

Farklı Tutkallar ile Yapıştırılmış Bazı Tropik Ağaç Malzemelerin Yapışma Dirençleri

*H. İsmail KESİK¹

Kubulay ÇAĞATAY²

Çağrı OLGUN¹

D. Kemal BAYRAKTAR³

İrem EMİNOĞLU¹

¹Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kastamonu

²İncirli Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve İç Mekân Tasarım Alanı, Ankara

³Trabzon Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve İç Mekân Tasarım Alanı, Trabzon

*Sorumlu Yazar: hismailkesik@gmail.com

Geliş Tarihi: 14.04.2014

Özet

Bu çalışmada, Poliüretan montaj(Pu-Mon), Poliüretan Marine (Pu-Ma), Polivinilasetat(PVAc-MA22), Polivinilasetat (PVAc-MA35) vePolivinil asetat (PVAc-MA50) ile yapıştırılmış,mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan tropik ağaçlardan, iroko(*Chlorophora sp.*), maun (*Swietenia sp.*) velimba(*Terminalia superba*) odunlarının yapışma direnci, TS EN 205esaslarına göre belirlenmiştir.Deney sonuçlarına göre, en yüksek yapışmadirenciPu-Ma (14.35 N/mm²) ve PVAc-MA35 (13.74 N/mm²) ile yapıştırılmış maun örneklerinde, en düşük yapışmadirenci ise Pu-Mon (4.48 N/mm²) ile yapıştırılmış limba örneklerinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak, tutkal çeşidi değişkenlerine göre en yüksek yapışma direnci PVAc-MA35 (10.67 N/mm²) tutkalında bulunmuş ve bünyesinde sağlık açısından tehlikeli madde içermediği için montaj işlerinde kullanımı önerilebilir.

Anahtar Kelimeler:Yapışma direnci,Tutkal,İroko,Maun, Limba

Shear Strength of Some Tropical Woods Glued with Different Adhesives

Abstract

This study focused on comparison of shear strengths of some tropical wood speciesiroko (*Chlorophora*), mahogany (*Swietenia sp.*), limba (*Terminaliasuperba*) glued with different adhesivesPolyurethane assembly adhesive (Pu-Mon), Polyurethane Marine sealant (Pu-Ma), Polyvinylacetate(PVAc-MA22), Polyvinylacetate(PVAc-MA35), Polyvinylacetate (PVAc-MA50). The wood samples are prepared according to standarts. After the samples are glued, shear strength under the static load is determinated with tensile test according to TS EN 205. In the experimental groups the highest values were obtained from Pu-Ma (14.35 N/mm²)and PVAc-MA35 (13.74 N/mm²) bonded mahogany samples and the lowest values were obtained from Pu-Monbonded limba samples (4.48 N/mm²).Finally, according to the adhesive types, it was found that PVAc-MA35 has the highest shear strength value(10.67 N/mm²) and because of not having any ingredient in terms of health, it is possible to recommend it for montage.

Key Words:Shear strength, Glue, Iroko, Mahogany, Limba

Giriş

Türkiye mobilya sanayisi gün geçtikçe gelişmekte ve çeşitlenmektedir. Bu gelişim ve çeşitlenme sonucu gerek yurt içi gerekse yurt dışındaki müşterilerin istekleri doğrultusunda zaman zaman Türkiye dışında yetişen ağaç türleri mobilya imalatında kullanılmaktadır. Özellikle tropik ormanlardan elde edilen türler endüstrimiz için önemli bir hammadde kaynağı haline gelmiştir. Hammadde olarak ithal edilen odunun hesaplı bir şekilde kullanılması için de yapısal özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekir.

Ahşap elemanların birbirleriyle veya diğer yapı elemanlarıyla birleştirilmesinde karşılaşılan sorunları gidermek için tutkalların kullanımı önemli bir yer tutmakta

olduğunu rapor etmektedirler (Fatory ve Williamson, 1997). Tutkallarda yapışmanın kalitesi, tutkalların sürüldüğü yüzeyde yayılma ve dağılması, her iki yüzeye nüfuz etmesi, katman oluşturma ve yüzeyleri ıslatma gibi özelliklerde etkili olan tutkalların akışkanlığına bağlı olduğunu belirlemiştir (Vick, 1999).Ağaç malzemenin yapılan mobilya ve yapı elemanlarının ek yerlerinin birleştirilmesinde en etkili yöntemin yapıştırma olduğu, ek yerlerindeki açılmaların çoğunluğunun tutkallama işlemlerinde meydana gelen teknolojik hatalardan kaynaklandığı ve tutkalın, sürüldüğü yüzeyde heterojen dağılmasının kohezyonu olumsuz yönde etkilediğini belirlemiştir (Smardzewski,2002).

Ağaç malzemede zımparalanmış yüzeylerin rendelenmiş yüzeylere göre yapışmada daha önemli olduğunu belirtmiştir (Caster ve ark., 1985). Kuvvetli bir yapışma için; ahşap yüzeyinin kesicilerle düzgün bir şekilde işlenmesi, yapıştırıcının bütün yüzeye eşit miktarda sürülmesi ve birbirlerine kapatılan ahşap elemanların üzerine düzgün dağılımlı bir kuvvet uygulanması gerekir. Ağaç malzemenin yüzeyindeki dalgalanma yapışma direncini azaltmaktadır. Ağaç malzemelerin soğuk olarak preslenmesi gerektiğini, aksi halde ekstraktif maddelerin sıcaklığın etkisi ile yüzeye sızdığını ve tutkallanmayı engellendiğini belirlemiştir (Selbo, 1975).

Japonçamı (*Cryptomeria japonica* D. Don), Japon servisi (*Chamaecyparis obusta* Endl.), Balta yapraklı Japon mazısı (*Thuja dolabrata* Sieb. et Zucc.) ve Japonmelezi (*Larix leptolepis* Gordon) odunlarından hazırlanan deney örneklerini PVAc tutkalı ile yapışma testlerine tabi tutmuşlardır. Deney örnekleri farklı kumda (80,120,240) zımparalar ile işlem gördükten sonra teğet ve radyal yönde 260 g/m² tutkal ile yapıştırılmış, en yüksek yapışma direncini 80 kum zımpara ile işlem görerek radyal yönde yapıştırılan Japon karaçamı (96.1 kg/cm²) örneklerinde olduğunu rapor etmektedirler (Shida ve Hızıroğlu, 2010).

Laminasyon işleminde kullanılan odunun anatomik özellikleri, yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri vb. odunun yapışma direnci üzerinde etkili olduğunu, farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde, pres basıncının yumuşak oduna göre belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir (Dilik, 1997).

Düzgün yüzeyli odun numunelerini farklı basınçlarda yapıştırmış, 0.7 N/mm basınç uyguladığı örneklerde tutkalın bir yüzeyden diğer yüzeye transferinin yeknesak olduğunu ve yapışma direncinin en yüksek değere ulaştığını bildirmiştir (Franklin, 1989).

Kamerun'da ahşap işlemlerinde kullanılan farklı tutkalların yapışma dirençleri araştırılmış, araştırma sonuçlarına göre en yüksek yapışma direncinin, vinil esaslı tutkal uygulanan sapelli odununda olduğunu rapor etmektedirler (Fotsing ve Alexis, 2003).

Doğu kayını, meşe, sarıçam ve Toros sediri örneklerinin PVAc, Klebit 303, Klebit 305, Super-Lackleim 308 ve Poliüretan tutkalları ile yapışma dirençlerine Imersol-Aqua empenye maddesine 3 farklı sürede batırma metodu ile empenye işleminin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada en iyi yapışma direnci ahşap malzemeler arasında ortalama 11.57 N/mm² ile doğu kayınında, tutkallar arasında ortalama 10.62 N/mm² ile poliüretan tutkalı ile yapıştırılan örneklerde olduğunu rapor etmektedirler (Örs ve ark., 2004).

Yapılan bir çalışmada radyal ve teğet yönlerde farklı basınç altında poliüretan ve polivinil asetat tutkallarıyla yapıştırılan daire testere ile biçilmiş, planlanmış veya zımparalama yapılmış kızılçam örneklerinin makaslama dirençlerinde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Çalışma sonucunda radyal ve teğet yüzeyi yapıştırılan örneklerde PVAc kullanılan örneklerin makaslama dirençlerinin PU kullanılanlara göre daha yüksek olduğunu rapor etmektedirler (Burdurlu ve ark., 2006).

Yapılan çalışmada PVAc tutkalında viskozite değişiminin Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarının yapışma direncine olan etkisini araştırılmıştır. Çalışmada doğu kayının yapışma direncinin sapsız meşeye göre %13, sarıçamdan %44 daha fazla olduğu belirtilmiş, tutkalın viskozite değişiminin yapışma direncini etkilediğini belirlemiştir (Atar, 2007).

Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), meşe (*Quercus borealis* L.), ceviz (*Juglans regia*) ve gül (*Rhododendron ponticum*) odunlarının poliüretan (DesmodurVTKA) tutkalı ile yapışma direncine farklı zımparalarla (40, 60, 120 kum) zımparalama işleminin etkisi araştırılmıştır. Çalışmada en yüksek yapışma direnci 120 kum zımpara ile zımparalanmış meşe örneklerinde elde edilirken en düşük değer 60 kum zımpara ile zımparalanmış sarıçam da elde edildiğini rapor etmektedirler (Efe ve Gürleyen, 2007).

Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), armut (*Pyrus communis* L.), kestane (*Castanea sativa* Mill.), sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble) ve Toros sediri (*Cedrus libani*)

A. Rich) odunlarının Polivinilasetat (PVAc-D3 ve PVAc-D4) ve poliüretan tutkalları ile yapışma direnci araştırılmıştır. Çalışmada en yüksek değerlerin PVAc-D4 tutkalı ile yapıştırılan akasya örneklerinde elde edildiği en düşük değerlerin ise PVAc-D3 tutkalı ile yapıştırılan Toros sediri örneklerinden elde edildiği rapor etmektedirler (Söğütü ve Döngel, 2007).

Polivinilasetat (PVAc), üre- formaldehit (UF), Poliüretan (PU) tutkallarının ve bu tutkalların boraks ile karışımının Ege Bölgesi'nde yetişen kestane (*Castaneasativa* Mill.) odununun yapışma direncine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada en yüksek yapışma direnci Üre-formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış örneklerde 8.59 N/mm², en düşük yapışma direnci ise % 5 oranında modifiye edilmiş poliüretan tutkalı ile yapıştırılmış örneklerde 2.50 N/mm² olarak elde edildiği rapor etmektedirler (Altınok ve ark., 2009).

Kuzey Karolina çamı (*Pinustaeda*) üzerine yapılan bir çalışmada radyal ve teğet yönlerde kesilen örnekler 3 farklı tutkal (PVAc, izosiyanat, ve poliüretan) yüzeylerine göre yapıştırılmış ve örnekler kuru ve ıslak ortamda kondisyonlanmıştır. Çalışmada radyal yöndeki örneklerin makaslama direncinin teğete göre yüksek olduğu ve makaslama direncinin tutkal çeşidi ve kondisyonlamaya göre değişim gösterdiğini bildirmektedir (Lopesve ark., 2013).

Halkalı traheli ağaçların dağınık trahelilerden farklı yapışma özellikleri gösterdiğini ve dağınık traheli ağaç odunlarının daha kuvvetli bir yapışma dayanımı verdiklerini rapor etmektedirler (McNamara ve Waters, 1970).

Ahşap konstrüksiyonların dayanımı, kullanım amacına uygun odun türü ve odunun yüzey düzgünlüğü, odunun nemi, yine kullanım amacına uygun tutkal çeşidi ve tutkalın sahip olduğu özelliklere, tutkallama şartlarına göre değişim göstermektedir. İyi yapılmış bir tutkallamada yüzeyleri birbirine bağlayan kuvvet, ağacın kendi lifleri arasındaki kuvvetten daha dayanıklı olmalıdır. Öyle ki mekanik bir zorlama karşısında ağaç malzeme birleştirme yerinden ayrılmayarak, ağaç malzemede

kırılma şeklinde olması gerektiğini belirlemiştir (Kaya, 1977).

Tutkalda viskozite, molekül ağırlığı, yüzey penetrasyonu, katı madde miktarı, pH oranı ve uygulama şekli vb., ağaç malzemede ise tür, yoğunluk, yüzey pürüzlülüğü ve temizliği vb. özelliklerin yapışmayı etkilediğini belirlemiştir (Rowell, 2005). Buna bağlı olarak, kimya sektörü farklı odun türleri için en uygun yapıştırıcıyı belirleyerek ihtiyaçlara cevap vermelidir (Lima ve ark., 2008). Ayrıca ürün geliştirme sınırlayıcı bir faktör olduğundan, yapıştırıcıların kullanımının, ekonomik yönünün ve özellikle uçucu organik bileşikler (VOC) emisyon standartları ile ilgili çevresel yönünde dikkate alınması gerektiğini bildirmiştir (Martins ve ark., 2013).

Bu çalışmada, iç ve dış mekanlarda yaygın olarak kullanılan ağaç malzeme türlerinden iroko, maun ve limba ile tutkal çeşitlerinden poliüretan ve PVAc kullanılarak hazırlanan deney örnekleri, çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarından elde edilen veriler ışığında, farklı tutkallar ile yapıştırılan ağaç malzemelerin yapışma direncinin belirlenerek, üretici açısından uygun malzemeye uygun yapıştırıcı seçimi konusunda fikir kazandırmak amaçlanmıştır.

Malzeme ve Yöntem

Ağaç malzeme

Deneylerde Mobilya Endüstrisinde yaygın olarak kullanılan tropikal ağaç türlerinden, iroko (*Chlorophora excelsa*), maun (*Swieteniaspp.*) ve limba (*Terminalia superba*) odunları kullanılmıştır. Ağaç malzemeler Ankara'daki kereste işletmelerinden rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Ağaç malzemenin budaksız, ardaksız, böcek ve mantar zararlarına uğramayan, büyüme kusurları bulunmayan, düzgün lifli ve diri odun kısmından olmasına dikkat edilmiştir.

Iroko (Chlorophora excelsa); Mobilya, parke, binaların iç ve dış kısımlarında, kapı, pencere, küçük gemi, vagon, köprü, travers, kimyasal madde kapları, laboratuvar masaları, bahçe mobilyaları yapımında, tornacılık ve oymacılıkta kullanılır. Dağınık trahelidir. Tüller ve kalsiyum karbonat birikimleri nedeniyle yapıştırma güçtür, sentetik

tutkallar kullanılmalıdır. Kurutulması kolaydır. Üstyüzey işlemlerinde, yüzey temizliğine dikkat edildikten sonra dolguuygulanırsa iyi sonuç verir (Bozkurt ve Erdin, 1998).

Maun(*Swieteniaspp.*);Kaliteli mobilya, lambri, parke, gemilerde iç kısımlarda, piyano, model yapımında, tornacılık, oymacılık ve marküteri yapımında kullanılır. Dağınık trahelidir. Çivileme ve vidalama için ön delme gerekir. Kurutulması kolaydır. Üstyüzey işlemlerinde iyi sonuç alınır (Bozkurt ve Erdin, 1998).

Limba (*Terminaliasuperba*);Mobilya, tornacılık, oymacılık ve marküteri yapımında kullanılır. Dağınık trahelidir. Çivileme ve vidalama için ön delme gerekir. Yapıştırılması iyidir. Kurutulması kolay ve hızlıdır. Üstyüzey işlemlerindedolgu uygulanırsa çok iyi sonuç verir (Bozkurt ve Erdin, 1998).

Tutkal

Deneylerde Mobilya Endüstrisinde yaygın kullanılan tutkallardan, OrgalokPuFlexi Nail(Pu-Mon), Orgalok Marine(Pu-Ma), Orgalok MA22(PVAc-MA22), Orgalok MA35 (PVAc-MA35) ile Orgalok MA50(PVAc-MA50)olarak adlandırılan ve Organik Kimya firmasından temin edilen beş farklı tutkal kullanılmıştır. Üretici firma, PVAc-MA22, PVAc-MA35 ve PVAc-MA50 tutkallarının 67/548/AET direktifleri ve/veya 1272/2008 (AT) Yönetmeliği (CLP) hükümleri (ve sonraki değişiklikler ve uyarlamalar) sağlık ve çevre açısından tehlikeli olarak sınıflandırılan maddeleri içermediğini bildirmiştir.

Pu-Mon;Tek komponentli, hızlı ve ortamdaki nem ile kürlen, poliüretan esaslı, neme ve hava şartlarına dayanıklı, kimyasallara dayanıklı, solvent içermeyen, DIN EN 204'e göre D4 özellikli, sağlığa zararlı bir yapıştırıcıdır. Kalıcı ve güçlü bir yapışma istenen yapı ve tamirat işlemlerinde, gözenekli ve gözeneksiz yüzey yapıştırma işlemleri için uygundur. Ahşap, MDF, beton, metal, polistiren ve poliüretan köpük, PVC, mermer, granit, polikarbonat, cam, seramik gibi birçok yapı malzemesini yapıştırmada kullanılabilir (OrgalokPuFlexi Nail, 2014).

Pu-Ma; Tek komponentli, ağaç ve ortamdaki nem ile kürlen, poliüretan esaslı,

suya, neme ve hava şartlarına dayanıklı, DIN EN 204'e göre D4 özellikli, sağlığa zararlı bir yapıştırıcıdır. Ahşap malzemelerin birbirlerine ve metal, beton, polistiren köpük gibi pek çok plastik malzemenin yapıştırılmasında; mobilya ve yat imalatı, tekne imalatı gibi suya dayanıklılık gerektiren yapıştırma işlerinde kullanıma uygundur (Orgalok Marine, 2014).

PVAc-MA22;Su bazlıpolivinil asetat polimer emilsiyonu, şeffaflaşan film tabakasına sahip, her türlü ahşap işlemlerinde kullanılabilen bir yapıştırıcıdır (Orgalok MA22, 2013).

PVAc-MA35;Su bazlımodifiyevinil asetat polimer emilsiyonu, yüksek mukavemet gücüne sahip, formüle edilmiş kroslinkli, DIN EN 204'e göre D₃ özellikli PVA emilsiyonlu bir yapıştırıcıdır. Ahşap kaplama ve HPL'in ahşap derivative ürünlere laminasyonunda, her türlü ahşap işlemlerinde ve MDF'nin radyo frekanslı pres ile yapıştırılmasında da kullanılır (Orgalok MA35, 2010).

PVAc-MA50;Su bazlımodifiyevinil asetat polimer emilsiyonu, şeffaflaşan film tabakasına sahip, yüksek mukavemetli hızlı kuruma özelliğine sahip, su dayanıklılığı çok yüksek bir yapıştırıcıdır. Laminant ve doğal kaplamanın masif ahşap, yonga levha ve MDF üzerine soğuk ya da sıcak preslenmesinde, farklı ahşap yüzeylerin yapıştırılması ve iskelet montajında kullanılabilir (Orgalok MA50, 2014).

Çalışmada kullanılan tutkalların teknik özellikleri((OrgalokMA22, 2010), (OrgalokMA35, 2010)(OrgalokMA50, 2014), (Orgalok Marine, 2014), (OrgalokPuFlexi Nail, 2014)) Tablo 1'de verilmiştir.

Yöntem

Yoğunluk

TS 2472 esaslarına göre yoğunlukları belirlenecek numuneler, etüvde 103±2 derecede ±0.01 gr duyarlılıklı analitik terazide ağırlıkları tartılarak değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir.Değişmez ağırlığa gelen numunelerin boyutları ±0.01 mm duyarlılıklı dijital kumpas ile ölçülerek tam kuru yoğunlukları tespit edilmiştir. Deneylerde

kullanılan ağaç malzeme yoğunlukları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1.Çalışmada kullanılan tutkalların teknik özellikleri

Tutkal çeşidi	pH	Yoğunluk(g/ cm ³)	Viskozite23 °C (cp)	Katı madde(%)
Pu–Mon	6*	1.13	Tiksotropik	93*
Pu–Ma	3	1.10	4000-5000	71*
PVAc-MA22	7.5	1.10	20000-50000	50
PVAc-MA35	3.5	1.08	23000	50
PVAc-MA50	6.5	1.10	10000-15000	60

*: Tespit

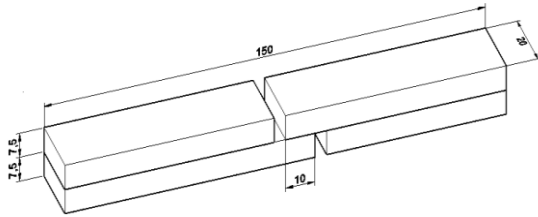
Tablo 2.Deneylerde kullanılan ağaç malzeme yoğunlukları

Ağaç Türü	Yoğunluk (g/cm ³)
Iroko	0.593
Maun	0.605
Limba	0.361

Deney örneklerinin hazırlanması

Bu çalışmada, 3 ağaç türü, 5 tutkal çeşidi ve her örnekten 10 yinleme olmak üzere toplam (3x5x10) 150 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Taslak olarak hazırlanan deney numuneleri TS 2471 esaslarına göre, sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi % 65±5 olan iklimlendirme dolabında % 12 denge rutubetine ulaşmaya kadar bekletilmiştir (TS 2471,1976).

Denge rutubetindeki deney numunelerini istenilen ölçülere getirmek için kontak zımpara makinesinde 100 kum zımpara ile 7m/dak besleme hızında zımparalanmış ve tekrar iklimlendirme dolabında % 12 denge rutubetine ulaştırılmıştır. Ölçülerine getirilen deney numuneleri yüzeylerinden birine üretici firma önerileri doğrultusunda 150 g/m² tutkal sürülmüştür. Yüzeyleri birbirine kapatılan deney numuneleri, 0.6 N/mm² basınç altında 24 saat süreyle kontrollü olarak soğuk preslenmiştir. Preslenen numuneler 3 hafta süreyle iklimlendirme dolabında bekletilerek daire testere makinesinde Şekil 1’deki ölçülerinde kesilerek, deneylere hazır hale getirilmiştir. Şekil 1’de deneylerde kullanılan numune ölçüleri verilmiştir.



Şekil 1.Deneyde kullanılan numune ölçüleri

Yapışma Direnci

Yapışma deneyi TS EN 205 standardında belirtilen esaslara göre statik yüklemeye ile yapılmıştır. Deneylerde yüklemeye hızı 2 mm/dak olarak sabit tutulmuş, kuvvet uygulama eksenine ile deney numunesi ekseninin aynı düşey doğrultuda olmasına dikkat edilmiştir. Her bir deney numunesinin kopma anındaki maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden kaydedilmiştir. Şekil 2’de deney düzeneği ve yapışma deneyine maruz kalan örnekteki değişim görülmektedir.



Şekil 2.Deney düzeneği ve çekme deneyine maruz kalan örnekteki değişim

Deneylerden elde edilen, maksimum kuvvet (Fmax) değerleri, mukavemet eden yapışma yüzeyi alanına (A) bölünerek, yapışma (çekmede makaslama) direnci değerleri 2.1 eşitliğinden hesaplanmıştır.

$$\sigma = F / A = F / (b \times l) \quad (2.1)$$

Burada;

σ = Yapışma direnci (N/mm²)

F = Kopma anındaki kuvvet (N)

b = Yapışma yüzeyinin genişliği (mm)

l = Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm)

Verilerin Değerlendirilmesi

İstatistiksel analizler SPSS paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ağaçtürü ve tutkal çeşidinin çekme direnci üzerindeki etkisinin belirlenmesinde Çoklu Varyans Analizi uygulanmış, etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı çıkması durumunda ($p < 0,05$) gruplar arası ikili karşılaştırmalar için Duncan testinden yararlanılmış ve homojen gruplar oluşturulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Deney numuneleri tutkal çeşidi ve ağaç türü değişkenlerine göre yapışma direnci değerleri arasında farklılığın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Tutkal çeşidi ve ağaç türü değişkenlerine göre yapışma direnci değerleri çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Ağaç türü	2	857,876	428,938	624,634	0,000
Tutkal çeşidi	4	277,527	69,382	101,036	0,000
Ağaç türü x Tutkal çeşidi	8	234,155	29,269	42,623	0,000
Hata	135	92,705	0,687		
Total	150	12094,366			

Tablo 3'e göre, ana değişkenler olarak ağaç türü, tutkal çeşidi ve bu iki faktörün ikili etkileşimi, ağaç malzemelerin yapışma direnci üzerinde % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Numuneler üzerinde farklılık oluşturan grubu tespit etmek amacıyla, ağaç türü çekme direnci değerleri Duncan testi Tablo 4'de verilmiştir.

bakımından aralarında çok az fark olan iroko odunu ile maun odunu değerleri arasındaki farkın irokonun yapısında bulunan tül oluşumu ve kalsiyum karbonat birikmelerinden kaynaklı olabilir (Bozkurt ve Erdin, 1998).

Numuneler üzerinde farklılık oluşturan grubu tespit etmek amacıyla, tutkal çeşidi çekme direnci değerleri Duncan testi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo4. Ağaç türü çekme direnci değerleri Duncan testi

Ağaç Türü	Makaslama Direnci (N/mm ²)	HG
Maun	11.14	A
Iroko	8.80	B
Limba	5.32	C

LSD:0,983Nmm² HG: Homojenlik grubu

Tablo 4'e göre, maun, iroko ve limba numunelerinden elde edilen yapışma direnci değerleri arasındaki fark önemli olup, en yüksek maun(11.14 N/mm²) en düşük ise limba (5.32 N/mm²) örneklerinde elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan ağaç malzemelerde tropik bölge, dağlık trahe yapısı ve ortak yapıştırma koşulları aynı olmasına rağmen, her ağaç türüne ait deney numunelerinden alınan sonucun farklı oluşu, bu ağaç türlerinin yoğunluğundan kaynaklanabilir. Literatürde (Öktem ve Karacalıoğlu, 1976), aynı özgül ağırlıkta bazı ağaç türleri farklı yapışma dayanımları göstermektedir diyerek bu görüşü desteklememektedir. Diğer yandan yoğunluk

Tablo 5. Tutkal çeşidi çekme direnci değerleri Duncan testi

Tutkal çeşidi	Çekme Direnci (N/mm ²)	HG
PVAc-MA35	10.67	A
Pu-Ma	9.27	B
PVAc-MA50	7.59	C
Pu-Mon	7.54	C
PVAc-MA22	7.01	D

LSD:0,522 Nmm²

Tablo 5'e göre, tutkallardan elde edilen yapışma direnci değerleri arasındaki fark önemli olup, en yüksek PVAc-MA35 (10.67 N/mm²) en düşük ise PVAc-MA22 (7.01 N/mm²) örneklerinde elde edilmiştir. PVAc-MA35'te yapışma direnci değerlerinin yüksek çıkması, tutkalın özel formüle edilmiş yapısından ve moleküllerinin çarpaz bağlanma özelliklerinden kaynaklanmış olabilir (Orgalok MA35, 2010). Pu-Mon tutkalı D4 özellikli olmasına rağmen beklenenden düşük yapışma direnci değerleri vermiştir. Bunun nedeni, tutkalın tiksotropik

özelliği ve ağaç bünyesinin derinliklerine fazla girememesi olabilir. Literatürde (Vick, 1999) bu sonuç desteklenmektedir. Pu-Mon, PVAc-MA22 ve PVAc-MA50 tutkallarının yapışma direncinin düşük

çıkması, bu tutkalların pH değerlerinin yüksek olmasından kaynaklanabilir.

Ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşimine ait çekme direnci değerleri Duncan testi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşimine ait çekme direnci değerleri Duncan testi

Ağaç türü	Maun		Iroko		Limba	
Tutkal çeşidi	X(N/mm ²)	HG	X(N/mm ²)	HG	X(N/mm ²)	HG
Pu-Ma	14,35	A	7,67	E	5,80	F
Pu-Mon	10,15	C	8,01	DE	4,48	H
PVAc-MA22	7,46	E	8,67	D	4,91	GH
PVAc-MA35	13,74	A	12,36	B	5,93	F
PVAc-MA60	9,99	C	7,32	E	5,47	FG

LSD:0,423Nmm²

Tablo 6'ya göre, ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşimine bağlı olarak elde edilen yapışma direnci değerleri, Pu-Ma (14.35) ve PVAc-MA35 (13.74) ile yapıştırılmış maun örneklerinde aynı düzeyde olup en yüksek, Pu-Mon (4.48) ile yapıştırılmış limba örneklerinde ise en düşük elde edilmiştir. Bu değerlerin tutkal ve ağaç malzemeye göre farklı çıkması, yapıştırıcının kimyasal yapısından ve ağaç malzeme odunlarının anatomik özelliklerinden kaynaklanabilir.

Pu-Ma ve PVAc-MA35 tutkallarında pH oranının diğer tutkallara göre düşük seviyede olması yapışmayı olumlu yönde etkileyebilir. Literatürde (Rowell, 2005) bu görüş desteklenmektedir. PVAc-MA35 tutkalı ile işlem gören iroko, maun ve limba deney örneklerinin en yüksek yapışma direnci değerlerini vermesine tutkalın yapısı sebep olabilir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, farklı tropik ağaç malzemelerden hazırlanan numuneler çeşitli tutkallarla yapıştırılarak çekmeye zorlayan kuvvetler karşısında gösterdikleri yapışma dirençleri incelenmiştir. Farklı tutkallar ile yapıştırılmış tropik ağaç türlerinden hazırlanan deney örnekleri, çekmeye çalışan kuvvetler karşısında farklı direnç özellikleri göstermişlerdir. Çekme kuvveti kapasitesi üzerinde, ağaç türü ve tutkal çeşidinin önemli ölçüde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Deney sonuçlarına göre en yüksek yapışma direnci, ağaç türü düzeyinde maun (11.14 N/mm²), tutkal çeşidi düzeyinde

PVAc-MA35 (10.67 N/mm²), ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşiminde ise Pu-Ma (14.35 N/mm²) ve PVAc-MA35 (13.74 N/mm²) ile yapıştırılan maun deney örneklerinde tespit edilmiştir. Iroko, maun ve limba odunlarının endüstride yaygın olarak kullanıldığı düşünülürse, bu üç tür için olumlu sonuçlar vermesi dolayısıyla PVAc-MA35 tutkalının kullanılması önerilir. Özellikle daha iyi bir yapışma direnci gereken konstrüksiyonlarda maun ağaç malzemelerinin iç mekanda kullanılmaları durumunda montaj tutkalı olarak PVAc-MA35 ve Pu-Ma tutkallarının kullanılması önerilebilir. Ancak, Pu-Ma tutkalı piyasada iç mekân mobilyalarının montaj işlerinde yaygın bir şekilde tercih edilmesine rağmen, gerçek kullanım alanı ahşap tekne ve harici mekânlardır. Deney şartlarındaki rutubet derecesinin, Pu-Ma tutkalının gerçek performansını göstermesine imkân vermediği, rutubetin yüksek olduğu ortamlarda daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Tutkal, ülkemiz koşullarında, hem pahalı ve hem de zor elde edilebilen bir hammadde olduğundan, maliyet masraflarına katkısı çok olmaktadır. Bunun için, işletmeci amaca en uygun yapışmayı sağlamak için, mümkün olan en az miktarda tutkal kullanmak ister. Bu durumda, yapıştırılan odun ve kullanılan tutkalın özelliklerinin iyi bir şekilde saptanarak, uygun bir yapıştırma teknolojisi uygulanmalıdır (Öktem ve Karacalıoğlu, 1976).

Bundan sonra yapılacak bilimsel çalışmalarda, tutkalların pH değerlerinin yapışma direncine etkileri ve

deney örneklerinin farklı etkenlere bırakılması durumunda zamana bağlı olarak yapışma dayanımında meydana gelecek değişimler araştırılabilir.

Kaynaklar

Atar, M., 2007. PVAc tutkalında viskozite değişiminin bazı ağaç malzemelerde yapışma direncine etkileri, *Politeknik Dergisi*, 10(1), 85-95.

Altınok, M., Özalp, M., Karaaslan, A., Perçin O., 2009. Borla Modifiye Edilmiş Tutkalların Kestane (*Castanea sativa* Mill.) Odununun Yapışma Direncine Etkileri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, ISSN: 1302-094, Cilt: 11, Sayı: 15, 17-24.

Burdurlu, E., Kiliç, Y., Elibol, G. C., Kiliç, M., 2006. Shear strength of calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) bonded with polyurethane and polyvinyl acetate adhesives. *Journal of Applied Polymer Science*, 100, 4856-4867.

Bozkurt, Y., Erdin, N., 1998. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, 2. Baskı, Yayın No: 4024, ISBN 975-404-467-8, 206-390, İstanbul.

Caster, D., Kutscha, N., Leick, G., 1985. "Reasons for Sanding Lumber", *Forest Products Journal*, Vol. 35, No. 4, S. 45-52.

Dilik, T., 1997. Lamine Ağaç Malzemenin Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Efe, H., Gürleyen, L., 2007. Farklı zımparalarla zımparalanmış ve poliüretan tutkalı ile yapıştırılmış bazı ağaç malzemelerin yapışma dirençleri, *Politeknik Dergisi*, 10(2), 185-189.

Fatery, K. F., Williamson, T. G., 1997. "Adhesives", *Wood Engineering and Construction*, McCRAW-HILL, INC., 1-39, New York.

Fotsing, J. A. M., Alexis, M., 2003. Strength of some wood adhesives used in Cameroon, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 23, 287-291.

Franklin Glue Company, 1989. *Adhesive Trouble Shooting*, Columbus, USA.

Kaya, A., 1977. Tutkallar ve Tutkallama Makinaları, Ağaççileri Erkek Sanat Enstitüsü, 1-14, Ankara.

Lima, CKP., Mori, FA., Mendes, LM., Trugilho, PF., Mori, CLSO., 2008. Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus com* trêsadivos comerciais. *Scientia Forestalis*, 36(77): 73-77.

Lopes, Merielen de C., Bolzon de Muniz, G. I., Monterio de Matos, J. L., Tanobe, V. O. A., Chinasso C. A. F., Rosso S., 2013. Strength of the glue line of edge glued panels of *Pinus taeda* made with different adhesives. 19 (4), 613-619, ISSN 0104-7760, Cerne.

Martins, S. A., Del Menezzi, C. H. S., Ferraz, J. M. De Souza, M. R., 2013. Bonding Behavior of *Eucalyptus Bentharii* Wood to Manufacture Edge Glued Panels, *Maderas, Ciencia y tecnologia*, ISSN 0717-3644, vol. 15 no. 1, 79-92.

McNamara, W. S. and Waters, D., 1970. Comparison Rate of Glue-Line Strength Development for Oak and Maple. *For. Prod. Jour.* 20 (3), 34-35.

Orgalok MA22, 2013. Ürün Güvenlik Bilgi Formu, Revizyon no: 8, 1-5, Organik Kimya San. Tic. A.Ş.

Orgalok MA35, 2010. Ürün Güvenlik Bilgi Formu, Revizyon no: 2, 1-3, Organik Kimya San. Tic. A.Ş.

Orgalok MA50, 2014. Ürün Güvenlik Bilgi Formu, 1/11, Organik Kimya San. Tic. A.Ş.

Orgalok Marine, 2014. Ürün Güvenlik Bilgi Formu, 1/13, Organik Kimya San. Tic. A.Ş.

Orgalok PuFlexi Nail, 2014. Ürün Güvenlik Bilgi Formu, 1-13, Organik Kimya San. Tic. A.Ş.

Öktem, E., Karacaloğlu, T., 1976. Bazı Ağaç Türlerimiz Odunlarının Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No: 81, Şark Matbaası, 1-33, Ankara.

Örs, Y., Atar, M., Keskin, H., 2004. Bonding strength of some adhesives in wood materials impregnated with *Imersol-Aqua*. *International Journal Adhesion & Adhesives*, 24, 287-294.

Rowell, R., 2005. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, CRC Press, ISBN 0-8493-1588-3, New York.

Selbo, M. L., 1975. Adhesive Bonding of Wood, *Dep. Agr. Technical Bulletin No: 1512*, 1-3, 61, Washington.

Shida, S., Hiziroğlu, S., 2010. Evaluation of Shear Strength of Japanese Wood Species as a Function of Surface Roughness. *Forest Products Journal: June 2010*, Vol. 60, No. 4, pp. 400-404.

Smardzewski, J., 2002. "Technological Heterogeneity of Adhesive Bonds in Wood Joints", *Wood Science and Technology*, 36 (3), 213-227.

Söğütlü C., Döngel, N., 2007. Polivinilasetat (PVAc) ve Poliüretan (PU) Tutkalları ile Yapıştırılmış Bazı Yerli Ağaçlarda Çekmede

Makaslama Dirençleri, Politeknik Dergisi,
Cilt:10 Sayı: 3 s. 287-293.

TS 2471, 1976. “Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 2472, 1972. “Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 205, 2004. Yapıştırıcılar-yapısal olmayan uygulamalar için ahşap yapıştırıcılar-bindirmeyle yapıştırılmış eklerin çekmeyle kayma mukavemetinin tayini, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.

Vick, C. B., 1999.“Adhesive Bonding of Wood Materials, In: Wood-HandBook–Wood As An Engineering Materials”, Forest Products Laboratory, GTR-113, Department of Agriculture, Forest Service, Chapter 9, Madison.