' dir. Tropikal ağaç türlerinden olup Afrika' da yetişmektedir. Yoğunluk değeri $D_0=0,36 \text{ gr/cm}^3$ olan Limba odununun kurutulması kolay ve hızlıdır. Kesme işlemi iyi, çalışması problemsiz ve yapıştırma iyidir [33].

4.2. Tutkal

Deneylerde ağaçları ve mobilya sektörüne çeşitli yapı kimyasalları üreten bir firma tarafından üretilen 3 adet ve piyasadan rastgele temin edilen 1 adet (Kontrol) (K) olmak üzere toplam 4 adet D2 sınıfı PVAc tutkalı kullanılmıştır. Tutkalların özellikleri Çizelge 1' de verilmiştir.

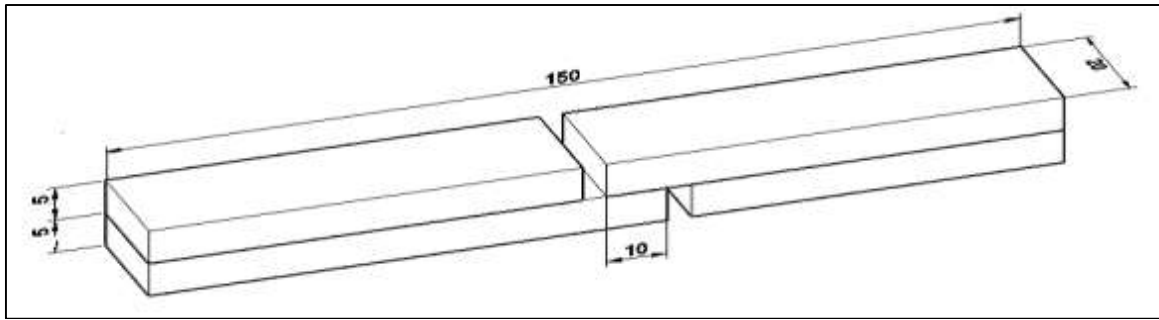
Çizelge 4.1. Tutkalların özellikleri

Tutkal Çeşidi	Katı Madde Miktarı (%)	Viskozite (23 °C)	Özellik
K	45	15000 mPas	Dolgulu
T ₁	47,5	20000 mPas	Dolgunsuz
T ₂	56	25650 mPas	Dolgulu
T ₃	50	10000 mPas	Dolgunsuz

4.3. Deney örneklerinin hazırlanması

Ağaç malzemelerden hazırlanan taslaklar, iyi havalandırılabilen ve doğrudan güneş ışığı almayan ortamda $20\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65\pm 5$ bağıl nem şartlarında denge rutubetine ulaşıncaya kadar bekletilmiştir.

Her ağaç türü (6), tutkal çeşidi (4) ve test türü (2) için 10'ar adet olmak üzere toplam 480 adet deney örneği hazırlanmıştır. Parçaların yapıştırılmasında; ambalaj viskozitesinde uygulanan tutkallar üretici firma önerilerine uyularak, yüzeylerden bir tanesine 160–180 g/m² olacak şekilde fırça ile sürülmüştür. Yapıştırma işleminde, pres basıncı 10 N/mm², presleme süresi 24 saat, pres sıcaklığı ise 20±2 °C olarak alınmıştır. Yapışma işlemi sonunda örnekler, 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nem şartlarında denge rutubetine ulaşınca kadar bekletildikten sonra TS EN 205 [34] standardında belirtilen ve Şekil 1'de gösterilen şekilde kesilerek deney örnekleri hazırlanmıştır.



Şekil 4.1. Yapışma direnci deney örneği (ölçüler mm)

4.4. Yöntem

4.4.1. Rutubet tayini

Rutubet tayini, TS 2471 [35] esaslarına uyularak yapılmıştır. Bu maksatla örneklerin ağırlıkları (M_r), analitik terazide 0,01 g hassasiyetle tartıldıktan sonra etüvde 103±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Bu durumda, kurutma dolabından alınan örnekler, içerisinde fosforpentoksit (P_2O_5) bulunan desikatörde soğutulduktan sonra tam kuru haldeki ağırlıkları (M_o) ölçülmüştür. Bunlara göre rutubet (R);

$$R = \frac{M_r - M_o}{M_o} \quad (4.1)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

4.4.2. Yoğunluk tayini

Yoğunlukların belirlenmesinde TS 2472[36] esaslarına uyulmuş, 20x20x20 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nem ortamında değişmez ağırlığa gelinceye kadar şartlandırılmıştır. Deney örneklerinin her üç yöndeki boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı mikrometrik dijital kumpas ile, ağırlıklar ise $\pm 0,01$ g duyarlıklı dijital terazide ölçülmüş olup, hacimler stereometrik metod ile belirlenmiştir. Buna göre hava kurusu yoğunluklar;

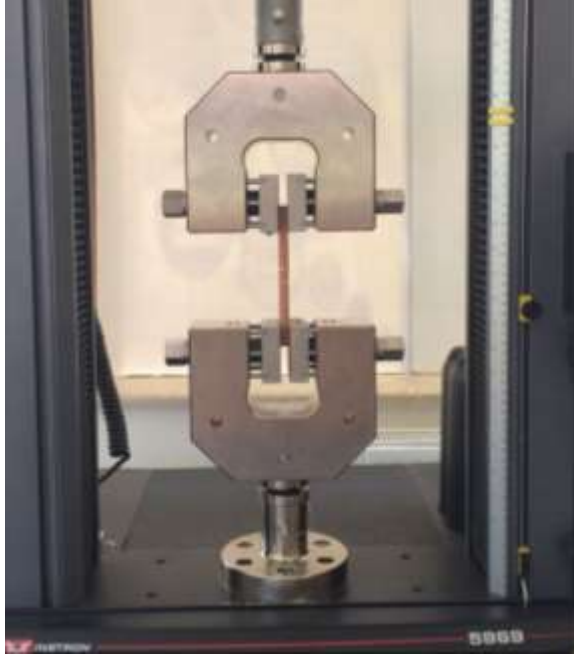
$$\delta = \frac{M}{V} \text{ g / cm}^3 \quad (4.2)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada; δ : Yoğunluk (g/cm^3), M: Hava Kurusu Ağırlık (g), V: Hava Kurusu Hacim (cm^3).

4.4.3. Yapışma direnci

Yapışma direnci, TS 5430 EN 204[37] ve TS EN 205 standartlarında belirtilen esaslara uyularak çekmede makaslama testi ile belirlenmiştir. Buna göre; D1 testi için hazırlanan örnekler; $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında 7 gün bekletildikten sonra test edilmiştir. D2 testi için hazırlanan örnekler ise $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki suda 3 saat ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık $\% 65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında 7 gün bekletildikten sonra test edilmiştir. Deney örneği, universal test cihazına Şekil 2’de gösterildiği gibi yerleştirilerek 2 mm/dk yükleme hızında çekme kuvveti uygulanmış, kopma anındaki kuvvet ($F_{\max}$) kaydedilmiştir.



Şekil 4.2. Yapışma direnci deney düzeneği

Yapışma direnci (σ)'nin hesaplamasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{b \times l} \quad (4.3)$$

Burada; σ : Yapışma Direnci (N/mm^2), F_{max} : Kopma anındaki kuvvet (N), b:Yapışma yüzeyinin genişliği (20 mm), l: Yapışma yüzeyinin uzunluğu (10 mm)'dir.

TS 5430 EN 204 ve TS EN 205 standartlarında belirtilen dayanıklılık sınıflarının açıklamaları Çizelge 4.2'de, yapışma direnci deney şartları ise Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Dayanıklılık sınıflarının açıklamaları

Sınıf	İklim Şartları ve Uygulama Alanlarına Örnekler
D1	Sıcaklığın sadece zaman zaman kısa bir süre için 50 °C'i geçtiği ve ahşabın rutubet, muhtevasının en fazla % 15 olduğu dahili mekanlar.
D2	Ahşabın rutubet muhtevasının %18' i geçmemesi kaydıyla zaman zaman kısa bir süre için akan veya yoğunlaşan suya ve/veya zaman zaman yüksek rutubete maruz kaldığı dahili mekanlar.
D3	Kısa bir süre ile sık sık akan veya yoğunlaşan suya ve/veya sık sık yüksek rutubete maruz kalan dahili mekanlar. Dış mekanlarda havaya maruz bırakılmaz.
D4	Sık sık uzun süre akan veya yoğunlaşan suya maruz kalan dahili mekanlar. Dış mekanlarda havaya maruz bırakılır. Ancak, uygun bir yüzey kaplamasıyla koruma yapılır.

Çizelge 4.3. Yapışma direnci deney şartları

TS EN 205' e Göre Şartlandırma		Yapışma Direnci Sınıfları			
Şartlandırma Sırasının Seri Numarası	Türü ve Süresi	D1	D2	D3	D4
1	Standard atmosferde ²⁾ 7 gün ¹⁾	≥10	≥10	≥10	≥10
2	Standard atmosferde 7 gün Soğuk suda ⁴⁾ 3 saat Standard atmosferde 7 gün	- ³⁾	≥8	-	-
1) 1 gün = 24 saat 2) (23 ± 2)° C sıcaklık ve % (50 ± 5) bağıl nem veya (20 ± 2) sıcaklık ve % (65 ± 5) bağıl nem 3) Deney gerekli değil 4) Su, deney iklimindeki ile aynı sıcaklıkta (20°C veya 23°C) olmalıdır.					

4.4.4. Ahşap hasar oranı

Deneyler sonucunda örneklerin yapışma yüzeylerindeki ahşap malzemenin hasar oranının belirlenmesinde gözlemsel değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Bu maksatla deney örnekleri yapışma yüzeyinde meydana gelen ağaç malzeme hasar oranlarına göre 5 gruba ayrılmıştır (% 20, % 40, % 60, % 80, % 100). Örnekler farklı zamanlarda iki defa gruplandırılarak sonuçların ortalaması alınmış ve yapışma yüzeyleri fotoğraflanarak kaydedilmiştir.

4.5. Verilerin değerlendirilmesi

Deneyler sonunda elde edilen değerler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Buna göre grupların aritmetik ortalamaları ve standart sapma değerleri hesaplanmış, deney sonuçlarındaki dağılımın homojenliğini belirlemek amacıyla standart sapmanın ortalamaya oranı ile varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Varyasyon katsayısı değeri % 20'den küçük ise dağılım homojen olarak kabul edilmektedir. Yapışma direnci değerlerine ağaç türü ve tutkal çeşidinin etkisini belirlemek amacıyla çoklu Varyans Analizi (MANOVA) yapılmıştır. Farklılığın $p < 0,05$ 'e göre istatistiksel anlamda önemli çıkması halinde farklılıkların gruplar arasındaki önemi LSD testi ile belirlenmiştir. Veriler, MSTATC programında değerlendirilmiştir.

5. BULGULAR

5.1. Rutubet Miktarı

Deney örneklerinin ortalama rutubet miktarı değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ortalama rutubet miktarı değerleri (%)

Ağaç Türü	X_{min}	X_{max}	$\bar{X}$
Çam	11,96	12,04	12,08
Kayın	11,75	12,05	11,98
Meşe	11,56	11,98	11,92
Iroko	11,96	12,12	12,03
Maun	11,88	11,96	11,86
Limba	11,78	11,94	11,82

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama

Rutubet miktarı değeri en yüksek sarıçam odununda (% 12,08), en düşük ise limba odununda (% 11,82) elde edilmiştir.

5.2. Yoğunluk

Deney örneklerinin hava kurusu yoğunluklarına ait ortalama değerler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Yoğunluk ortalama değerleri (g/cm³)

Ağaç Türü	X_{min}	X_{max}	$\bar{X}$	v (%)
Çam	0,56	0,58	0,57	1,60
Kayın	0,76	0,80	0,77	1,93
Meşe	0,88	0,90	0,88	1,08
Iroko	0,68	0,70	0,69	1,12
Maun	0,70	0,73	0,71	1,47
Limba	0,61	0,63	0,62	1,18

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama v: Varyasyon katsayısı

Hava kurusu yoğunluk değeri en yüksek meşe odununda (0,88 g/cm³), en düşük ise sarıçam odununda (0,57 g/cm³) elde edilmiştir.

5.3. Yapışma Direnci (D1)

Deney örneklerinin D1 testi sonucu elde edilen yapışma dirençlerine ait istatistiki değerler Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Yapışma direnci (D1) değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	X_{min}	X_{max}	$\bar{X}$	v (%)
Çam	K	10,60	14,36	12,03	9,58
	T ₁	10,26	13,63	11,80	10,12
	T ₂	11,44	13,38	12,66	4,58
	T ₃	11,64	14,17	12,82	6,32
Kayın	K	11,54	17,18	14,85	12,84
	T ₁	11,70	18,78	15,16	15,55
	T ₂	13,78	18,78	16,19	9,08
	T ₃	15,25	19,86	17,16	7,74
Meşe	K	13,02	19,28	16,04	13,18
	T ₁	15,56	21,70	19,04	11,27
	T ₂	15,63	20,18	17,20	7,84
	T ₃	15,42	19,63	17,32	7,83
Iroko	K	10,81	16,81	14,45	15,59
	T ₁	12,22	15,13	13,80	6,98
	T ₂	14,42	18,82	15,99	8,40
	T ₃	10,65	19,12	14,63	16,12
Maun	K	12,66	14,79	13,65	5,94
	T ₁	13,71	16,92	15,60	6,24
	T ₂	16,17	21,40	18,17	10,57
	T ₃	14,20	18,92	16,66	8,27
Limba	K	9,22	11,30	10,15	6,29
	T ₁	10,05	12,97	11,12	8,45
	T ₂	10,25	12,53	11,54	6,56
	T ₃	9,66	11,74	10,51	5,70

X_{min} : En küçük değer X_{max} : En büyük değer $\bar{X}$: Aritmetik ortalama v: Varyasyon katsayısı

Yapışma direnci değerlerine ağaç türü ve tutkal çeşidinin etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Yapışma direnci değerlerine ağaç türü ve tutkal çeşidi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Ağaç Türü (A)	5	1229,645	245,929	112,664	0,0000 *
Tutkal Çeşidi (B)	3	101,829	33,943	15,549	0,0000 *
A x B	15	129,495	8,633	3,954	0,0000 *
Hata	216	471,496	2,183		
Toplam	239	1932,465			

* Farklılık 0,05'e göre önemli

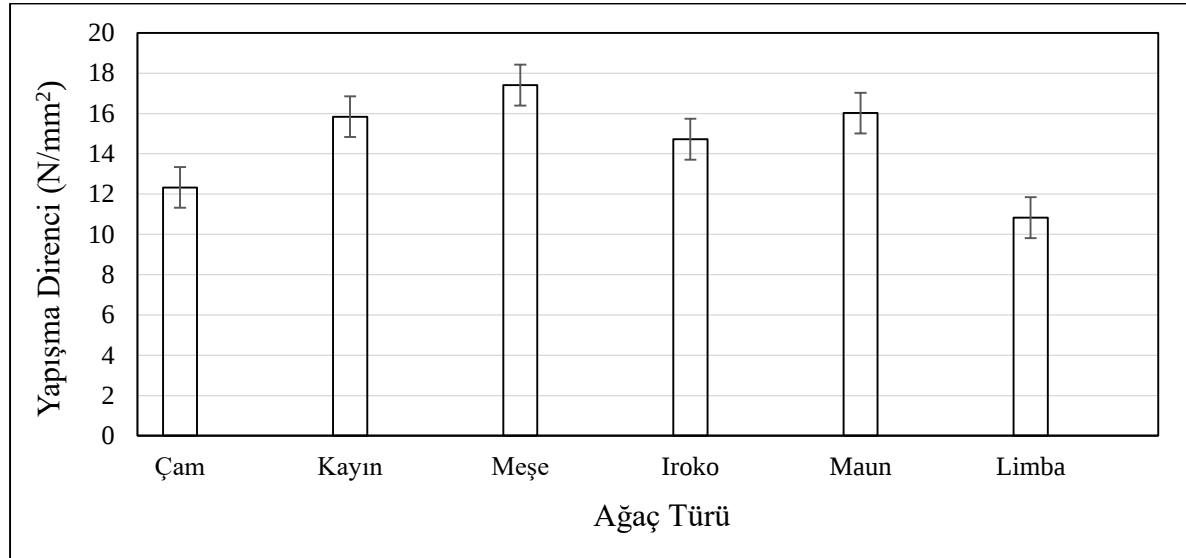
Yapışma direnci (D1) değerlerine ağaç türü, tutkal çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Ağaç türü düzeyinde yapılan LSD testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Ağaç türünün yapışma direnci etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Ağaç Türü	Yapışma Direnci (N/mm ²)	HG
Çam	12,33	D
Kayın	15,84	B
Meşe	17,41	A
Iroko	14,72	C
Maun	16,02	B
Limba	10,83	E
LSD $\pm$ 0,6508		

HG: Homojenlik Grubu

Ağaç türüne göre yapışma direnci (D1); en yüksek Meşe odununda, en düşük ise Limba odununda elde edilmiştir. Kayın ile Maun arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Bunlara ait grafik Şekil 5.1’de verilmiştir.



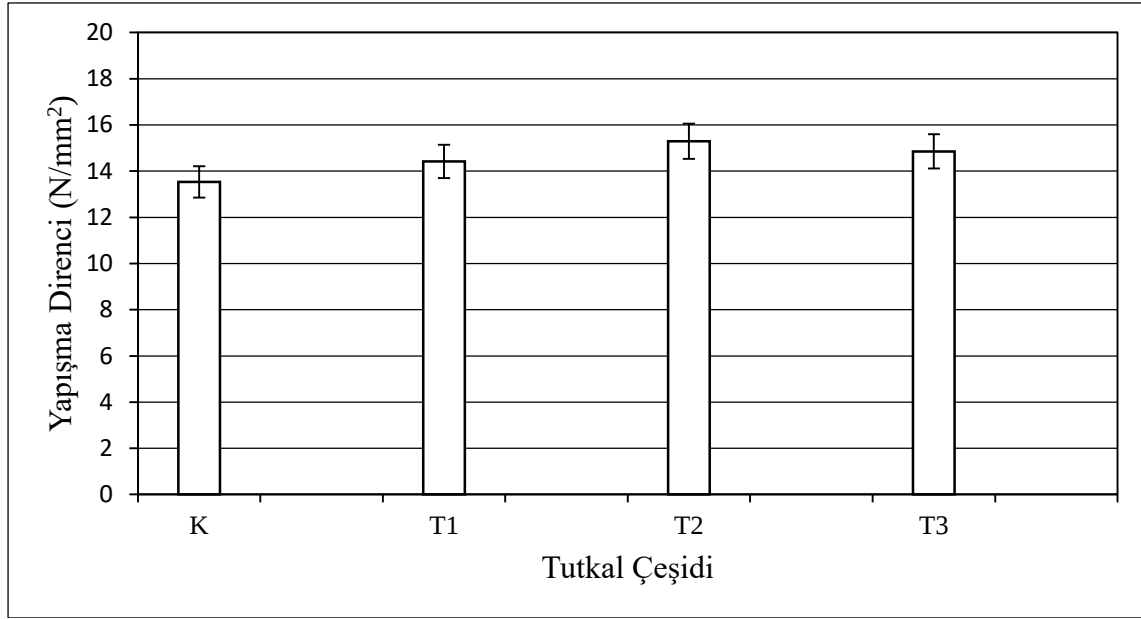
Şekil 5.1. Ağaç türüne göre yapışma direnci

Tutkal çeşidi düzeyinde yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5.6’ da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Tutkal çeşidinin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Tutkal Çeşidi	Yapışma Direnci (N/mm ²)	HG
K	13,53	C
T ₁	14,42	B
T ₂	15,29	A
T ₃	14,85	AB
LSD ± 0,5314		

Tutkal çeşidine göre yapışma direnci; en yüksek T2 tutkalında, en düşük ise kontrol (K) tutkalında elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Tutkal çeşidine göre yapışma direnci

Ağaç türü – tutkal çeşidi düzeyinde yapılan LSD testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

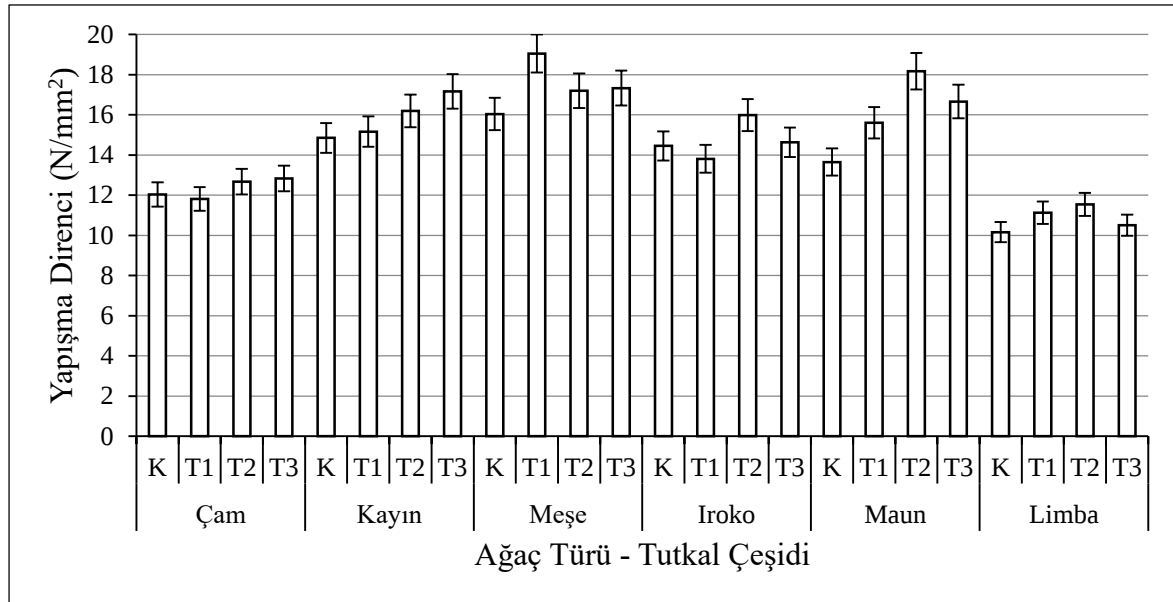
Çizelge 5.7. Ağaç türü ve tutkal çeşidinin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD test sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Yapışma Direnci(N/mm ²)	HG
Çam	K	12,03	KL
	T ₁	11,81	KLM
	T ₂	12,67	JK
	T ₃	12,83	JK
Kayın	K	14,85	GHI
	T ₁	15,16	FGH
	T ₂	16,19	CDEF
	T ₃	17,17	BCD
Meşe	K	16,04	CDEFG
	T ₁	19,05	A
	T ₂	17,20	BCD
	T ₃	17,33	BC
Iroko	K	14,45	HI
	T ₁	13,81	IJ
	T ₂	15,99	DEFG
	T ₃	14,63	DEFG
Maun	K	13,65	IJ
	T ₁	15,61	EFGH
	T ₂	18,17	AB
	T ₃	16,66	CDE

Çizelge 5.7. (devam) Ağaç türü ve tutkal çeşidinin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD test sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Yapışma Direnci(N/mm ²)	HG
Limba	K	10,16	N
	T ₁	11,12	LMN
	T ₂	11,54	KLM
	T ₃	10,51	MN
LSD ± 1,302			

Ağaç türü-tutkal çeşidi düzeyinde yapışma direnci; en yüksek meşe odununda T1 tutkalı ile, en düşük ise Limba odununda kontrol tutkalı (K) ile elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.3’ de verilmiştir.



Şekil 5.3. Ağaç türü-tutkal çeşidine göre yapışma direnci

5.4. Yapışma Direnci (D2)

Deney örneklerinin D2 testi sonucu elde edilen yapışma dirençlerine ait istatistikî değerler Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Yapışma direnci (D2) değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Xmin	Xmax	$\bar{X}$	v (%)
Çam	K	6,66	13,14	9,72	26,27
	T ₁	8,81	14,54	11,26	18,03
	T ₂	9,63	12,25	11,12	7,72
	T ₃	9,32	13,09	11,71	11,14
Kayın	K	11,72	15,23	14,19	7,40
	T ₁	11,88	17,37	14,80	13,07
	T ₂	13,63	17,05	15,59	6,74
	T ₃	15,56	17,57	16,57	4,03
Meşe	K	14,13	17,75	15,80	7,37
	T ₁	15,82	20,55	18,96	7,30
	T ₂	15,06	18,93	17,10	7,88
	T ₃	15,13	19,83	17,28	9,91
Iroko	K	9,89	16,41	13,78	12,69
	T ₁	10,26	15,56	13,46	14,58
	T ₂	13,27	17,42	15,43	9,62
	T ₃	12,47	15,71	14,16	8,20
Maun	K	10,25	14,3	12,97	9,45
	T ₁	14,09	17,28	15,50	8,13
	T ₂	16,38	18,82	17,35	4,71
	T ₃	15,20	17,48	16,22	5,28
Limba	K	7,35	10,78	9,35	13,55
	T ₁	8,62	12,07	10,98	8,34
	T ₂	9,97	13,46	11,37	10,78
	T ₃	8,93	11,37	10,33	6,28

Yapışma direncine ağaç türü ve tutkal çeşidinin etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Yapışma direncine ağaç türü ve tutkal çeşidi etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Ağaç Türü (A)	5	1447,386	289,477	148,492	0,0000 *
Tutkal Türü (B)	3	147,679	49,226	25,251	0,0000 *
A X B	15	106,659	7,111	3,647	0,0000 *
Hata	216	421,078	1,949		
Toplam	239	2122,802			

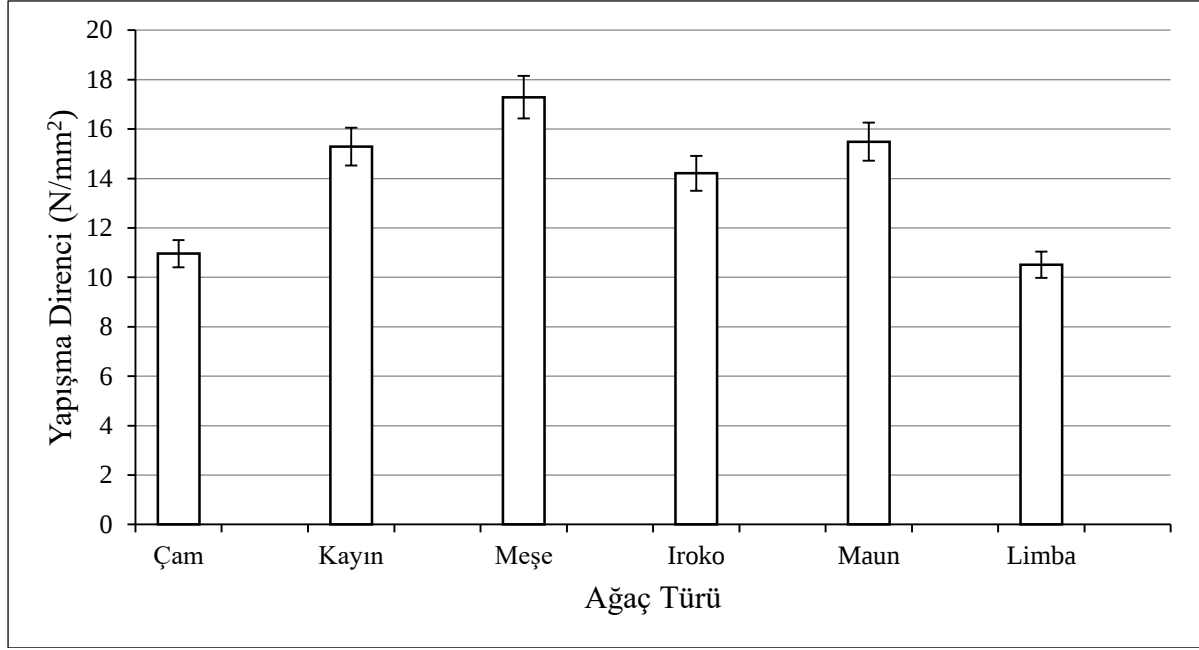
* Farklılık 0,05'e göre önemli

Yapışma direncine ağaç türü, tutkal çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Ağaç türü düzeyinde yapılan LSD testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Ağaç türünün yapışma direnci etkisine ilişkin LSD test sonuçları

Ağaç Türü	Yapışma Direnci(N/mm ²)	HG
Çam	10,96	D
Kayın	15,29	B
Meşe	17,29	A
Iroko	14,21	C
Maun	15,49	B
Limba	10,51	D
LSD $\pm$ 0,6150		

Ağaç türüne göre yapışma direnci; en yüksek meşe odununda, en düşük limba odununda elde edilmiştir. Kayın ile maun ve limba ile çam örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Bunlara ait grafik Şekil 5.4'de verilmiştir.



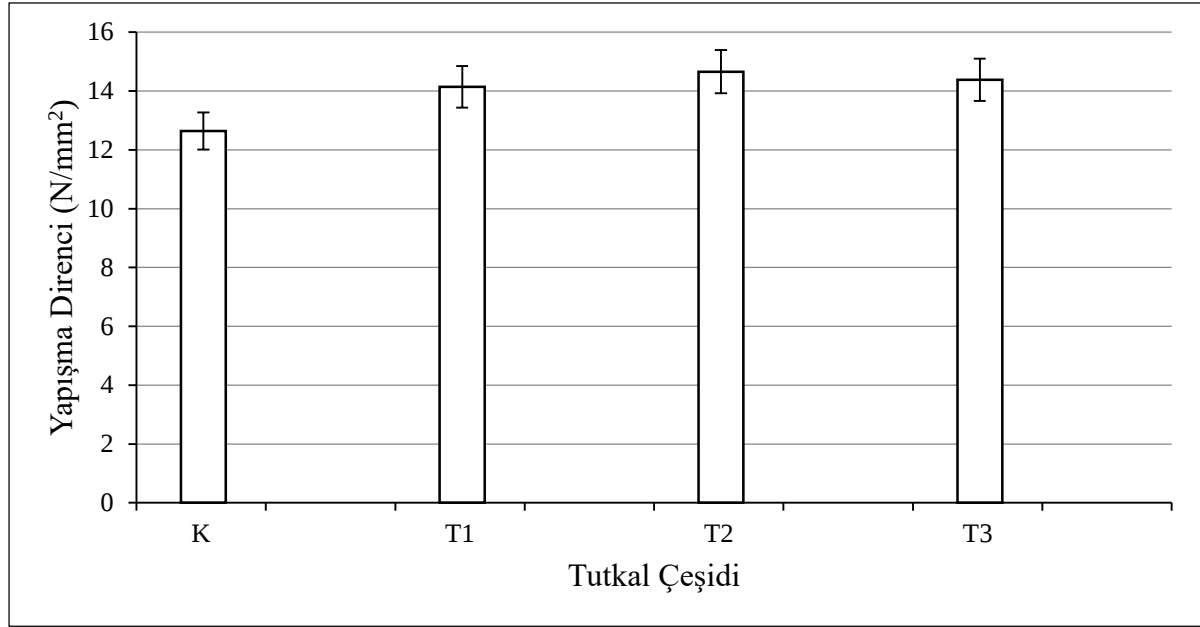
Şekil 5.4. Ağaç türüne göre yapışma direnci

Tutkal çeşidi düzeyinde yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Tutkal çeşidinin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD test sonuçları

Tutkal Çeşidi	Yapışma Direnci(N/mm²)	HG
K	12,64	C
T ₁	14,14	B
T ₂	14,66	A
T ₃	14,38	AB
LSD ± 0,5021		

Tutkal çeşidine göre yapışma direnci; en yüksek T2 tutkalında, en düşük ise kontrol (K)tutkalında elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5. Tutkal çeşidine göre yapışma direnci

Ağaç türü-tutkal çeşidi düzeyinde yapılan LSD testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

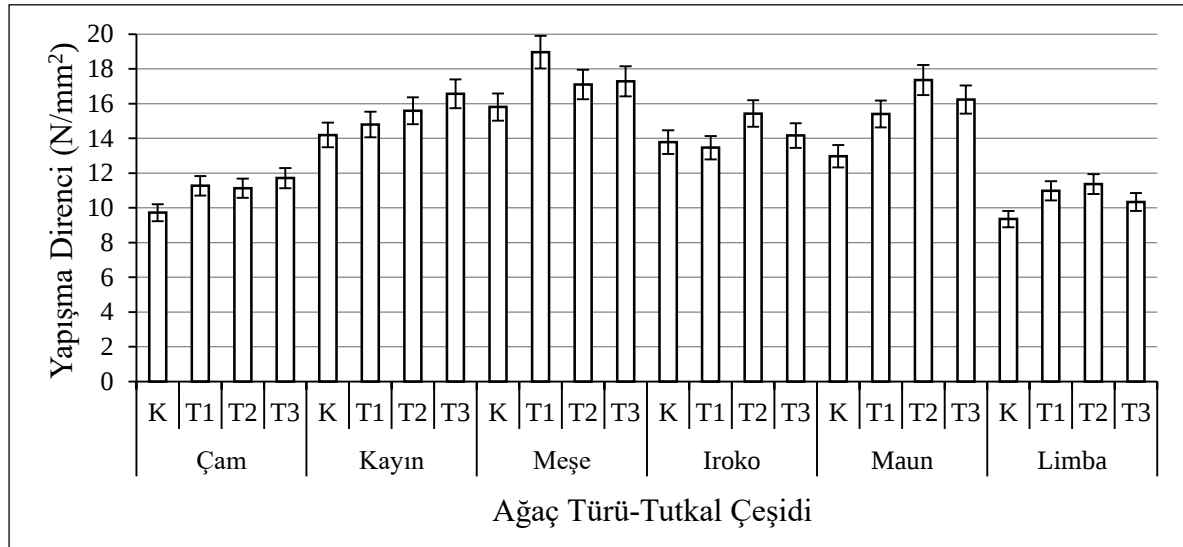
Çizelge 5.12. Ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşiminin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Yapışma Direnci(N/mm ²)	HG
Çam	K	9,72	J
	T ₁	11,27	HI
	T ₂	11,13	HI
	T ₃	11,71	H
Kayın	K	14,19	EFG
	T ₁	14,80	DEF
	T ₂	15,59	CD
	T ₃	16,57	BC
Meşe	K	15,80	CD
	T ₁	18,96	A
	T ₂	17,10	B
	T ₃	17,29	B
Iroko	K	13,78	FG
	T ₁	13,46	G
	T ₂	15,43	CD
	T ₃	14,16	FG

Çizelge 5.12. (devam) Ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşiminin yapışma direnci etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Çeşidi	Yapışma Direnci(N/mm ²)	HG
Maun	K	12,97	G
	T ₁	15,40	CDE
	T ₂	17,36	B
	T ₃	16,23	BC
Limba	K	9,35	J
	T ₁	10,98	HI
	T ₂	11,37	HI
	T ₃	10,33	IJ
LSD ± 1,230			

Ağaç türü-tutkal çeşidi düzeyinde yapışma direnci; en yüksek meşe odununda T1 tutkalı ile, en düşük ise Limba odununda kontrol tutkalı (K) ile elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5.6’ da verilmiştir.



Şekil 5.6. Ağaç türü-tutkal çeşidine göre yapışma direnci

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Rutubet Miktarı

Deney örneklerinin ortalama rutubet miktarı değeri; en yüksek çam odununda (%12,08) elde edilmiş, bunu sırasıyla ıroko (%12,03), kayın (%11,98), meşe(%11,92), maun (%11,86) ve limba (% 11,82) izlemiştir.

6.2. Yoğunluk

Deney örneklerinin hava kurusu yoğunluk değeri; en yüksek meşe odununda (0,88 g/cm³) elde edilmiş, bunu sırasıyla kayın (0,77 g/cm³), maun (0,71 g/cm³), ıroko (0,69 g/cm³), limba (0,62 g/cm³) ve çam (0,57 g/cm³) izlemiştir.

6.3. Yapışma Direnci (D1)

Ağaç türü düzeyinde D1 yapışma direnci; en yüksek meşe odununda (17,41 N/mm²) elde edilmiş, bunu sırasıyla maun (16,02 N/mm²), kayın (15,84 N/mm²), ıroko (14,72 N/mm²), çam (12,33 N/mm²) ve limba (10,83 N/mm²) izlemiştir. Kayın ile maun örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Tutkal çeşidi düzeyinde D1 yapışma direnci; en yüksek T₂ tutkalında (15,29 N/mm²) elde edilmiş, bunu sırasıyla T₃ (14,85 N/mm²), T₁ (14,42 N/mm²) ve kontrol (K) (13,53 N/mm²) tutkalları izlemiştir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi düzeyinde D1 yapışma direnci; en yüksek meşe odununda T₁ tutkalı ile (19,05 N/mm²), en düşük ise limba odununda kontrol (K) tutkalı ile (10,16 N/mm²) elde edilmiştir. Çamda T₂ ile T₃, çam T₁ ile limba T₂, ıroko T₂ ile T₃, Kayın T₃ ile meşe T₂ ve ıroko T₁ ile maun K değerleri arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

6.4. Yapışma Direnci (D2)

Ağaç türü düzeyinde D2 yapışma direnci; en yüksek meşe odununda (17,29 N/mm²) elde edilmiş, bu sırasıyla maun (15,49 N/mm²), kayın (15,29 N/mm²), ıroko (14,21 N/mm²),

çam (10,96 N/mm²) ve limba (10,51 N/mm²) izlemiştir. Kayın ile maun ve çam ile limba örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Tutkal çeşidi düzeyinde D2 yapışma direnci; en yüksek T₂ tutkalında (14,66 N/mm²) elde edilmiş, bunu sırasıyla T₃ (14,38 N/mm²), T₁ (14,14 N/mm²) ve kontrol (K) (12,64 N/mm²) tutkalları izlemiştir.

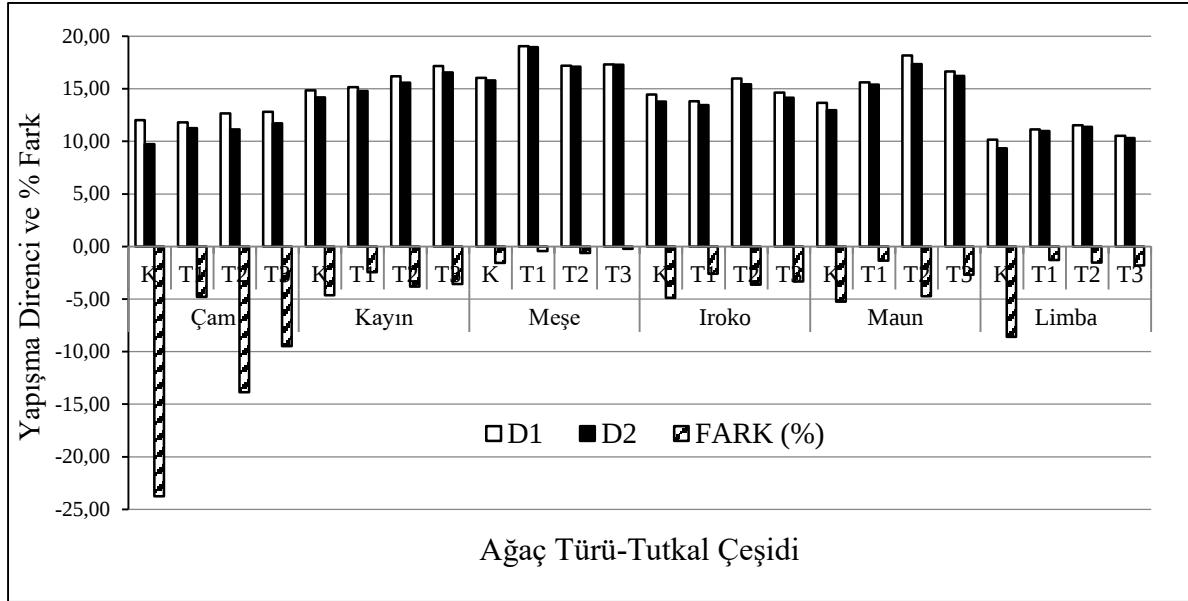
Ağaç türü-tutkal çeşidi düzeyinde D2 yapışma direnci; en yüksek meşe odununda T₁ tutkalı ile (18,96 N/mm²), en düşük ise limba odununda kontrol (K) tutkalı ile (9,35 N/mm²) elde edilmiştir. Çamda T₁ ve T₂ ile limba T₁ ve T₂, çam K ile limba K, Kayın T₂ ile meşe K ve limba K, meşe T₂ ve T₃ ile maun T₂, kayın T₃ ile maun T₃, iroko T₁ ile maun K arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

TS 5430 EN 204 standardına göre D1 sınıfı tutkallarda yapışma direnci en az 10 N/mm², D2 sınıfı tutkallarda ise en az 8 N/mm² olması gerekmektedir. Deneylerde kullanılan tutkalların tamamının standartta belirtilen değerlerin üzerinde yapışma direncine sahip olduğu görülmüştür.

Meşe odunu örneklerin D1 ve D2 yapışma direnci diğer örneklerle göre tutkalların tamamında daha yüksek bulunmuştur. Bu durum literatürdeki benzer çalışmalara uygundur. Sonucun yüksek olması ağaç malzemelerin yoğunluklarından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Tutkal çeşidine göre yapışma direnci D1 ve D2 testi sonucunda da T₂ tutkalında elde edilmiştir. Katı madde miktarı T₁ tutkalında % 47,5, T₂ tutkalında % 56 ve T₃ tutkalında ise % 50'dir. Bu durumda yapışma direncini katı madde miktarının olumlu yönde etkilediği söylenebilir.

D1 ve D2 yapışma direnci sonuçları ve farklara ilişkin grafik Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney türüne göre yapışma direnci ve farklar

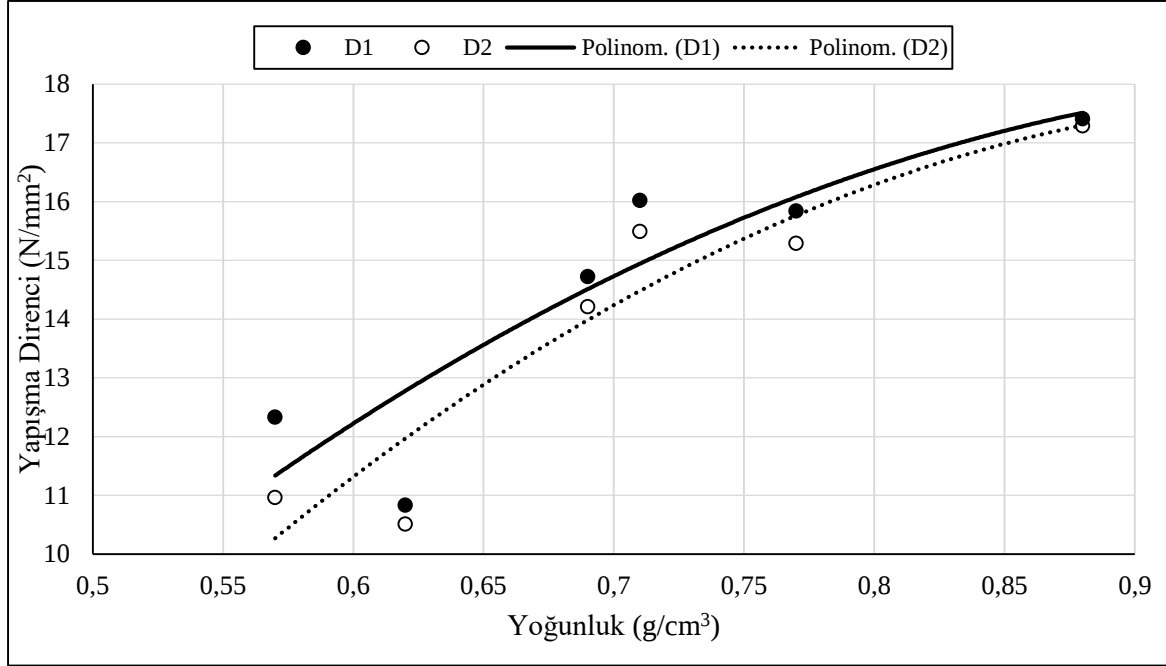
Örneklerin tamamında D2 testi sonrasında D1'e göre yapışma direncinde azalma olmuştur. En yüksek fark çam odununda kontrol tutkallı örneklerde (% 23,8), en düşük ise meşe odunda T3 tutkallı örneklerde (% 0,2) elde edilmiştir. Bu durumun yoğunluk-yapışma direnci ilişkisinden kaynaklanabileceği söylenebilir.

Ağaç türüne göre D1 ve D2 arasındaki yapışma direnci farkı; en yüksek çam örneklerde elde edilmiş (% 9,4), bunu sırasıyla kayın (% 3,3), iroko (% 3,2), maun (% 2,9), limba (% 1,5) ve meşe (% 0,4) izlemiştir.

Tutkal çeşidine göre D1 ve D2 arasındaki fark; kontrol tutkallı örnekler hariç tutulduğunda, en yüksek T2 tutkallı örneklerde elde edilmiş (% 4,7), bunu sırasıyla T3 (% 3,5) ve T1 (% 2,1) izlemiştir. T2 tutkalı dolgulu, T1 ve T3 tutkalı ise dolgusuzdur. Bu durumun dolgu maddesinden kaynaklanabileceği söylenebilir.

6.5. Yoğunluk-Yapışma Direnci İlişkisi

Yoğunluk ile yapışma direnci arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla en küçük kareler metoduna göre yapılan regresyon analizi sonuçları Şekil 6.2'de verilmiştir.



Şekil 6.2. Yoğunluk-yapışma direnci ilişkisi

Regresyon analizine göre; yapışma direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkinin tanımlanmasında $y=ax^2+bx+c$ eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitliklere ait regresyon katsayıları Çizelge 6.1’de verilmiştir.

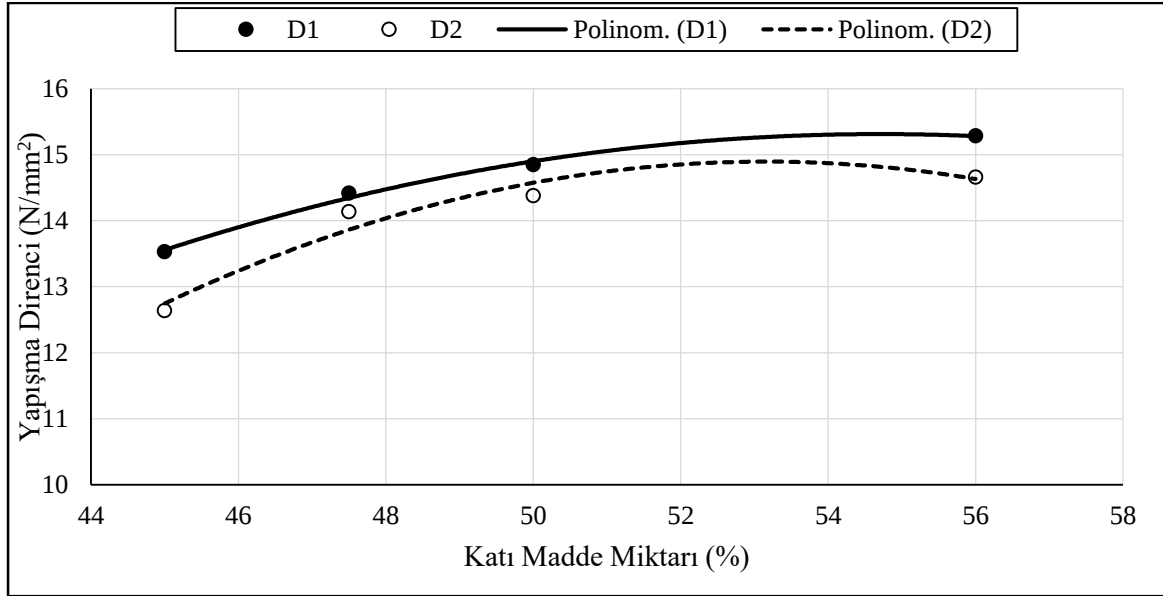
Çizelge 6.1. Yoğunluk-Yapışma direnci ilişkisine ait regresyon katsayıları ($y=ax^2+bx+c$)

Deney Türü	a	b	c	R ²
D1	-34,311	69,682	-17,236	0,8033
D2	-43,575	85,862	-24,518	0,8921

Regresyon analizi sonucunda; yoğunluk arttıkça yapışma direncinin de arttığı tespit edilmiştir.

6.6. Katı Madde Miktarı-Yapışma Direnci İlişkisi

Katı madde miktarı ile yapışma direnci arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla en küçük kareler metoduna göre yapılan regresyon analizi sonuçları Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3. Katı madde miktarı-yapışma direnci ilişkisi

Regresyon analizine göre; katı madde miktarı ile yapışma direnci arasındaki ilişkinin tanımlanmasında $y=ax^2+bx+c$ eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitliklere ait regresyon katsayıları Çizelge 6.2’de verilmiştir.

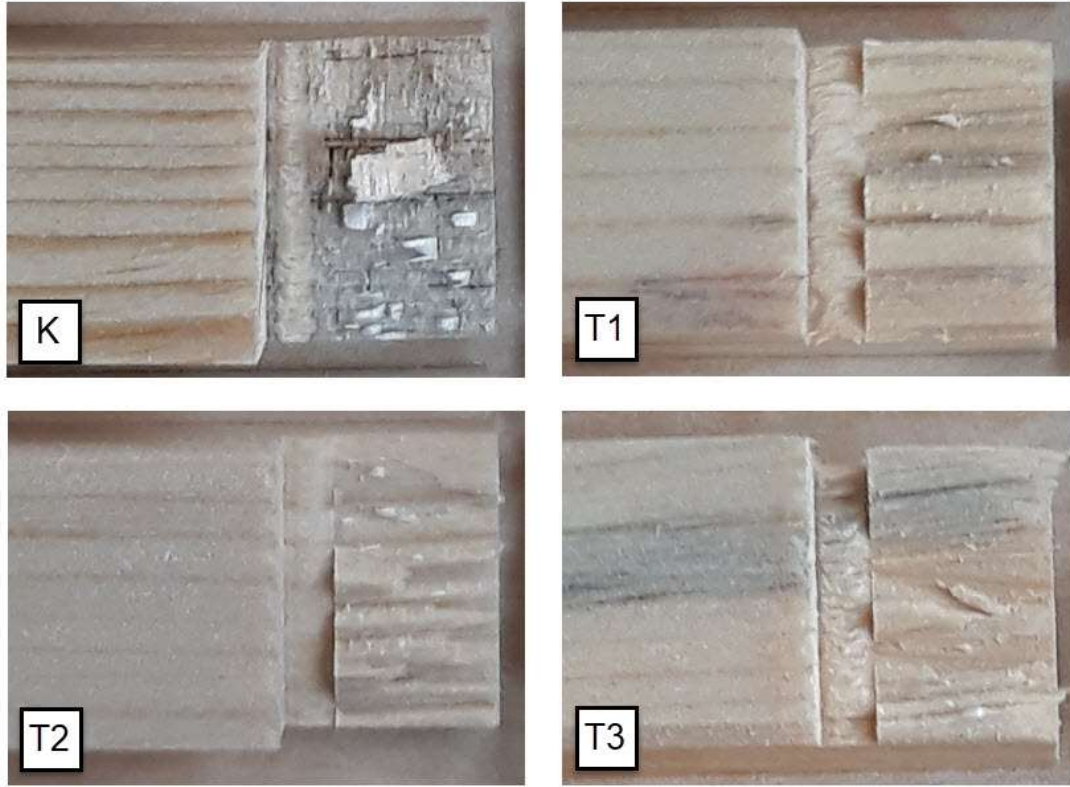
Çizelge 6.2. Katı madde miktarı-Yapışma direnci ilişkisine ait regresyon katsayıları ($y=ax^2+bx+c$)

Deney Türü	a	b	c	R ²
D1	-0,0187	2,0409	-40,506	0,9947
D2	-0,0324	3,4414	-76,557	0,9481

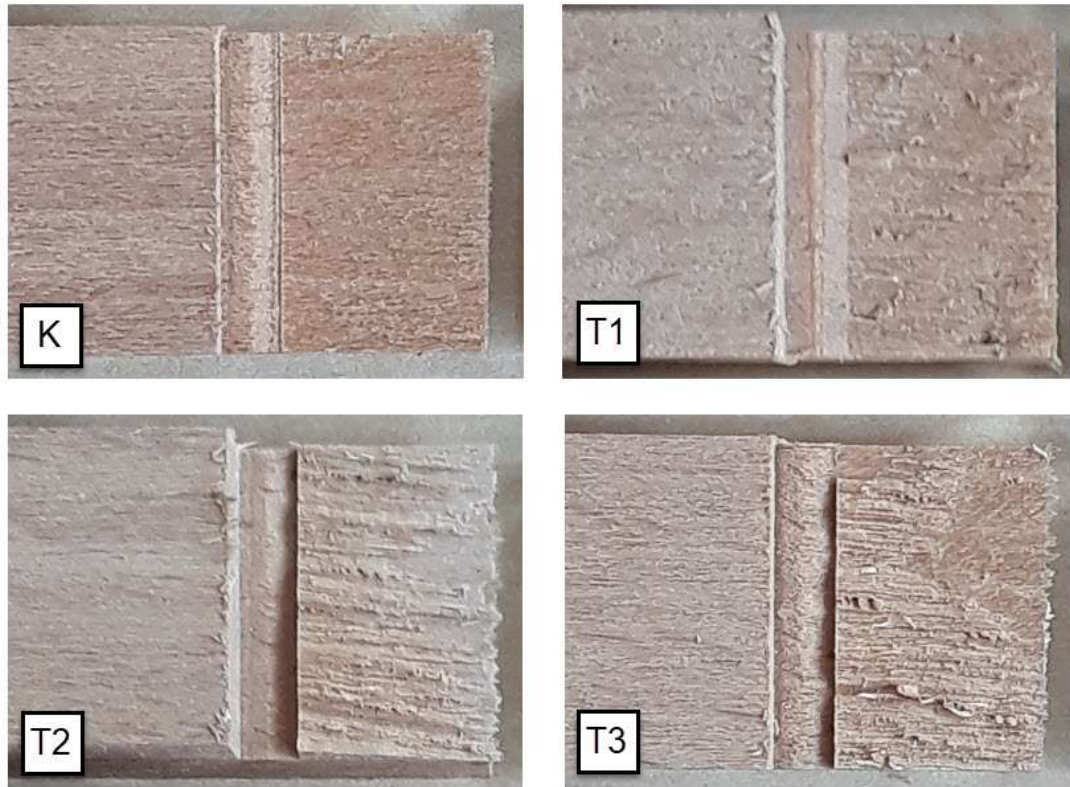
Regresyon analizi sonucunda; katı madde miktarı arttıkça yapışma direncinin de arttığı tespit edilmiştir.

6.7. Ahşap Hasar Oranı (%)

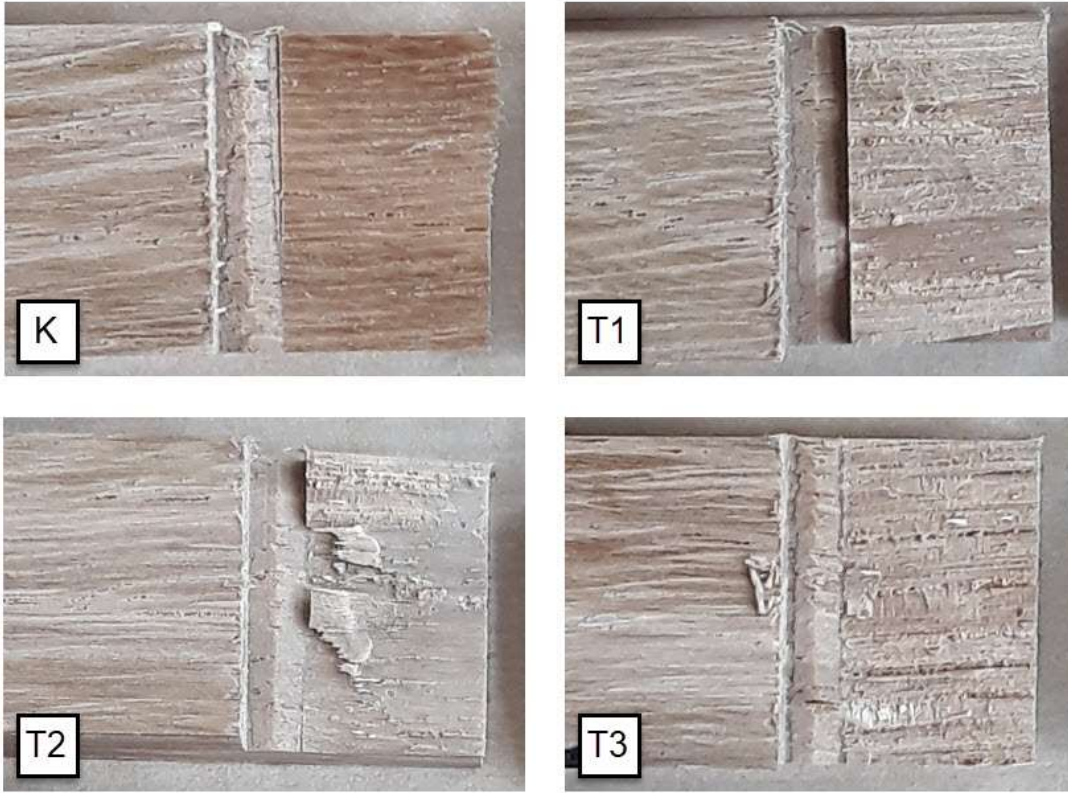
D1 testi sonucu örneklerin yapışma yüzeyinde meydana hasarlara ait görüntüler; çam odunu için Şekil 6.4’de, kayın odunu için Şekil 6.5’de, meşe odunu için Şekil 6.6’da, iroko odunu için Şekil 6.7’de, maun odunu için Şekil 6.8’de, limba odunu için Şekil 6.9’da ve ahşap hasar oranlarına ait grafik ise Şekil 6.10’da verilmiştir.



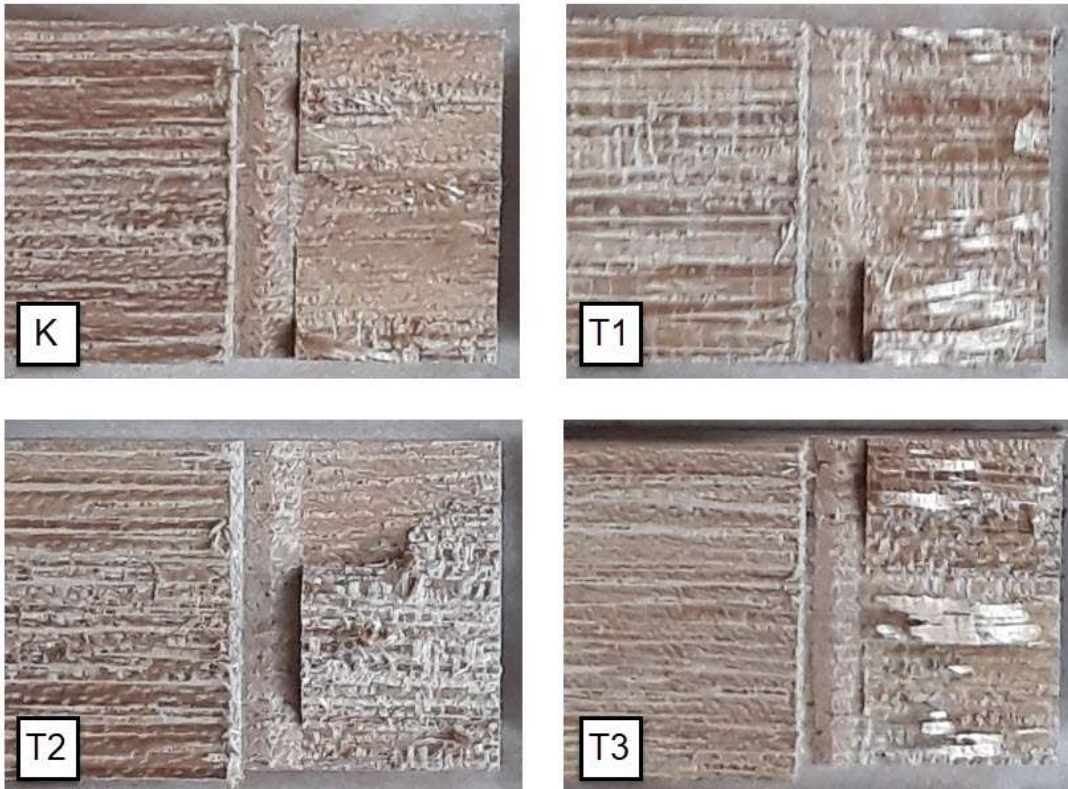
Şekil 6.4. Çam odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



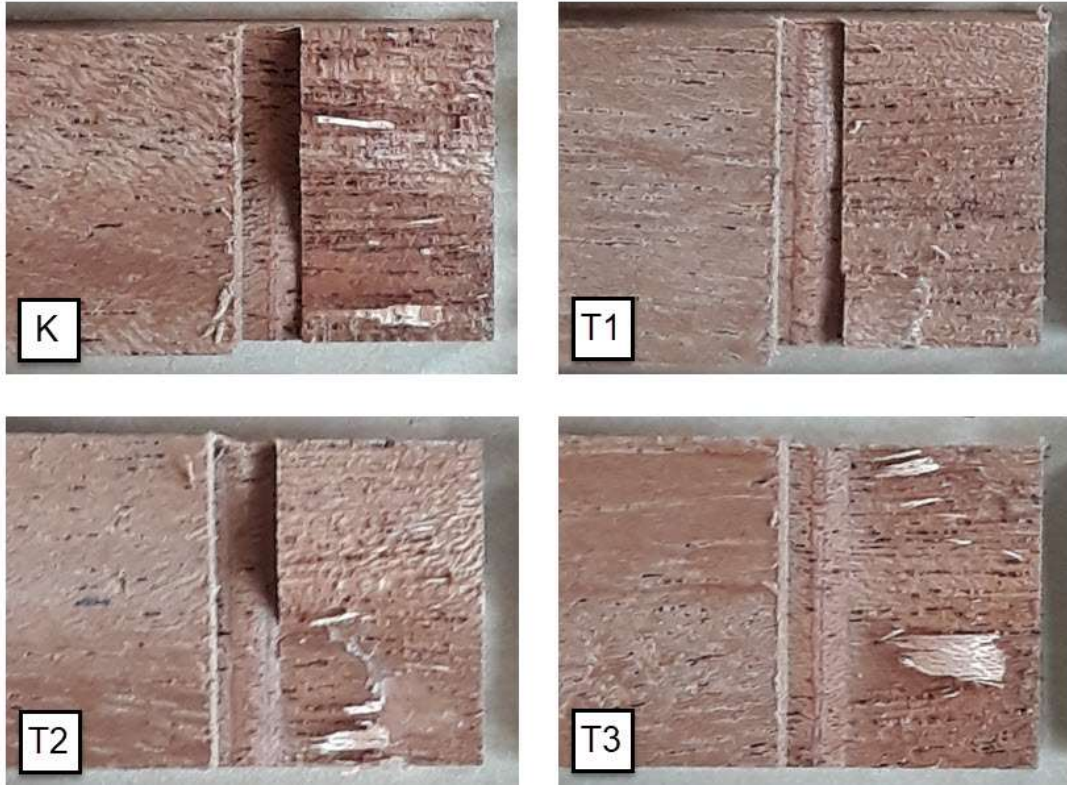
Şekil 6.5. Kayın odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



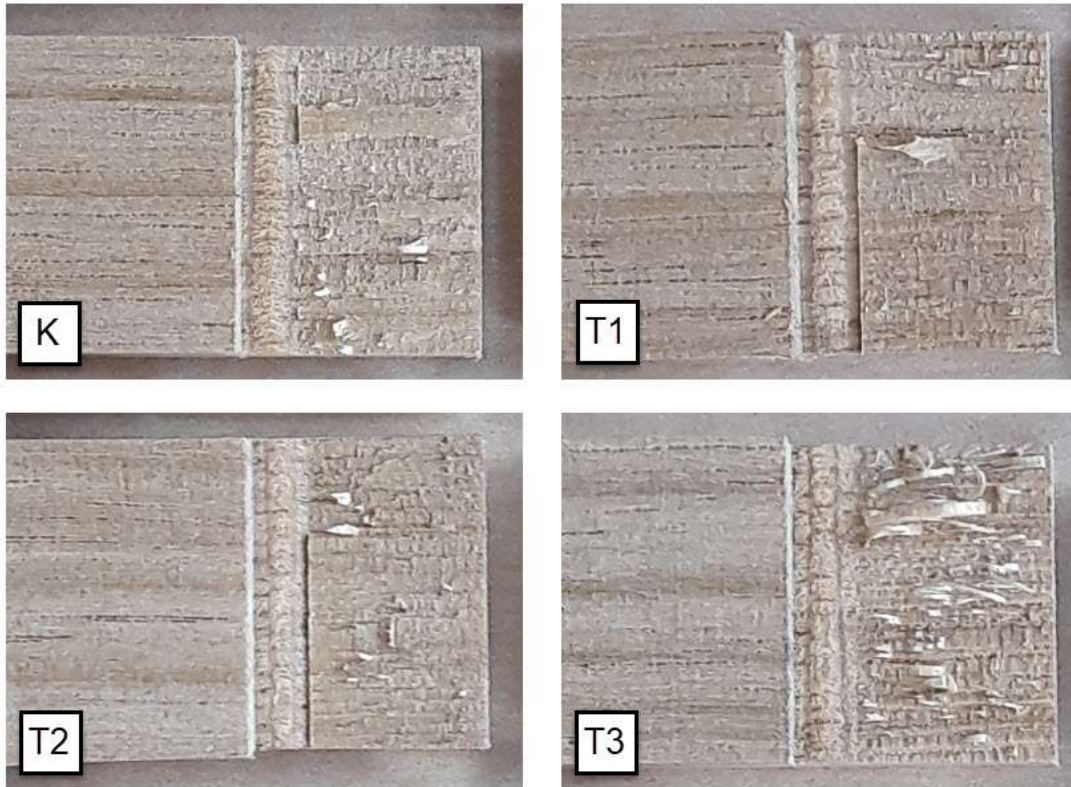
Şekil 6.6. Meşe odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



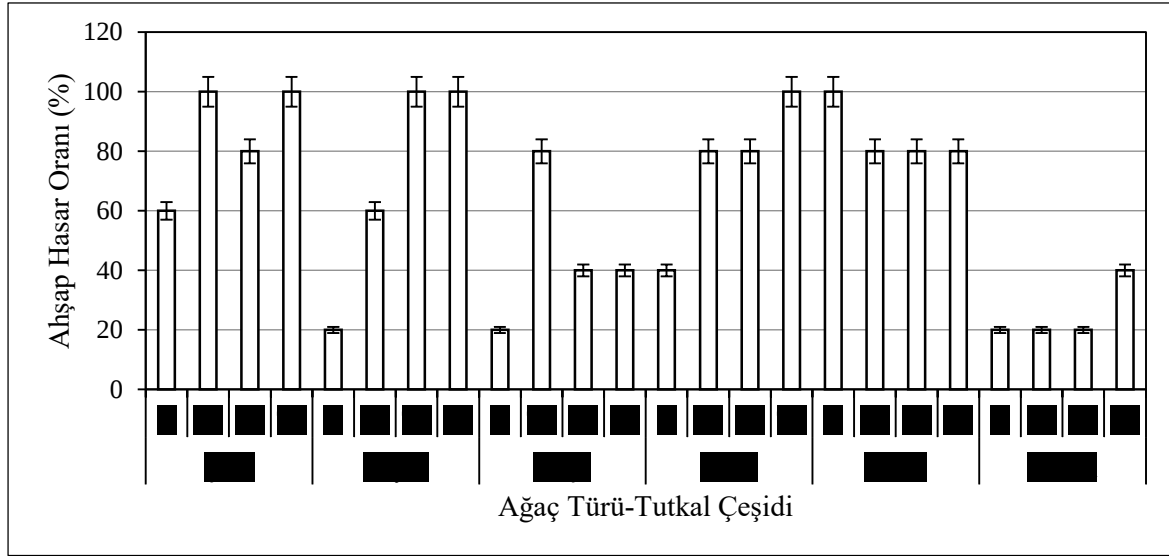
Şekil 6.7. Iroko odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



Şekil 6.8. Maun odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



Şekil 6.9. Limba odununda D1 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



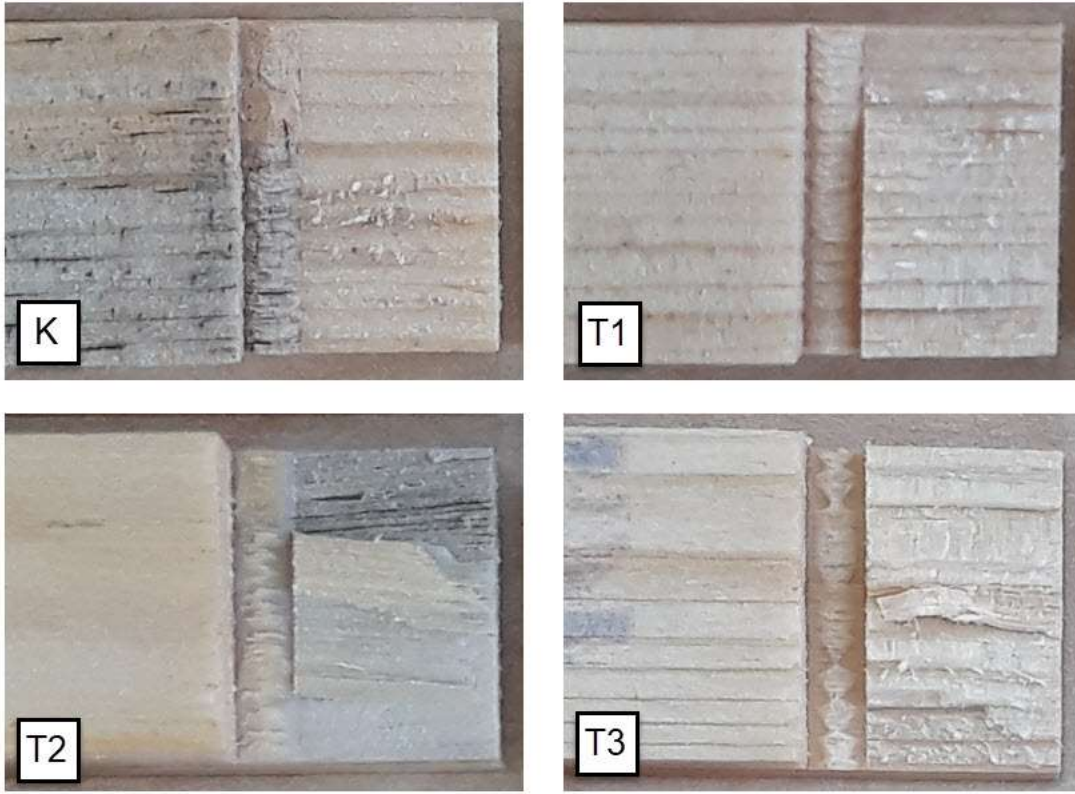
Şekil 6.10. Ahşap hasar oranı (%) (D1)

D1 testi sonucunda ahşap hasar oranı; maun odunu dışındaki örneklerin tamamında kontrol tutkalına göre diğer tutkallar ile yapıştırılmış örneklerde daha yüksek bulunmuştur.

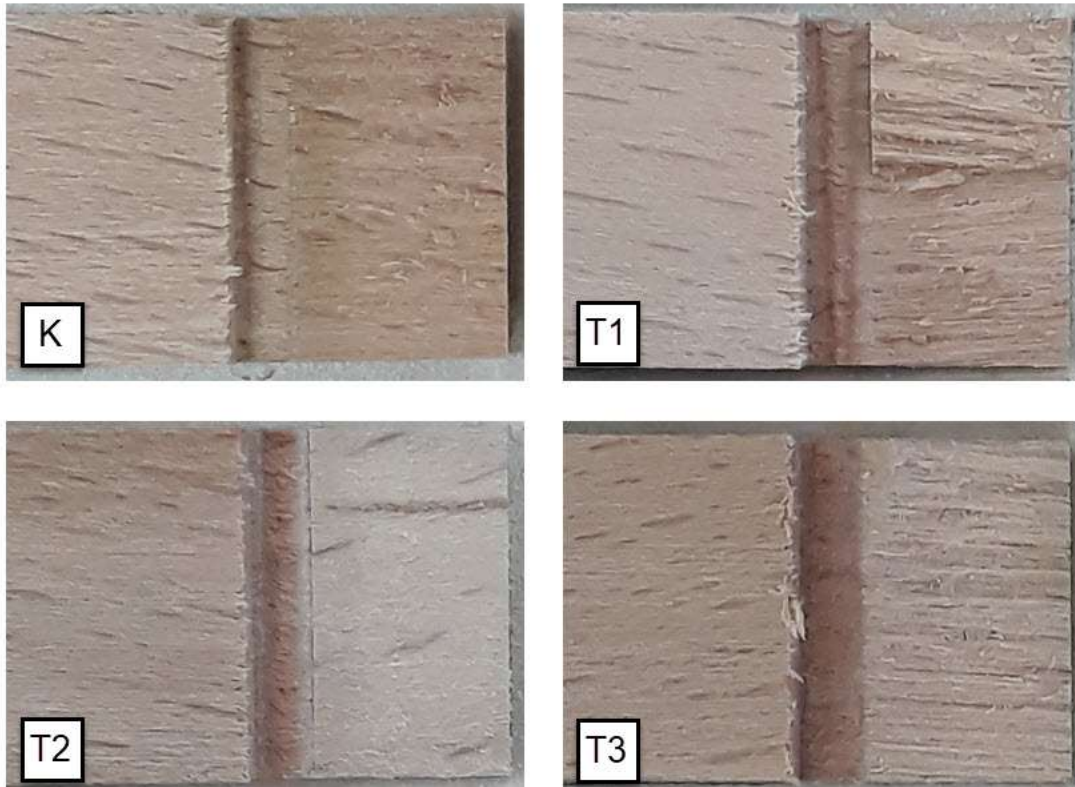
Yapışma yüzeyindeki ahşap hasar oranının yüksek olması, tutkal ile ahşap maleme arasındaki adezyonun yüksek olduğunu göstermektedir. Tutkalların tamamının limba odunu ile adezyonunun diğer odunlara göre daha zayıf olduğu söylenebilir.

Meşe odunu hariç T₃ tutkallı örneklerde ahşap malzeme hasar oranı diğer tutkallı örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, T₃ tutkalının katı maddde miktarının diğer tutkallardan daha yüksek oluşundan ve viskozitesinin diğer tutkallara göre daha düşük olması sonucunda, tutkalın hücre boşluklarına girerek spesifik adezyona ilave olarak mekanik adezyon kurmasından kaynaklanabileceği söylenebilir.

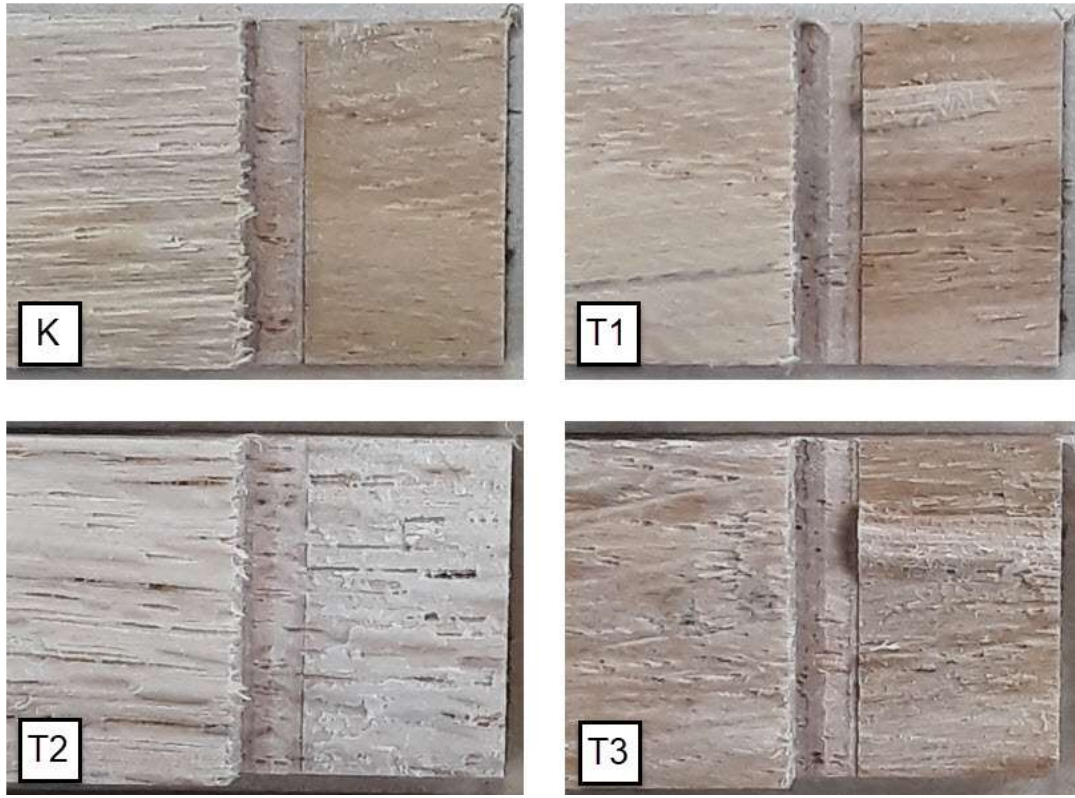
D2 testi sonucu örneklerin yapışma yüzeyinde meydana hasarlara ait görüntüler; çam odunu için Şekil 6.11’de, kayın odunu için Şekil 6.12’de, meşe odunu için Şekil 6.13’de, ıroko odunu için Şekil 6.14’de, maun odunu için Şekil 6.15’de, limba odunu için Şekil 6.16’da ve ahşap hasar oranlarına ait grafik ise Şekil 6.17’de verilmiştir.



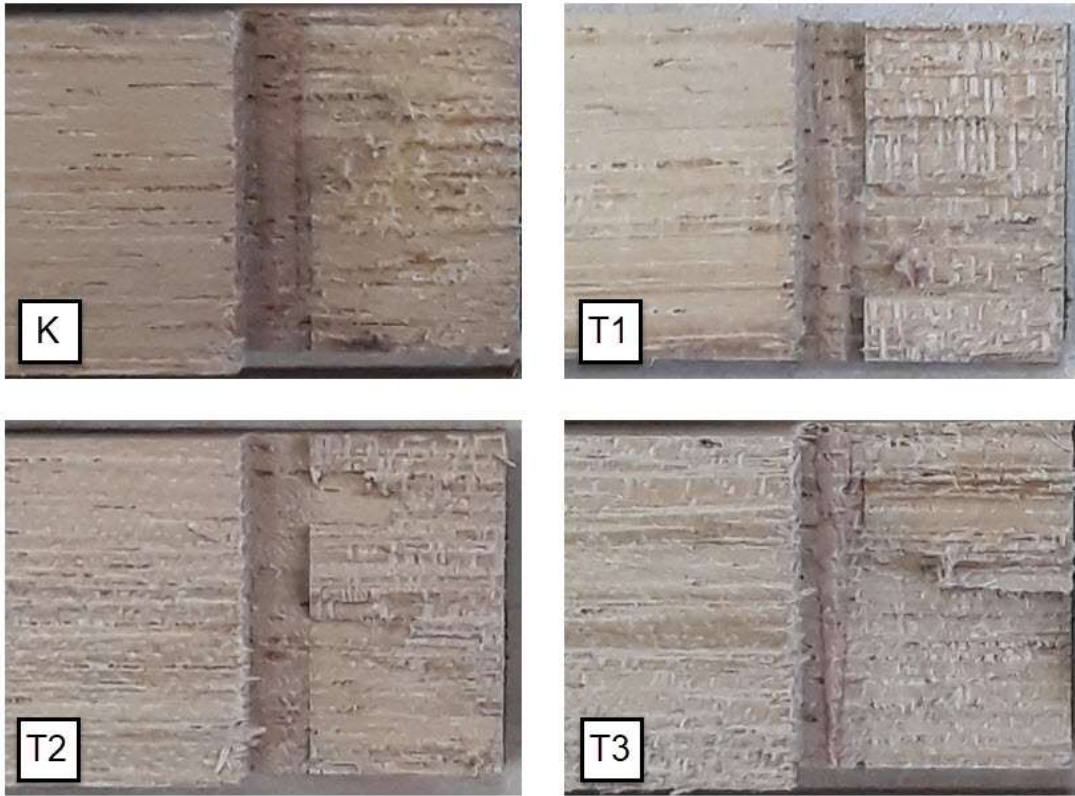
Şekil 6.11. Çam odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



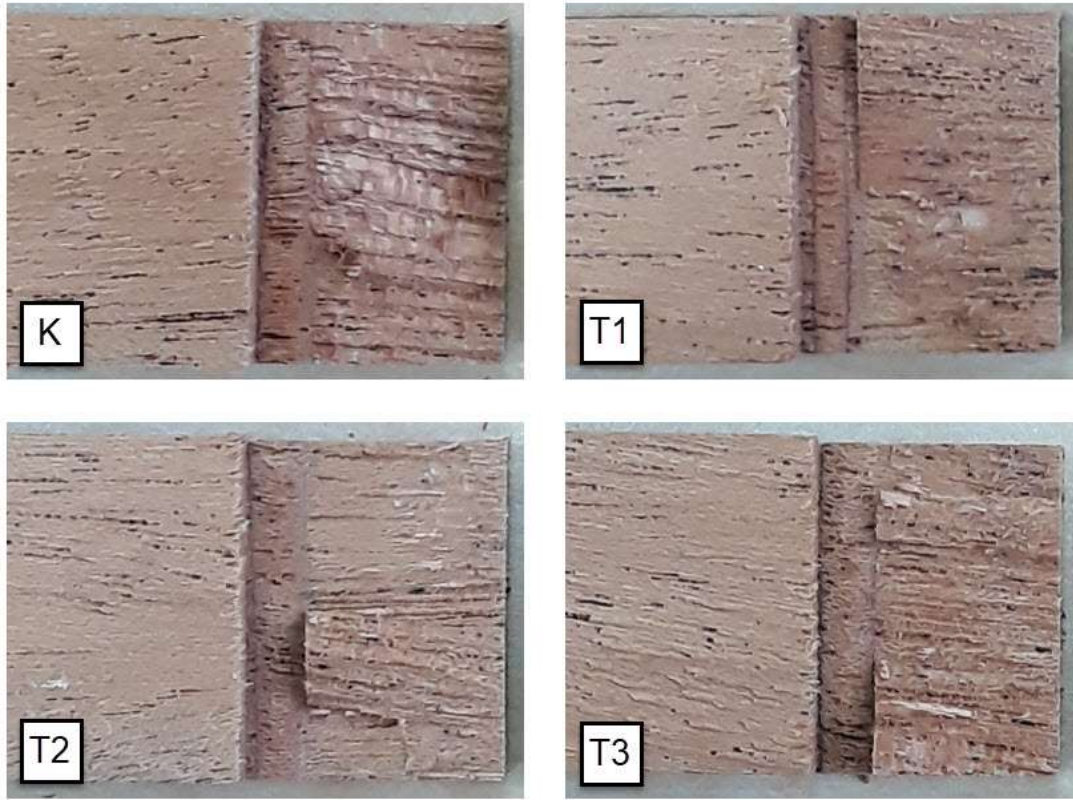
Şekil 6.12. Kayın odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



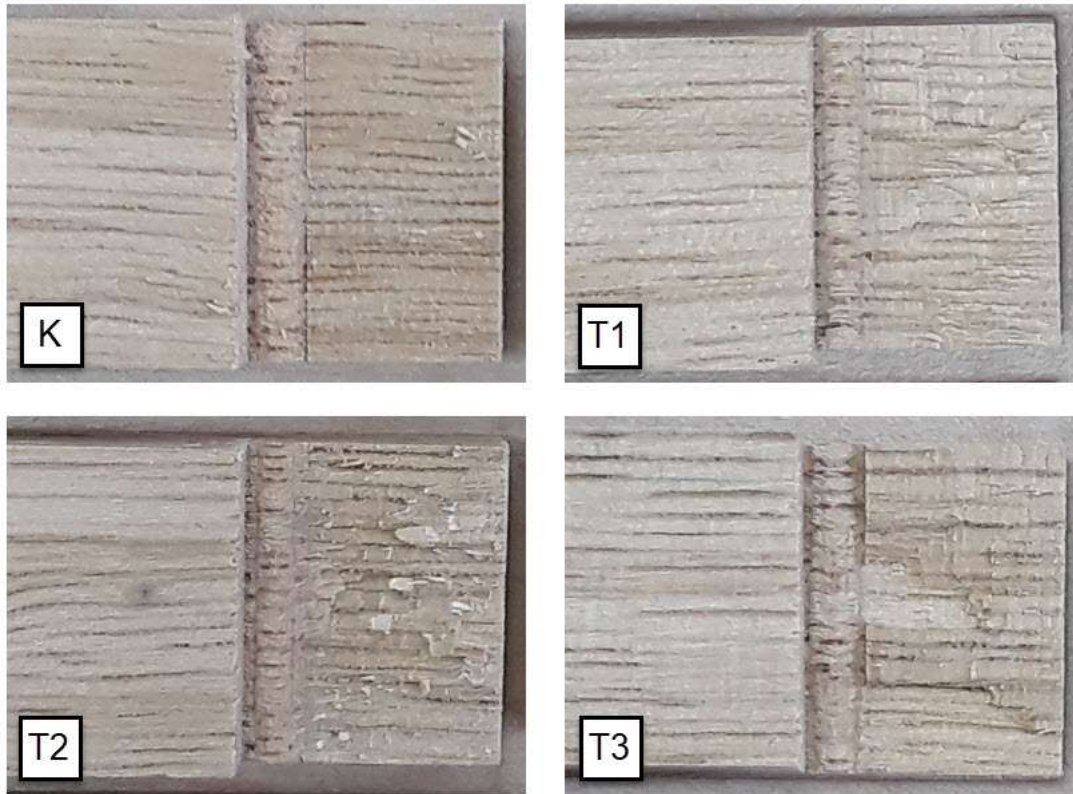
Şekil 6.13. Meşe odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



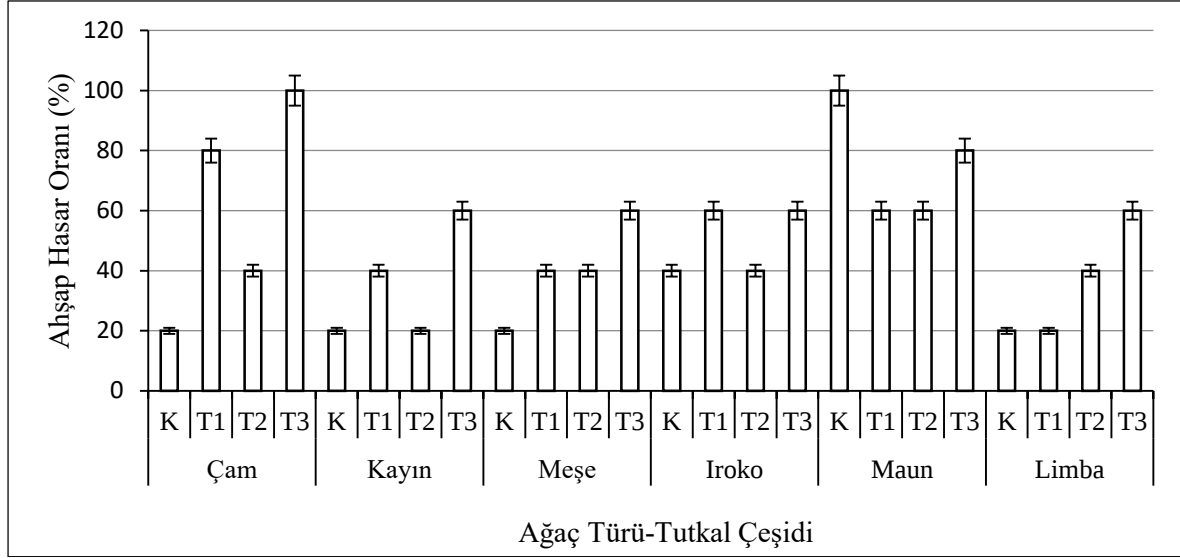
Şekil 6.14. Iroko odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



Şekil 6.15. Maun odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



Şekil 6.16. Limba odununda D2 testi sonucunda yapışma yüzeyinde oluşan hasarlar



Şekil 6.17. Ahşap hasar oranı (%) (D2)

D2 testi sonucunda ahşap hasar oranı; maun odunu hariç diğer örneklerin tamamında T3 tutkallı örneklerde diğer örneklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Limba odunu hariç diğer odunların tamamında D2 testi sonucu hasar oranının D1 testine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun ahşap malzeme ile tutkal arasındaki adezyonun suda bekletme işlemi sonrasında zayıflamasından kaynaklanabileceği söylenebilir. Ayrıca; yapışma yüzeyleri incelendiğinde, D1 testi sonucu yüzeylerdeki kopmaların liflenme şeklinde olduğu halde, D2 örneklerde daha düzgün yüzeyli olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlara göre;

1. PVAc tutkalında yüksek yapışma direnci için katı madde miktarının artırılması önerilebilir.
2. D2 sınıfı tutkallar kısa bir süre için akan veya yoğunlaşan suya ve/veya zaman zaman yüksek rutubete maruz kalınan iç mekânlar içindir. D1 yapışma direncine göre D2 yapışma direncinde en fazla azalma dolgulu kontrol ve T₂ çeşidi tutkallarda olmuştur. D1 sınıfı tutkallarda maliyet düşürmek için dolgu maddelerinin kullanılabileceği, fakat D2 sınıfı tutkallarda dolgu maddelerinin yapışma direncini çok fazla düşürdüğünden az miktarda veya kullanılmaması önerilebilir.
3. Benzer çalışmaların farklı ağaç türleri, tutkal özellikleri ve rutubet miktarları için yapılarak karşılaştırılması araştırmacılara önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Yörür, H., Aydemir, D. ve Uysal, B. (2010). Emprenye edilmiş ahşap malzemenin yapışma direncini etkileyen faktörler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12(18), 99-106.
2. Altınok, M. (1998). Masa yapımında uygulanan sütun ayaklarda konstrüksiyon modellemesi. *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 1, 105-109.
3. Yılmaz, M. (2006). *Bazı Ahşap Tutkallarının Masif ve Levhalarda Yapışma Performanslarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
4. Şenay, A. (1996). *Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Yörür, H. (2007). *Islak Mekanlarda Ahşap Tutkallarının Yapışma Mukavementlerinin Belirlenmesi*, Bilim Uzmanlık Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.
6. Kurt, S. (2006). *Emprenye Edilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Deniz Ortamında Bazı Teknolojik Özelliklerinin Değişimi*, Doktora Tezi, Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
7. Hass, P., Kläusler, O., Schlegel, S. and Niemz, P. (2014). Effects of mechanical and chemical surface preparation on adhesively bonded wooden joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 51, 95-102.
8. Söğütlü, C. (2017). Determination of the effect of surface roughness on the bonding strength of wooden materials. *BioResources*, 12(1), 1417-1429.
9. Burdurlu, E., Kılıç, Y., Eli bol, G. C. and Kılıç, M. (2006). The shear strength of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) bonded with polyurethane and polyvinyl acetate adhesives. *Journal of Applied Polymer Science*, 99(6), 3050-3061.
10. Kılıç, M. (2016). Effect on shear strength of machining methods in *Pinus nigra* Arnold bonded with polyurethane and polyvinyl acetate adhesives. *BioResources*, 11(3), 6663-6676.
11. İnternet: Selbo, M. L. (1975). Adhesive Bonding of Wood. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.woodcenter.org%2Fdocs%2Ftb1512.pdf&date=2018-03-21>, Son Erişim Tarihi: 17.03.2014.
12. Franklin Glue Com. (1989). *Adhesive trouble shooting*. Colombus: CRC Press, 72.
13. Göker, B., Bozkurt, Y. (1986). *Tabakalı ağaç malzeme teknolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını.
14. Altınok, M. (2002). Ahşap tutkallı birleşmelerde yapışma performansına sıcaklık artışının etkileri. *Politeknik Dergisi*, 5(4), 341-345.

15. Huş, S. (1977). *Ağaç malzeme tutkalları kitabı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
16. TS 3891. (1983). *Yapıştırıcılar- polivinil asetat esaslı emülsiyon (ahşap malzeme için)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
17. Şanıvar, N., Zorlu, İ. (1995). *Ağaçları gereç bilgisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 306-314.
18. Atar, M., (2007). PVAc tutkalında viskozite değişiminin bazı ağaç malzemelerde yapışma direncine etkileri. *Politeknik Dergisi*, 10(1), 85-91.
19. Altınok, M.(1998). Ağaçları temel makinelerinde işlenmiş ahşap yüzeylerin yapışma direncine etkileri. *Politeknik Dergisi*, 1(2), 17-20.
20. Altınok, M., Döngel, N. ve Söğütü, C. (2000). Modifiye edilmiş PVAc disporsiyonu VB-20 tutkalının yapışma direncinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*,13(2), 85-91.
21. Örs, Y., Özçifçi, A. and Atar, M. (1999).Klebit 303, kleiberit 305.0 ve süper lackleim 308 tutkallarının yapışma dirençleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 757-761.
22. Altınok, M. (2002). Ahşap tutkalı birleşmelerde yapışma performansına sıcaklık artışının etkileri. *Politeknik Dergisi*, 5(4), 341-345.
23. Söğütü, C., Döngel, N. (2007). Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda çekmede makaslama dirençleri. *Politeknik Dergisi*, 10(3), 287-293.
24. Ozcan, S., Ozcifci, A., Hiziroglu, S. and Toker, H., (2012). Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength. *Construction and Building Materials*, 33, 7- 13.
25. Altun, S., Burdurlu, E., Kılıç, M., (2010). Effect of adhesive type on the bending moment capacity of miter frame corner joints. *BioResources*, 5(3), 1473-1483.
26. Altınok M., Söğütü, C. ve Döngel, N. (1999). Ürefoimaldehid (UF) ile modifiye edilmiş ST10 tutkalının yapışma direncinin belirlenmesi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(3), 193-201.
27. Suh, J. S., Doh, G. H. and Kim, S. K. (1989). A study on the wood adhesion techniques for furniture use. *Research Reports of the Forestry Research Institute*, 39, 24-31.
28. Goetze, H., Schultze-Devitz, G. (1987). The influence of fillers and other additional substances on the bonding strength of adhesives with solid wood. *Particleboard Joints, Drevorsky-Vyskum*, 114, 41-46.
29. Örs, Y., Atar, M. and Özçifçi, A. (2000). Bonding strength of poly (vinyl acetate)-based adhesives in some wood materials treated with impregnation. *Journal of Applied Polymer Science*, 76(9), 1472-1479.

30. Kesik, H. İ., Çağatay, K., Olgun, Ç., Bayraktar, D. K. and Eminoğlu, İ. (2014). Farklı tutkallar ile yapıştırılmış bazı tropik ağaç malzemelerin yapışma dirençleri. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 14(1), 155-162.
31. Liu, J. (1997). *Preparation of urea-formaldehyde resin modified with polyvinyl alcohol and Amylum*. China: Xiangtion Mineral Institute, 35-37.
32. Türk Standartları Enstitüsü (1978). Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikleri TS 2470, TSE, Ankara, 12-14.
33. Bozkurt, Y., Erdin, N. (2000). *Odun anatomisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
34. TS EN 205. (2017). *Yapıştırıcılar - Yapısal olmayan uygulamalar için ahşap yapıştırıcılar - bindirmeyle yapıştırılmış eklerin çekmeyle kayma mukavemetinin tayini*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
35. Türk Standartları Enstitüsü (1978). Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini. TS 2471, TSE, Ankara, 15-19.
36. Türk Standartları Enstitüsü (1976). Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, TS 2472, TSE, Ankara, 1-10.
37. Türk Standartları Enstitüsü (2003). Yapısal olmayan uygulamalar için termoplastik ahşap yapıştırıcıların sınıflandırılması, TS 5430 EN 204, TSE, Ankara, 7-16.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :EMİNOĞLU, İrem
 Uyuğu :T.C.
 Doğum tarihi ve yeri :04.02.1990, Ankara
 Medeni hali :Bekâr
 Telefon :0(531)885 80 76
 e-mail :irem_eminoglu@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Ağaçlıları End. Müh.	Devam Ediyor
Lisans	Kastamonu Üniversitesi/Orman End. Müh.	2014
Lise	İnönü Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016	ArtDeco İçmimarlık	Mühendis
2015	Duvan Eğitim Danışmanlık	Eğitim Danışmanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Kesik, H. İ., Çağatay, K., Olgun, Ç., Bayraktar, D. K. ve Eminoglu, İ. (2014). Farklı tutkallar ile yapıştırılmış bazı tropik ağaç malzemelerin yapışma dirençleri. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 14 (1) 155-162.
2. Eminoglu, İ., Döngel, N. (2017). *Determination of bonding performance of newly developed PVAc based adhesives*. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017 Cappadocia / Turkey).

Hobiler

Kitap okuma, Sinema, Tiyatro, Yüzme.



GAZİ GELECEKTİR..